



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**LOS REFRIGERANTES COMO CAUSANTES DE LA  
DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y EL  
CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA.**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**RODOLFO CERVANTES RÍOS**

ASESOR: ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA

MARZO 2009





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## AGRADECIMIENTO

INFINIDAD DE MUESTRAS DE AMOR Y CUIDADOS ¿COMO PUEDE PAGARSE A PERSONAS COMO USTEDES?

EDITH AGRADEZCO A DIOS LA VOCACIÓN DE MADRE QUE SEMBRÓ  
EN  
TI Y QUE ME DIO UNA INFANCIA FELIZ, QUE ME MOSTRO LO  
VALIOSO  
DE LA HONRADEZ Y EL TRABAJO.

SOY DICHOSO POR TENERTE PADRE MÍO.  
GRACIAS POR MARCAR MI CAMINO CON EJEMPLOS.

QUERIDA HERMANA QUE SUERTE LA MÍA ES QUE ME ACOMPAÑES EN  
LA VIDA.

MARZO 2009

## DEDICATORIAS

LA FORTUNA HA PERMITIDO CONOCERLOS

DEDICO ESTE CICLO COMPLETADO

A MI QUERIDA ESPOSA POR 9 AÑOS

DE CAMINO JUNTOS,

A OSVALDO MI HIJO,

A MI FAMILIA,

A MIS AMIGOS,

A MIS MAESTROS Y COMPAÑEROS DE TRABAJO.

MARZO 2009

# ÍNDICE

## UNIDAD I

### CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA

1.1	Calor.	4
1.1.1	Calor latente.	4
1.1.2	Calor sensible.	4
1.1.3	Calor específico.	6
1.1.4	Calor latente de fusión.	6
1.1.5	Calor latente de evaporación.	6
1.1.6	Calor latente de sublimación.	7
1.2	Frío.	7
1.3	Presión atmosférica.	8
1.3.1	Presión manométrica.	9
1.3.2	Presión absoluta.	10
1.4	Primera ley de la termodinámica.	10
1.5	Segunda ley de la termodinámica.	11
1.6	Transferencia de calor.	11
1.6.1	Conducción.	11
1.6.2	Convección.	12
1.6.3	Irradiación.	12
1.7	Refrigeración.	13
1.7.1	Refrigeración mecánica.	14
1.7.2	Refrigerantes.	14
1.7.3	Efecto refrigerante.	14
1.8	Ciclo básico de refrigeración.	15

## UNIDAD II

### CARACTERÍSTICAS DE LOS REFRIGERANTES

2.1	La refrigeración y los refrigerantes.	18
2.2	Los refrigerantes ideales.	21
2.2.1	Condiciones que debe tener un gas para ser un refrigerante ideal.	22
2.2.2	Características físicas de los gases.	22
2.3	Propiedades físicas.	25
2.4	Identificación de los refrigerantes.	26
2.5	Seguridad de los de los refrigerantes.	29
2.5.1	Toxicidad de los refrigerantes.	29
2.5.2	No debe ser explosivo ni inflamable.	30
2.6	Clasificación combinada.	32
2.7	No debe tener efecto sobre los materiales.	34
2.8	Fácil de detectar cuando se fuga.	35
2.9	Composición de los refrigerantes (CFC´s).	35

## UNIDAD III

### DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y EL CALENTAMIENTO GLOBAL

3.1	El calentamiento global de la tierra.	38
3.2	El efecto invernadero.	38
3.2.1	El efecto invernadero, esencial para la vida.	46
3.2.2	Modelos climáticos.	48
3.2.3	Fiabilidad de los modelos.	49

3.3	Catástrofes climáticas en 2007.	49
3.4	La capa de ozono.	51
3.4.1	Los CFC's, y la capa de ozono.	53
3.4.2	Cronología del estudio de la capa de ozono.	54
3.4.3	Mecanismos de destrucción del ozono.	55
3.5	Sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO's).	56
3.6	Agujero de ozono Antártico.	59
3.7	Agujero de ozono Ártico.	67

#### UNIDAD IV

#### CONVENIOS MUNDIALES

4.1	Protocolo de Kyoto.	71
4.2	Cronología del protocolo de Kyoto.	71
4.3	Actualidades del protocolo de Kyoto.	74
4.4	El caso de Estados Unidos.	75
4.5	Obstáculos del protocolo de Kyoto.	77
4.6	Protocolo de Montreal.	80
4.7	Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.	82
4.8	Artículos del convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono PNUMA.	83
4.9	El Convenio de Viena y sus enmiendas.	85
4.10	Enmienda.	91
4.11	Enmienda de Beijing.	91
4.12	Enmienda de Copenhague.	91
4.13	Enmienda de Londres.	91

4.14	Enmienda de Montreal.	91
------	-----------------------	----

## UNIDAD V

### CLASES DE REFRIGERANTES DESTRUCTORES DE LA CAPA DE OZONO

5.1	Refrigerante.	94
5.2	Gases refrigerantes clorofluorocarbonados.	96
5.3	Refrigerante R-11.	97
5.4	Refrigerante R-12.	98
5.5	Refrigerante R-502.	100

## UNIDAD VI

### CLASES DE REFRIGERANTES TRANSITORIOS

6.1	Refrigerantes transitorios.	104
6.2	Refrigerante R-402A (HP-80).	105
6.3	Refrigerante R-408A (FX-10).	107
6.4	Refrigerante R-401A (MP-39).	109
6.5	Refrigerante R-401B (MP-66).	111
6.6	Refrigerante R-409A.	113
6.7	Refrigerante R-22.	114



UNIDAD VII  
REFRIGERANTES LIBRES DE CLORO DESDE EL 2006

7.1	Refrigerante R-423A (39-TC).	118
7.2	Refrigerante R-422D (MO-29).	119
7.3	Refrigerante R-417A (MO-59).	120
7.4	Refrigerante R-422A (MO-79).	121
7.5	Refrigerante R-413A (MO-49).	123
7.6	Refrigerante (MO-89).	124
CONCLUSIONES		127
BIBLIOGRAFÍA		129
ANEXOS		

***LOS REFRIGERANTES COMO CAUSANTES DE LA  
DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y EL  
CALENTAMIENTO GLOBAL DE LA TIERRA.***

**OBJETIVO:** Hacer un análisis desde el punto de vista ecológico para determinar qué tipos de refrigerantes han causado la destrucción de la capa de ozono. Además, analizar el grado de culpabilidad que tienen ante un nuevo problema mundial: el calentamiento global.

## **UNIDAD I**

### **CONCEPTOS BASICOS DE TERMODINÁMICA**

## 1.1 Calor.

Es una forma de energía transferida en virtud de una diferencia de temperatura. El calor existe en mayor o menor grado. Como cualquier forma de energía no puede ser creado ni destruido, aunque otra forma de energía pueda convertirse en calor y viceversa. La energía viaja en una sola dirección de un objeto o área más caliente a una más fría. Hay diferentes clases de calor que se clasifican de la siguiente manera: calor latente, calor sensible y calor específico. A continuación se explica en qué consiste cada uno de ellos.

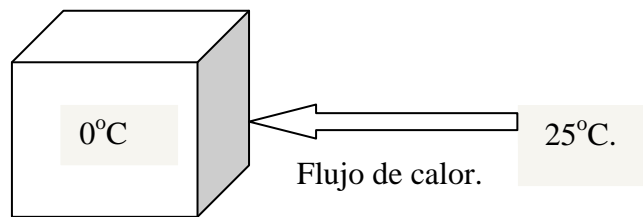


Figura 1. Muestra un cubo de hielo absorbiendo calor de los alrededores. El cubo tiene una temperatura de 0°C y el ambiente de 25°C.

### 1.1.1 Calor latente.

El calor latente es el que se necesita para cambiar un sólido en líquido, o un líquido en gas sin variar la temperatura de la sustancia. La palabra latente significa "oculto", o sea, que este calor requerido para cambiar el estado de una sustancia, no es percibido por los sentidos. Su modelo matemático lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$Q = m (h)$$

Donde:

m = masa de la sustancia.

h = entalpia de cambio de estado.

### 1.1.2 Calor sensible.

El calor que puede sentirse o medirse se llama calor sensible. Este es el calor que causa un cambio en la temperatura de una sustancia, pero no un cambio en el estado. La sustancia bien sea en un estado sólido, líquido o gaseoso,

contiene calor sensible, en algún grado, siempre que su temperatura esté por encima del cero absoluto. Su modelo matemático lo podemos expresar de la siguiente manera:

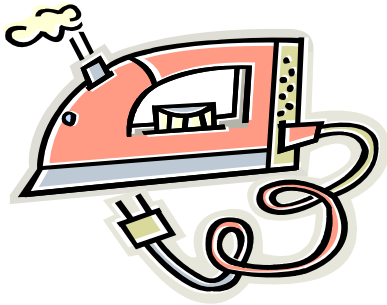


Figura 2. Muestra una aplicación del calor latente al usar la plancha de vapor.

$$Q = m C (T_2 - T_1)$$

Donde:

m = masa de la sustancia.

C = calor específico de la sustancia.

$(T_2 - T_1)$  = diferencia de temperatura entre las sustancias.

Como ya sabemos, una sustancia puede existir en un estado sólido, líquido, gaseoso o vapor. La sustancia como un sólido contiene algún calor sensible y también cuando está en otros estados de la materia. La cantidad total de calor necesaria para traerlo en un estado sólido a un estado de vapor depende de:

- (a) Su temperatura inicial como un sólido,
- (b) La temperatura en la cual cambia de un sólido a un líquido,
- (c) La temperatura a la cual cambia de un líquido a un vapor,
- (d) Su temperatura final como un vapor.

También incluye el calor que se requiere para efectuar estos dos cambios de estado.

### 1.1.3 Calor específico.

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor en BTU requerida para cambiar la temperatura de una libra de la sustancia en un grado Fahrenheit. Considerando que un BTU es la cantidad de calor necesario para incrementar la temperatura de una libra de agua en un grado Fahrenheit, o para bajar la temperatura del mismo peso del agua, la misma unidad de medida sobre el termómetro. Dentro de lo que es el calor latente, en refrigeración y aire acondicionado se aplican los siguientes conceptos:



Figura 3. Muestra una aplicación del calor sensible donde el foco aumentara la temperatura de su alrededor.

#### **1.1.4 Calor latente de fusión.**

Bajo un cambio de estado, la mayoría de las sustancias tendrán un punto de fusión en el cual ellas cambiarán de un sólido a un líquido sin ningún incremento en la temperatura. En este punto, si la sustancia está en un estado líquido y el calor se retira de ella, la sustancia se solidificará sin un cambio en su temperatura. El calor envuelto en uno u otro de estos sin un cambio en su temperatura. El calor envuelto en uno u otro de estos (cambio de un sólido a un líquido, de un líquido a un sólido), sin un cambio en la temperatura se conoce como calor latente de fusión.

#### **1.1.5 Calor latente de evaporación.**

Para cambiar una sustancia de líquido a vapor y de vapor a líquido se requiere calor latente de evaporación. Puesto que la ebullición es sólo un proceso acelerado de evaporación, o para el proceso contrario, calor latente de condensación. Cuando un kilo (una libra) de agua hierve o se evapora, absorbe 539 kilo-calorías (970 BTU) a una temperatura constante de 100°C (212°F) al

nivel del mar; igualmente, para condensar un kilo (una libra) de vapor deben substraerse 539 kilo-calorías (970 BTU). Debido a la gran cantidad de calor latente que interviene en la evaporación y en la condensación, la cantidad de calor puede ser muy eficiente mediante este proceso.

Los mismos cambios de estado que afectan el agua se aplican también a cualquier líquido aunque a diferentes presiones y temperaturas. La absorción de calor para cambiar un líquido a vapor y la sustracción de este calor para condensar nuevamente el vapor, es la clave para todo el proceso de la refrigeración mecánica y la transmisión del calor latente requerido es el instrumento básico de la refrigeración.

#### **1.1.6 Calor latente de sublimación.**

El proceso de sublimación es el cambio directo de un sólido a un vapor sin pasar por el estado líquido, que puede ocurrir en algunas sustancias. El ejemplo más común es el uso de "hielo seco" o sea, bióxido de carbono para enfriar.

El mismo proceso puede ocurrir con hielo debajo de su punto de congelación, y se utiliza también en algunos procesos de congelamiento a temperaturas extremadamente bajas y altos vacíos. El calor latente de sublimación es igual a la suma del calor latente de fusión y el calor latente de evaporación.

#### **1.2 Frio.**

Es un término relativo que se refiere a la carencia de calor en un objeto o espacio. Algunas definiciones lo describen como la ausencia de calor, pero no hay nada conocido en el mundo hoy en día del cual el calor esté totalmente ausente. (Ningún proceso ha sido capaz de alcanzar el estado de "cero absoluto", en el cual todo el calor ha sido removido de un espacio u objeto). Teóricamente este punto cero, sería  $459.69^{\circ}$  bajo cero en la escala



termométrica Fahrenheit, o  $273.16^{\circ}$  bajo cero en la escala termométrica Celsius.

### 1.3 Presión atmosférica.

La atmósfera alrededor de la tierra, que está compuesta de gases como el oxígeno y el nitrógeno, se extiende muchos kilómetros sobre la superficie. El peso de esta atmósfera sobre la tierra crea la presión atmosférica. En un punto dado, la presión atmosférica es relativamente constante excepto por pequeños cambios debidos a las diferentes condiciones atmosféricas.

Con el objeto de estandarizar y como referencia básica para su comparación, la presión atmosférica al nivel del mar ha sido universalmente aceptada y establecida a 1.03 kilogramos por centímetro cuadrado (14.7 libras por pulgada cuadrada), lo cual es equivalente a la presión causada por una columna de mercurio de 760 milímetros de alto (29.92 pulgadas).

En alturas sobre el nivel del mar, la altitud de la capa atmosférica que existe sobre la tierra es menor y por la tanto la presión atmosférica disminuye. A 1525 metros (5,000 pies) de altura, la presión atmosférica es sólo de 0.86 kilogramo por centímetro cuadrado (12.2 libras por pulgada cuadrada).

Su modelo matemático lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$P = (\rho) (g) (h_{Hg})$$

Donde:

$\rho$  = densidad del mercurio.

$g$  = gravedad local.

$h_{Hg}$  = altura de la columna de mercurio.

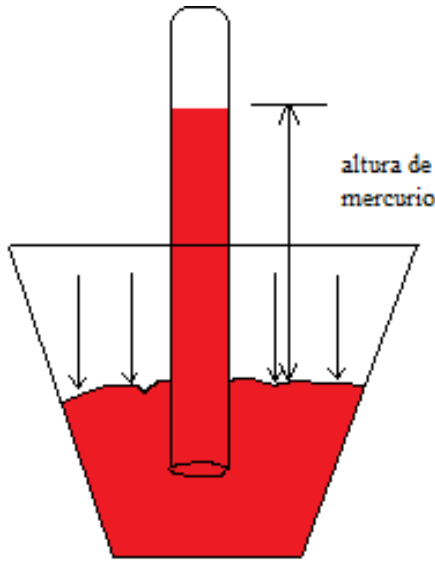


Figura 4. Muestra la construcción de un barómetro para medir la presión atmosférica.

### 1.3.1 Presión manométrica.

La presión absoluta de un sistema cerrado será siempre la presión manométrica más la presión atmosférica. Las presiones inferiores a 0 kg/cm<sup>2</sup> (psig) son realmente lecturas negativas en los manómetros y se llaman milímetros (pulgadas) de vacío. Un manómetro de refrigeración mixto (compound) está calibrado en el equivalente de milímetros (pulgadas) de mercurio por las lecturas negativas. Es importante recordar que la presión manométrica es siempre relativa a la presión absoluta.

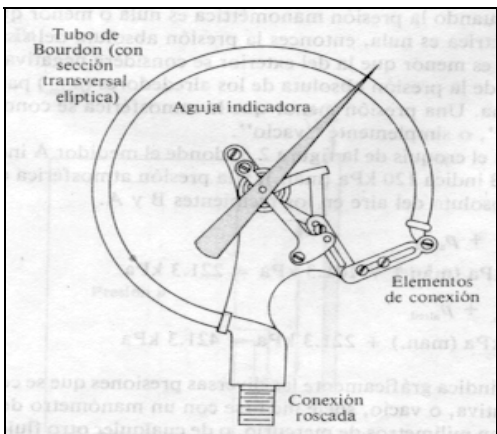


Figura 5. Muestra la construcción de un manómetro para medir la presión manométrica.

### 1.3.2 Presión absoluta.

Generalmente la presión absoluta se expresa en términos de  $\text{Kg/cm}^2$  (lb/in) y se cuenta a partir del vacío perfecto en el cual no existe presión. Por lo tanto en el aire de nuestro alrededor, la presión absoluta y atmosférica son iguales.

Su modelo matemático lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$P_{\text{ABS}} = P_{\text{ATMS}} + P_{\text{MANOMETRICA}} \quad \text{O}$$

$$P_{\text{ABS}} = P_{\text{ATMS}} - P_{\text{VACUOMETRICA}}$$

Donde:

$P_{\text{ABS}}$  = presión absoluta del sistema.

$P_{\text{ATMS}}$  = presión atmosférica del sistema.

$P_{\text{MANOMETRICA}}$  = presión manométrica o positiva del sistema.

$P_{\text{VACUOMETRICA}}$  = presión vacuométrica o negativa del sistema.

### 1.4 Primera ley de la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica (la rama de la ciencia que trata con la acción mecánica del calor) establece que la energía no puede ser creada ni destruida. Solamente puede convertirse de una forma a otra. La energía en si misma se define como la habilidad de producir trabajo, y el calor es la forma de energía. Su modelo matemático lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$Q + W = \Delta E_C + \Delta E_P + \Delta E_U + W_F$$

Donde:

$Q$  = calor del sistema.

$W$  = trabajo del o sobre el sistema.

$\Delta E_C$  = incremento de la energía cinética.

$\Delta E_P$  = incremento de la energía potencial.

$\Delta E_U$  = incremento de la energía interna.

$W_F$  = trabajo de flujo del sistema.

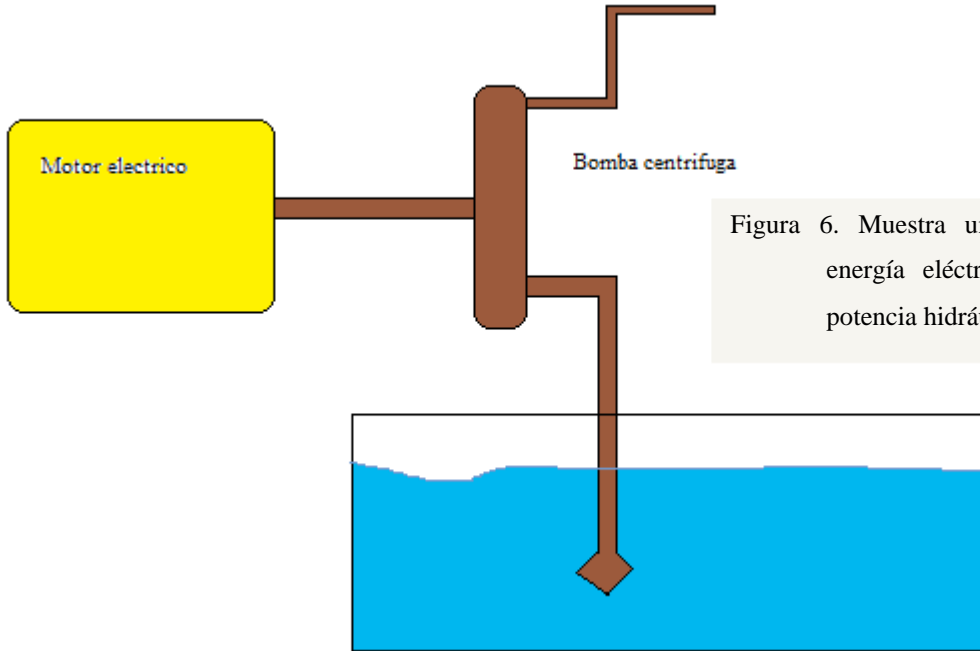


Figura 6. Muestra un sistema donde la energía eléctrica se convierte en potencia hidráulica.

### 1.5 Segunda ley de la termodinámica.

La segunda ley de la termodinámica, establece que se transfiere calor en una sola dirección, de mayor a menor temperatura; y esto tiene lugar a través de la transferencia de calor.

### 1.6 Transferencia de calor.

La transferencia de calor nos ayuda para hacer el análisis de las diferentes formas de cómo fluye el calor de un sistema a otro. Esto es importante porque en la refrigeración y el aire acondicionado están involucradas las tres formas de transmisión de calor (conducción, convección y radiación).

#### 1.6.1 Conducción.

La conducción se describe como la transferencia de calor entre las moléculas cercanas a una sustancia, o entre sustancias que estén tocándose o en un buen contacto una con la otra.

Cuando la transferencia de calor ocurre en una sola sustancia, tal como una varilla de metal con un extremo en una llama de fuego, el movimiento de calor va hasta que hay un balance de temperatura a todo lo largo de la longitud de la varilla.

Si la varilla se sumerge en agua, las moléculas que se mueven rápidamente sobre la superficie de la varilla transmitirán algún calor a las moléculas del agua y otra transferencia de calor por conducción tendrá lugar. Cuando la superficie exterior de la varilla se enfría, hay algún calor dentro de la varilla y está continuará transfiriéndolo a las superficies exteriores de la varilla y luego el agua hasta que se alcanza el balance de temperatura.

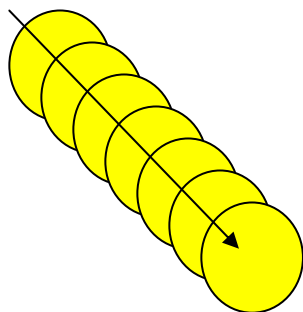


Figura 7. Muestra la conducción que se da a través del contacto directo entre las moléculas. Por eso involucra más a los materiales sólidos.

### 1.6.2 Convección.

Otro medio de transferencia de calor es por el movimiento del material calentado en sí mismo cuando se trata de un líquido o gas. Cuando el material se calienta, las corrientes de convección son producidas dentro del mismo y las porciones más calientes de él suben, ya que el calor trae consigo el decrecimiento de la densidad del fluido y un incremento en su volumen específico.

### 1.6.3 Irradiación.

Un tercer medio de transferencia de calor es la irradiación por medio de ondas similares a las de la luz o las ondas del sonido. Los rayos del sol calientan la tierra por medio de ondas de calor radiante el cual viaja en caminos rectos sin calentar la materia que interviene en su recorrido o el aire. El calor de un bulbo

de luz o de una estufa caliente es radiante en naturaleza y se siente cuando se está cerca de ella, aunque el aire entre la fuente y el objeto cuando los rayos pasan a través de él no se calientan.

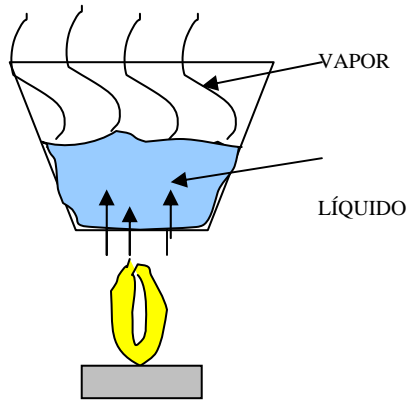


Figura 8. Muestra la convección que se da a través del contacto indirecto entre las moléculas. Por eso involucra más a los fluidos.

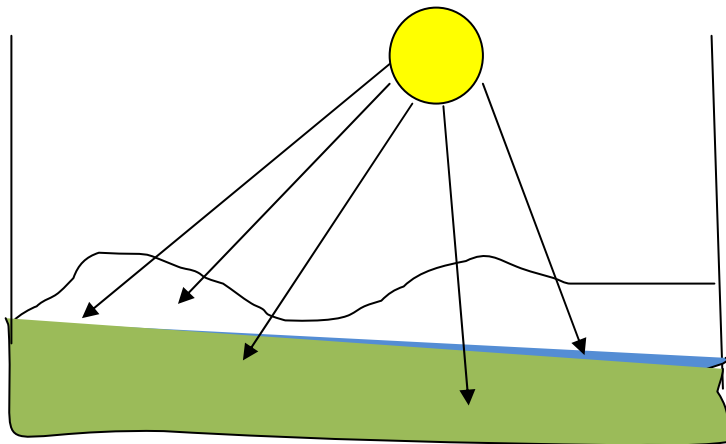


Figura 9. Muestra la irradiación que se da aun en el espacio desde el sol a la tierra viajando como ondas electromagnéticas.

### 1.7 Refrigeración.

El enfriamiento, es la remoción de calor no deseado desde espacios u objetos seleccionados y sus transferencias a otros espacios y objetos. La remoción del calor baja la temperatura y puede ser llevada a cabo mediante el uso de hielo, nieve, agua fría o refrigeración mecánica.

### 1.7.1 Refrigeración mecánica.

Es la utilización de componentes mecánicos arreglados en un “sistema de refrigeración”, con el propósito de transferir calor.

### 1.7.2 Refrigerantes.

Son compuestos químicos que son altamente comprimidos y condensados a la fase líquida y luego se les permite expandir a vapor o gas; Cuando son bombeados a través del sistema o ciclo de refrigeración mecánica.



Figura 10. Muestra a un refrigerador doméstico trabajando por compresión mecánica.

### 1.7.3 Efecto refrigerante.

Un término común que se usa en el trabajo de refrigeración para definir y medir la capacidad del efecto refrigerante, se llama una tonelada de refrigeración. Lo cual podría definirse como la cantidad de calor absorbida al fundir una tonelada de hielo (2,000 lb) por calor latente de fusión (144 btu/lb). Por lo tanto;

Tenemos:  $2000 \text{ lb} \times 144 \text{ btu/lb} = 288,000 \text{ btu}$

En 24 horas o  $12,000 \text{ btu por hora} (288,000/24)$ .

Por consiguiente una tonelada de refrigeración =  $12,000 \text{ btu/h}$ .

## **1.8 Ciclo básico de refrigeración.**

Existen dos presiones en el sistema de compresión: La evaporación o baja presión y la de condensación o alta presión. El refrigerante actúa como medio de transporte para mover el calor del evaporador al condensador donde es despedido a la atmósfera. Un cambio de estado líquido a vapor y viceversa permite al refrigerante absorber y descargar grandes cantidades de calor en forma eficiente. El ciclo básico opera en la siguiente forma: el refrigerante líquido a altas presiones llega a través de la tubería del líquido, pasando por un deshidratador al instrumento de control que separa el lado de alta presión del sistema del lado de baja presión. Existen varios instrumentos de control que pueden emplearse (tubo capilar, válvula de expansión).

El tubo capilar o válvula de expansión controla la alimentación del refrigerante líquido al evaporador, y por medio de un pequeño orificio reduce la presión del refrigerante a la evaporación o de baja presión. La reducción de presión del refrigerante líquido provoca que este hierva o se vaporice hasta que el refrigerante alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la de su presión.

Conforme el refrigerante de baja temperatura pasa a través del evaporador, el calor fluye a través de las tuberías del evaporador hacia el refrigerante, haciendo que la acción de ebullición continúe hasta que el refrigerante se encuentre totalmente vaporizado. El tubo capilar o la válvula de expansión regula a través del evaporador conforme sea necesario para mantener una diferencia de temperatura determinada a cierta sobrecalentamiento deseado entre la temperatura de evaporación y el vapor que sale del evaporador.

El vapor refrigerante que sale del evaporador viaja a través de la línea de succión hacia la entrada del compresor. El compresor toma el vapor a baja presión y lo comprime aumentando tanto su presión como su temperatura. El



vapor se calienta y alta presión es bombeado fuera del compresor, el gas a alta presión es enfriado por algún medio externo.

En sistemas enfriados por aire, se usa eventualmente un ventilador para la remoción del calor. Conforme la temperatura del evaporador del refrigerante alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la alta presión del condensador, el vapor se condensa y fluye al deshidratador, repitiéndose nuevamente el ciclo. El proceso de refrigeración es continuo siempre y cuando funcione el compresor.

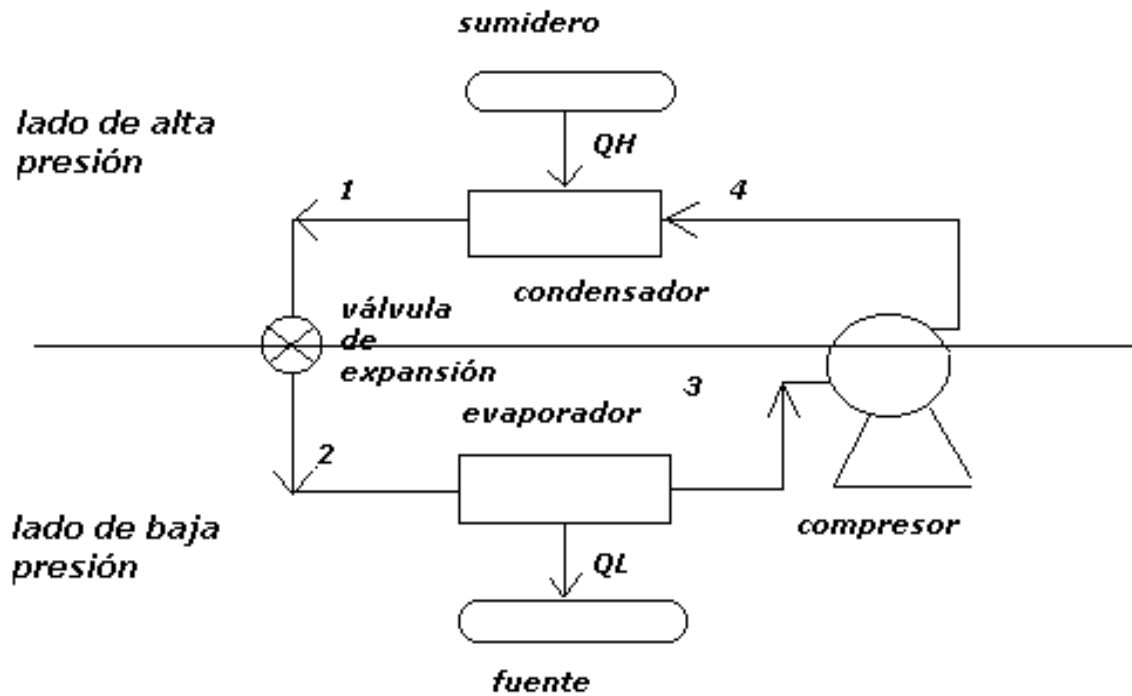


Figura 11. Muestra a un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

## **UNIDAD II**

### **CARACTERISTICAS DE LOS REFRIGERANTES**

## 2.1 La refrigeración y los refrigerantes.

Se tiene poca información de que las antiguas civilizaciones utilizaran a la refrigeración de conservación de alimentos.

- Los egipcios aprendieron que era muy agradable tomar agua fresca, lo que lograban poniendo jarrones porosos en la azotea de sus casas, evaporándose ésta, en la noche seca del desierto, así como cuando mojamos nuestros dedos y los agitamos producimos evaporación.
- Con el tiempo la idea de la refrigeración, originó que esclavos fueran utilizados para extraer hielo de lagos y montañas, para almacenarse en cuartos aislados con pajas y hojas secas.
- México, Grecia y Roma, fueron los primeros en utilizar hielo natural, Moctezuma rey de los aztecas, enviaba a sus esclavos a traer hielo al Popocatepetel y lo almacenaban para enfriar vino, pero no hay antecedentes de ser utilizado para conservar alimentos.
- En 1600, se encontró que una mezcla de nieve y sal, bajan la temperatura del agua lo suficiente para congelarla.
- En 1683, el holandés Anton Van Leeuwenhock, inventó el microscopio y fue cuando se observó que a bajas temperaturas muchos organismos morían y otros dejaban de ser tan activos, por lo que originó la utilización de la refrigeración para conservar alimentos.
- En 1755 William Cullen en Gran Bretaña, obtuvo una pequeña cantidad de hielo por evaporación de agua en vacío (aparatos de laboratorio).
- De 1775 a 1824, fue el crecimiento para la refrigeración, ya que existió un gran negocio de venta y reventa de hielo natural.
- En 1810, Sir John Leslie, en Escocia, utilizó ácido sulfúrico para absorber vapor de agua y ayudar a mantener una baja presión.
- En 1821, Jacques Bernard (Francia) experimenta con almacenar varias frutas con varias mezclas de gas.
- En 1824, Sadi Carnot, retirado del ejército, publicó su libro titulado "Reflexiones acerca de la fuerza motriz del calor", documento que sentó las

bases para establecer “La segunda ley de la termodinámica”, que habla de que el calor fluye de la fuente de mayor energía hacia la de menor.

- En 1834, Jacob Perkians, en Londres inventó la máquina de refrigeración por compresión, usando éter etil, la primera máquina la pudo hacer John Hage en Londres.
- En 1857 Ferdinard Carre, inventó la máquina de refrigeración por absorción (amoniaco y agua).
- Carre perfecciona el compresor de éter etil, en 1859 un compresor de este tipo pudo instalarse en una cervecería en Marsella.
- En 1866 Edmond Carre, construye el primer equipo de refrigeración comercial por evaporación de agua en vacío (con agitación de ácido sulfúrico).
- Thaddeus Lovie, utiliza el primer refrigerante de dióxido de carbono para un compresor.
- No obstante los progresos en la industria de la refrigeración, había perjuicios para utilizar hielo no natural, por que se suponía que no era saludable y podría ser venenoso, al no ser producido por la naturaleza.

*Hubo dos hechos que originaron la utilización del hielo artificial.*

- La guerra civil de los Estados Unidos, porque era imposible que la gente del sur fuera al norte a traer hielo natural, se tuvo que acostumbrar a utilizar hielo de las máquinas fabricadoras.
- En 1890 hubo una sequía en el norte del país que disminuyó considerablemente la utilización de hielo natural, por lo tanto la gente del norte, también se tuvo que acostumbrar a utilizar este hielo para su consumo diario.
- En 1873, el Dr. Carl Linde introdujo el compresor de vapor de amoniaco.
- En 1876, Raoul Pictet construyo un compresor de bióxido de azufre.
- Para embarcar carne de Argentina a Francia, se utilizó éter de metilo.
- En 1877 se iniciaron los trabajos de desarrollo en maquinaria de refrigeración por aire, lo que condujo a los compresores Bell-Coleman.

- En 1880/1890 se utilizaban exitosamente varios refrigerantes, principalmente el cloruro de metilo y bióxido de carbono.
- En 1898 el primer sistema experimental de un almacén frío para manzanas y peras (Kent, Gran Bretaña).
- En 1900 Nicolas Dames, en Holanda trabaja en el control de flores y bulbo de flores en climas artificiales.
- Apareció el motor eléctrico.
- En 1930 en una junta de la sociedad química americana, Midgely y Henne anunciaron a un diario el desarrollo de los refrigerantes halogenados.
- De 1900 a 1930 se desarrollaron los avances más sobresalientes en la industria de la refrigeración, surgiendo los principios básicos de la refrigeración moderna.
- En 1931 el freón 12 es lanzado como un refrigerante comercial.
- En 1932 se introduce comercialmente el freón 11.
- En 1933 introducción comercial del freón 114.
- En 1934 introducción comercial del freón 113
- En 1936 introducción comercial del freón 22. Sin embargo, no se desarrolló a gran escala, sino hasta después de la segunda guerra mundial.
- En 1939 introducción comercial del freón 21.
- En 1938 en Holanda se construye una cámara con atmósfera controlada.
- En 1943 se desarrolló el uso del freón 11 y 12, como propelentes de aerosol, por Goodhue y Sullivan.
- En 1945 introducción comercial del freón 13.
- En 1950 introducción comercial del R-500.
- En 1952 la empresa Allied Chemical Corp. Inicia la fabricación de refrigerantes halogenados.
- En 1955 introducción comercial del freón 14.
- En 1956 DuPont publicó un sistema para la numeración de refrigerante del uso general.

- En 1961 introducción comercial del freón 502.
- Introducción comercial del freón C-318 como proponente para alimentos, aunque ya había sido usado como refrigerante unos años antes.
- En 1974 los científicos Molina y Rowland, presentaron la hipótesis de que algunos gases emanados desde la tierra deterioraban la capa de ozono; lo que fue confirmado años más tarde por la NASA.
- En 1989 se llevó a cabo el Protocolo de Montreal, donde se decidió desfasar los compuestos que deterioran la capa de ozono, entre ellos el R-11 y el R-12.
- En 1989 en plantas piloto a nivel experimental, los principales fabricantes de refrigerantes desarrollaron compuestos para sustituir los refrigerantes que habrán de desaparecer. Entre los nuevos sustitutos estaban el R-134, el R-123, el R-141b, el R-124 y el R-125.
- En 1990 se desarrollaron mezclas zeotrópicas para utilizarlas como refrigerantes, en los equipos que estaban actualmente operando con R-12, R-500 y R-502.
- En 1991 se introdujeron comercialmente los refrigerantes R-134a, R-123 y varias mezclas zeotrópicas.

## **2.2 Los refrigerantes ideales.**

Para que un líquido pueda ser utilizado como un refrigerante, debe reunir ciertas propiedades, tanto termodinámicas como físicas. El refrigerante ideal, sería aquél que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador, la línea de succión y el compresor. Desafortunadamente, todos los refrigerantes regresan al evaporador arrastrando cierta porción de calor, reduciendo la capacidad del refrigerante para absorber calor en el lado de baja. Un refrigerante ideal deberá reunir todas las propiedades siguientes:

### **2.2.1 Condiciones que debe tener un gas para ser un refrigerante ideal.**

- 1.- No debe de ser tóxico ni venenoso.
- 2.- No debe de ser explosivo ni inflamable.
- 3.- No debe de tener efecto sobre otros materiales.
- 4.- Fácil de detectar cuándo se fuga.
- 5.- Debe ser miscible con el aceite.
- 6.- No debe de reaccionar con la humedad.
- 7.- Debe de ser un compuesto estable.

### **2.2.2 Características físicas de los gases.**

**Presión.** Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración, son extremadamente importantes. En primer término se debe de operar con presiones positivas; es decir las presiones tanto en el condensador como el evaporador, deben de ser superiores a la presión atmosférica. Si la presión en el evaporador es negativa, es decir, que este trabajando en vacío, hay riesgo que por una fuga entre aire al sistema. Por esto, el refrigerante debe de tener una presión de evaporación lo más baja que posible, pero ligeramente superior a la atmosférica. Por otra parte, la presión de condensación debe de ser lo suficientemente baja, ya que esto determina la robustez del compresor y del condensador. Mientras más alta sea la presión, se requiere un equipo más robusto y por lo tanto más caro.

**Temperatura.** Hay tres temperaturas que son importantes para un refrigerante y que deben de ser consideradas al hacer su selección. Estas son: la de ebullición, la crítica y la de congelación. La temperatura de ebullición de un refrigerante, siempre es referida a la presión atmosférica normal de 101.3 kPa (0 psig). Se puede decir, que el punto de ebullición de cualquier líquido, es la temperatura a la cual su presión de vapor es igual a la atmosférica. El punto de ebullición de un refrigerante debe de ser bajo, para que aún

operando a presiones positivas, se pueda tener una temperatura baja en el evaporador. Existe una relación directa entre la temperatura de ebullición y la presión, el punto de ebullición se modifica al cambiar la presión. Si se selecciona una presión conocida, se llega a una temperatura deseada.

**Volumen.** El volumen específico de un refrigerante en fase vapor, no es otra cosa, que el volumen en metros cúbicos ( $m^3$ ) o en litros (l) que ocupará un kilogramo de refrigerante a condiciones normales; esto es, a una temperatura de  $20^{\circ}C$  y a la presión atmosférica de 101.3kPa. (14.7psia). En un sistema de refrigeración, al agregar calor al refrigerante, aumenta su temperatura y su volumen específico, pero su presión permanece constante; ya que, en el evaporador, en la línea de succión y en el condensador, la temperatura de saturación es lo que controla la presión del vapor sobrecalentado. Inversamente, si disminuye la temperatura del refrigerante, disminuye su volumen específico.

**Entalpía.** Es la propiedad que representa la cantidad total de energía térmica o contenido de calor, en un fluido. Sus unidades son kcal/kg. Para la mayoría de los refrigerantes, se considera que su entalpía es cero a una temperatura de saturación de  $-40^{\circ}C$ . Entonces, el calor agregado o sustraído de un refrigerante, desde ese punto, se considera que es su entalpía total. En la mayoría de los trabajos de transferencia de calor, se manejan los cambios de entalpía que ocurren durante un proceso. Generalmente, no hay necesidad de conocer el contenido de energía absoluta. Entalpía del líquido saturado ( $h_f$ ). Este valor es la cantidad de kilocalorías por cada kilogramo de refrigerante líquido saturado; esto es el líquido que se encuentra a su temperatura de saturación. Este contenido de calor del líquido, es calor sensible basado en la suposición de que el líquido saturado a  $-40^{\circ}C$ , no tiene calor sensible. Esto no es cierto, ya que aún a  $-7^{\circ}C$ , el líquido contiene algo de calor.



Entalpía de Evaporación (hfg). Esta es la cantidad de calor que requiere un kilogramo de líquido, para cambiar a un kilogramo de vapor a temperatura constante. Este valor también se le conoce como "calor latente de evaporación". Un refrigerante debe de preferencia tener un valor alto de calor latente de evaporación, ya que esto es lo que hace posible la refrigeración. Mientras mayor sea este valor, se requerirá circular menos cantidad de refrigerante.

Entalpía del Vapor Saturado (hg). Un líquido antes de hervir, tiene calor sensible, cuando está en ebullición, adquiere además calor latente. Entonces el calor total del vapor saturado, debe ser igual a la suma del calor sensible del líquido, más el calor latente de evaporación. Esto se expresa de la siguiente manera.  $hg = hf + hfg$ . La entalpía del vapor saturado, representa el contenido total de calor del vapor saturado del refrigerante en un evaporador, antes de ser sobrecalentado; es decir, antes de ser calentado por arriba de la temperatura del evaporador.

**Densidad.** Los líquidos tienen diferentes valores de peso por metro cúbico o por litro, lo que se conoce como densidad. La mayoría de los refrigerantes en estado líquido, tienen una densidad más alta que el agua (gravidades específicas arriba de 1.0). La densidad de cada refrigerante varía como la temperatura. Puesto que por regla, los líquidos se expanden al calentarse, su densidad a altas temperaturas es menor que a bajas temperaturas. La densidad en fase líquida se utiliza, entre otras cosas, para calcular la capacidad de cilindros o tanques recibidores.

**Entropía.** El cambio de entropía es una medida de la energía no disponible, que resulta del cambio de propiedades de un refrigerante. El cambio de entropía, es la suma de todos los incrementos diferenciales de calor (kcal/kg), divididos por la temperatura absoluta ( $^{\circ}\text{C} + 273 = \text{k}$ ) existente, en el momento en que cada incremento diferencial se haya añadido o removido, de aquí que

sus unidades son  $(\text{kcal}/(\text{kg})(\text{k}))$ . La entropía, es una relación que describe la energía relativa en el refrigerante, y se determina dividiendo la cantidad de calor en el fluido, por su temperatura absoluta.

### **2.3 Propiedades físicas.**

#### **a)- Debe ser miscible con el aceite.**

La miscibilidad del aceite y el refrigerante, juega un papel muy importante en el diseño de los sistemas de refrigeración. La miscibilidad del aceite con el refrigerante, se puede definir con la capacidad que tienen éstos para mezclarse. 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, aún cuando se cuente con un separador de aceite. Por lo tanto, hay dos partes del sistema donde esta relación es de interés: el cárter del compresor y el evaporador. Esta miscibilidad tiene sus ventajas y desventajas. Las principales ventajas son: la facilidad relativa para retornar el aceite compresor, y la lubricación de diferentes partes del sistema como válvulas. Las diversas ventajas son: la dilución del aceite en el cárter del compresor, disminución de la transferencia de calor en el evaporador, falta de lubricación y problemas de control.

#### **b)- No debe reaccionar con la humedad.**

Todos los refrigerantes absorben humedad en cantidades variables. En un sistema de refrigeración, esta cantidad debe mantenerse por debajo del límite máximo permisible, para que pueda operar satisfactoriamente.

Se debe hacer un gran esfuerzo por mantener la humedad fuera de los sistemas de refrigeración, por dos principales razones:

1. El exceso de humedad, como el "agua libre", puede congelarse a bajas temperaturas y restringir o detener el paso de refrigerante, a través de la válvula de termo expansión o del tubo capilar.

2. El exceso de agua puede reaccionar con el refrigerante formando ácidos corrosivos, los cuales causarán estancamientos, corrosión, quemaduras del motocompresor, y general, deterioro del sistema de refrigeración.

**c)- Debe ser un 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.

## **2.4 Identificación de los refrigerantes.**

La identificación de los refrigerantes en un principio resultó muy complicada. Supóngase que 2 átomos de cloro y 2 de flúor se usan para remplazar los átomos de hidrógeno en el metano. La fórmula resultante queda  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ . Esta puede llamarse adecuadamente dicloro-difluoro-metano donde el prefijo di (o bi) representa 2 y similarmente mono 1, tri 3, tetra 4, etc. Otro refrigerante es  $\text{CCl}_3\text{F}$  llamado tricloromonofluorometano. Tales nombres, aunque lógicos, son largos y difíciles de recordar, de tal manera que en lugar de usar nombres tan largos se emplean otros: al diclorodifluorometano se llama Freón-12, genetrón-12, isotrón-12, etc., y al monoclorodifluorometano se llama Freón-22, genetrón-22, frigen-22, etc. El uso de muchos nombres puede crear confusiones, por lo que la ASHRAE decidió adoptar el nombre estándar simple de refrigerante con un número  $\text{CCl}_2\text{F}_2$  como refrigerante-12, el  $\text{CHClF}_2$  como refrigerante-22,  $\text{CHF}_3$  como refrigerante-23. En la tabla 1, se muestran todos los nombres de los refrigerantes de acuerdo al sistema de la ASHRAE.

No.	Nombre químico	Fórmula química
<b>Serie Metano</b>		
10	Tetraclorometano(tetra cloruro de carbono)	CCl <sub>4</sub>
11	Tricloromonofluorometano	CCl <sub>3</sub> F
12	Diclorodifluorometano	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
13	Clorotrifluorometano	CClF <sub>3</sub>
20	Triclorometano (Cloroformo)	CHCl <sub>3</sub>
21	Diclorofluorometano	CHCl <sub>2</sub> F
22	Clorodifluorometano	CHClF <sub>2</sub>
23	Trifluorometano	CHF <sub>3</sub>
30	Diclorometano (Cloruro de Metileno)	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>
40	Clorometano (Cloruro de Metilo)	CH <sub>3</sub> Cl
50	Metano	CH <sub>4</sub>
<b>Serie Etano</b>		
110	Hexacloroetano	CCl <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl <sub>2</sub> CClF <sub>2</sub>
115	Cloropentafluoroetano	CClF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>
123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano	CHCl <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	CH <sub>3</sub> CCl <sub>2</sub> F
150a	1,1-Dicloroetano	CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>
152a	1,1-Difluoroetano	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl
170	Etano	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>
<b>Hidrocarburos</b>		
290	Propano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
600	Butano	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>
600a	2-Metilpropano (Isobutano)	CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>

Tabla 1.

No.	Nombre químico	Fórmula
-----	----------------	---------

		<b>química</b>
<b>Compuestos Inorgánicos</b>		
702	Hidrógeno	H <sub>2</sub>
704	Helio	He
717	Amoníaco	NH <sub>3</sub>
718	Agua	H <sub>2</sub> O
720	Neón	Ne
728	Nitrógeno	N <sub>2</sub>
732	Oxígeno	O <sub>2</sub>
744	Bióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>
764	Bióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>
<b>Mezclas Zeotrópicas</b>		
400	R-12/114(60/40)	
401A	R-22/152a/124(53/13/34)	
401B	R-22/152a/124(61/11/28)	
402A	R-22/125/290(38/60/2)	
402B	R-22/125/290(60/38/2)	
404A	R-125/143a/134a(44/52/4)	
407A	R-32/125/134a(20/40/40)	
407B	R-32/125/134a(10/70/20)	
407C	R-32/125/134a(23/25/52)	
408A	R-125/143a/22(7/46/47)	
409A	R-22/124/142b(60/25/15)	
410A	R-32/125(50/50)	
<b>Mezclas Azeotrópicas</b>		
500	R-12/152a(73,8/26,2)	
502	R-22/115(48,8/51,2)	
503	R-223/13(40,1/59,9)	
507	R-125/143a(50/50)	

Tabla 1(Continuación).

Los números estándar empleados para los refrigerantes halocarburos siguen un modelo definido desarrollado originalmente en relación con los refrigerantes del grupo del grupo Freón. Las sustituciones de halógenos, están basadas en dos hidrocarburos, el metano  $\text{CH}_4$ , (para el cual dos números dígitos se usan para indicar los refrigerantes) y el metano  $\text{C}_2\text{H}_6$  (para el cual los tres números dígitos se usan para indicar los diferentes refrigerantes).

Para los derivados del metano el primer número es siempre mayor en uno al número de átomos de hidrógeno que aparece en la molécula del refrigerante, mientras que el segundo dígito de exactamente el número de átomos de fluro que aparecen en la molécula del refrigerante.

Para las series del 110, el primer término indica que el etano es el hidrocarburo básico. El segundo 1 indica que no hay átomos de hidrógeno en la fórmula, el tercer dígito, indica el número de átomos de fluro que aparecen en la fórmula.

## **2.5 Seguridad de los de los refrigerantes.**

### **2.5.1 Toxicidad de los refrigerantes.**

Todas sustancias gaseosas, con excepción del aire, tienen un cierto grado de toxicidad. Hay varios grados o niveles de toxicidad, ya que algunas sustancias producen efectos tóxicos y hacen peligrar la vida pues reducen la cantidad de oxígeno necesario para vivir, mientras que otras son verdaderamente venenosas. Por ejemplo, el bióxido de carbono es algunas veces inofensivo (ya que es exhalado cada vez que una persona respira) en cantidades que varían de 3.5 a 4 % por volumen. Aunque a una persona se le dificultaría su respiración al entrar a una atmósfera que contenga 6% de  $\text{CO}_2$  y podrá tener pérdida de conocimiento fácilmente con 10% de  $\text{CO}_2$  en el aire. El peligro en este caso no existe porque el oxígeno haya sido excluido, si no por el hecho de que el proceso de respiración ha sido alterado y puede cesar sus funciones. Sin embargo, el refrigerante-12 (Freón 12) el cual es marcadamente no tóxico

puede respirarse con seguridad en concentraciones hasta de 20% en volumen sin alterar notablemente el proceso de la vida.

Entre los gases tóxicos está el bióxido de azufre el cual es irritante a las mucosas y aun en concentraciones de menos del 1% puede causar daño. Puesto que los refrigerantes son manejados por muchas personas, desde el fabricante, al distribuidor hasta el usuario, no deben representar ningún peligro. La mayoría de los refrigerantes sintéticos (hechos por el hombre, no encontrados en la naturaleza) no son tóxicos, y el riesgo es muy leve o prácticamente. Sin embargo, hay algunos refrigerantes que son realmente dañinos al hombre, aún en pequeñas concentraciones.

En altas concentraciones en el aire, cualquier refrigerante pueden causar asfixia, debido a que desplazan el aire y crean insuficiencia de oxígeno. La magnitud del daño depende de la concentración de refrigerante, su naturaleza y del tiempo que se esté expuesto a él. Organizaciones como Underwriter's Laboratories, Inc. (UL) y National Board of Fire Underwriter's (NBFU) en Estados Unidos, han clasificado los refrigerantes de acuerdo a su toxicidad en 6 grupos. Los refrigerantes del grupo 1 son los más tóxicos, y los del grupo 6 son los menos tóxicos. En la tabla 1 se muestran estos grupos.

### **2.5.2 No debe ser explosivo ni inflamable.**

Los refrigerantes varían extremadamente en cuanto a su facultad para arder o soportar la combustión. En E.U. la organización National Refrigeration Safety Code (NRSC), cataloga a los refrigerantes en tres grupos de acuerdo a su grado de inflamabilidad o explosividad:

Grupo Uno- Los refrigerantes más seguros.

Grupo Dos- refrigerantes moderadamente inflamables.

Grupo tres- refrigerantes inflamables.

**Grupo Uno.** Los refrigerantes en este grupo pueden utilizarse en cantidades mayores en cualquier instalación. Las cantidades permisibles son especificadas por la American Standard Safety Code for Mechanical Refrigeration.

Estas cantidades son:

- a) Hasta 9kg. (20 lb) en cocinas de hospitales.
- b) Hasta 23 kg. (50 lb) en concurrencias públicas.
- c) Hasta 23 kg.(50 lb) en uso residencial (sí se toman precauciones).
- d) Hasta 9 kg. (20 lb) en sistemas de aire acondicionado residencial.

Algunos refrigerantes del grupo son:

- R-11\* Tricloromonofluorometano.
- R-12\* Diclorodifluorometano.
- R-22 Monoclorodifluorometano.
- R-500 Mezcla azeotrópica de R-12 (73.8%) y R152a (26.2%).
- R-502 Mezcla azeotrópica de R-22 (48.8%) y R115 (51.2%).
- R-503 Mezcla azeotrópica de R-23 (40.1%) y R-13 (59.9%).
- R-744 Bióxido de carbono.

El R-11 y el R-12, junto con otros clorofluorocarbonos (CFC's), están en proceso de desfasamiento, ya que existe evidencia de que dañan la capa de ozono estratosférica. Hasta hace poco, los refrigerantes van a substituirlos (R-123 yR-134A), aunque tienen propiedades similares y se sabía si eran tóxicos ni inflamables, de hecho no lo son, pero recientemente se ha descubierto que provocan una buena cantidad del calentamiento global, se les ha clasificado en el Grupo Uno.

**Grupo Dos.** Los refrigerantes de este grupo pueden ser ligeramente inflamables, independientemente de que sean o no tóxicos.

Algunos refrigerantes de este grupo son:

- R-717 Amoníaco
- R-40 Cloruro de metilo.



R-764 Bióxido de azufre.

El amoniaco fue uno de los primeros refrigerantes utilizados, y en la actualidad, se emplea solamente en grandes instalaciones industriales y en algunos refrigeradores de absorción.

El R-40 y el R-764 ya no se usan en la actualidad. En un tiempo, el bióxido de azufre era el refrigerante más utilizado en refrigeradores domésticos. Aún existen algunas unidades trabajando cargadas con R-764y R-40.

**Grupo Tres.** Los refrigerantes de este grupo forman mezclas combustibles, cuando se combinan con el aire.

Los más comunes son:

R-170 Etano.

R-290 Propano.

R-600 Butano.

Estos compuestos son en la actualidad ya no se utilizan como refrigerantes; por el contrario, debido a su alta inflamabilidad, algunos de estos refrigerantes, como el R-170, arden tan bien y tan rápidamente, que se usan como combustibles.

## **2.6 Clasificación combinada.**

Una clasificación más actual de los refrigerantes, es la clasificación combinada en grupos de seguridad, hecha por las organizaciones American National Standards Institute (ANSI) y la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE), conocida como la norma ANSI/ASHRAE 34-1992.

Esta clasificación combina la toxicidad con la inflamabilidad de los refrigerantes, y surgió de la revisión hecha a la norma 34-1989, la cual se hace cada 5 años; pero en esta ocasión se hizo a los tres años (1989-1992).

La necesidad de esta revisión, surgió al desarrollarse nuevos refrigerantes y discontinuar otros que destruyen la capa de ozono. Se volvió aparente que el sistema de clasificación existente, el cual había evolucionado a través de muchos años, no sería adecuado para clasificar los refrigerantes nuevos.

Se ingenió un sistema menos arbitrario, y se cambió la manera de identificación de cómo se venía haciendo anteriormente, de clasificar por separado la toxicidad de la inflamabilidad con un designador básico.

La nueva clasificación de grupos de seguridad, es de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) la clasificación deberá consistir de dos caracteres alfanuméricos. La letra mayúscula indica la toxicidad, y el número arábigo denota la inflamabilidad (por ejemplo, B2 o A1).
- b) En la clasificación de toxicidad, se asigna a los refrigerantes una de las dos clases -A o B - en base a la exposición permisible: la clase A, incluye refrigerantes a los cuales, no se ha identificado su toxicidad en concentraciones menores o iguales a 400 ppm. (muy tóxicos).
- c) En la clasificación de inflamabilidad, los refrigerantes se deberán asignar a una de tres clases 1, incluye a refrigerantes que no muestran propagación de flama, al ser probados en aire a 101 kPa y a 18°C. La clase 2, incluye a refrigerantes que tienen un límite de inflamabilidad bajo (LFL)\*, de más de 0.10kg/m<sup>3</sup> a 21°C y 101kPa, y un calor de combustión menor a 4,540 kcal/kg (19,000 kj/kg). La clase 3, comprende los refrigerantes que son sumamente inflamables, tal como se define por medio del LFL\*, menos o

igual a 0.10kg/ m<sup>3</sup> a 21°C y 101 kPa, o por medio de un calor de combustión mayor o igual a 4,540 kcal/kg. En la tabla 12.16, se muestran estas clasificaciones. \*LFL, Lower Flammability Limit - Límite de inflamabilidad Baja, es la concentración mínima de refrigerante que es capaz de propagar una llama, a través de una mezcla homogénea de refrigerante y aire, bajo ciertas condiciones de prueba.

## **2.7 No debe tener efecto sobre los materiales.**

**Compatibilidad con Metales.** Debe seleccionarse un refrigerante que no tenga ningún efecto sobre los metales. Algunos refrigerantes, afortunadamente muy pocos, bajo ciertas condiciones, tienen efectos corrosivos sobre algunos metales o producen reacciones químicas que forman productos indeseables o contaminantes. A continuación se mencionan algunos ejemplos.

Los refrigerantes halogenados, bajo condiciones normales de operación, pueden utilizarse satisfactoriamente con la mayoría de los metales que comúnmente se usan en los sistemas de refrigeración, tales como: acero, hierro fundido, bronce, cobre, estaño, plomo y aluminio. Sin embargo en condiciones severas de operación como alta temperatura y en presencia de humedad, se afectan sus propiedades y reaccionan con los metales. No se recomienda utilizar refrigerantes halogenados con aluminio que contenga más del 2% de magnesio o magnesio y zinc, aún cuando la presencia de humedad sea muy pequeña.

**Compatibilidad con Elastómeros.** Existe una variación considerable, en cuanto a los efectos producidos por los refrigerantes en los elastómeros y hules utilizados, tales como anillos " O ", juntas, sellos, empaques y demás. Esto se debe a que los elastómeros contienen, además del polímero base, plastificantes y otros productos.

**Compatibilidad con Plásticos.** La mayoría de los materiales plásticos, son afectados por los refrigerantes halogenados, por lo que se pueden utilizar en

forma satisfactoria en la mayoría de las aplicaciones. Una excepción es el poliestireno, ya que algunos refrigerantes como el R-11 y el R- 22, lo disuelven; el R-12 también pero en menor grado. En general, el efecto sobre los plásticos disminuye, a medida que aumenta el contenido de flúor en la molécula de los refrigerantes.

## **2.8 Fácil de detectar cuando se fuga.**

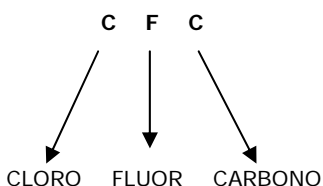
Todos los refrigerantes tienen una tendencia a fugarse, y cuando esto sucede, el refrigerante seleccionado debe ser fácilmente detectable. En la actualidad, esto ya no es una deficiencia en ningún refrigerante, ya que se han desarrollado varios métodos para detectar fugas de cualquier refrigerante. Existen varios factores que determinan la tendencia de los refrigerantes a fugarse. Presión, viscosidad y densidad, son algunos de ellos. Cuando estas características son las mismas para diferentes refrigerantes, el que tiene más tendencia a fugarse, es el de menor peso molecular. El razonamiento de por qué sucede esto, es simple. El refrigerante con mayor peso molecular, tiene moléculas más grandes. Esto significa que por una grieta de cierto tamaño, se fugaría más fácilmente un refrigerante de bajo peso molecular, que uno de mayor peso molecular.

## **2.9 Composición de los refrigerantes (CFC's).**

Los CFC's se fabricaron por primera vez a principios de 1930 por químicos que estaban buscando un refrigerante doméstico seguro y eficaz que sustituyera al amoníaco o al dióxido de azufre. Los clorofluorcarbonos (CFC's) están entre los compuestos químicos más útiles jamás desarrollados. Los CFC's se usan para el control de la calidad del aire y de la temperatura, para el acondicionamiento del aire, en la conservación de la energía y en la refrigeración; se utilizan para esterilizar catéteres e instrumental quirúrgico y para refrigerar salas de operaciones y equipos de rayos "X". Inyectando CFC's en determinados plásticos, se obtiene una espuma que proporciona un aislamiento eficaz en las paredes de los

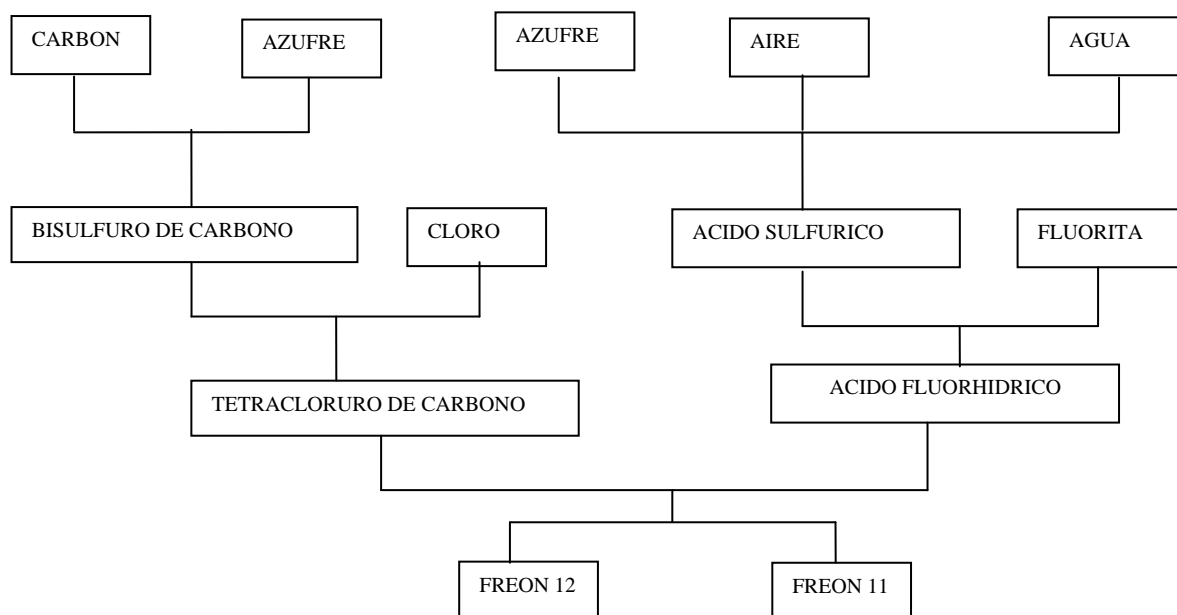
refrigeradores y congeladores, en las paredes y techos de las casas y edificios, para los camiones y trenes refrigerados, y para muchas aplicaciones industriales. De productos químicos inodoros e incoloros formados por Carbono, Flúor y Cloro. Los CFC's son estables, ininflamables y presentan una toxicidad muy pequeña.

### Componentes



### Fabricación del freón 11 y 12.

En el siguiente plano se muestra esquemáticamente como se fabrica el freón 11 y 12.



**UNIDAD III**

**DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO Y EL  
CALENTAMIENTO GLOBAL**

### **3.1 El calentamiento global de la tierra.**

Para los pobladores de Tuvalu, archipiélago cuyo relieve no sobrepasa los 4 metros (13 pies) sobre el nivel del mar, el calentamiento global no es un asunto de ciencia abstracta, sino una realidad cotidiana, donde ya han emigrado muchos y todavía muchos más se preparan para hacerlo.

Robert un lugareño de la ciudad Australiana de Brisbane, solo puede regar el jardín en determinados días y con balde, no con manguera. Y al menos que lleve el auto a un lavacoches que recicle el agua, solo puede lavar los espejos, las ventanillas y las placas ¿A que obedecen estas restricciones? A que vive en una zona que sufre la peor sequia en cien años. Y hay regiones donde la situación es peor. ¿Son las crisis de Australia y Tuvalu un síntoma del calentamiento del planeta?

Muchos expertos consideran que las actividades humanas son las causas fundamentales del calentamiento global, cuyos efectos sobre el clima y el medio podrían ser catastróficos. Por ejemplo, al derretirse las masas del hielo continental y al dilatarse los océanos por el calentamiento del agua, aumentaría drásticamente el nivel del mar. Las islas bajas como Tuvalu, desaparecerían, así como también grandes zonas de los Países Bajos y de la Florida (Estados Unidos), solo por nombrar dos lugares más. Millones de habitantes de ciudades como Shanghái y Calcuta y de algunas áreas de Bangladesh se verían obligados a marcharse.

### **3.2 El efecto invernadero.**

De todas las capas que tiene la atmosfera, solo en la más baja, llamada troposfera, hay clima. Esta capa tiene algunas peculiaridades: en ella está contenida toda el agua atmosférica, y como la mitad del clima esta constituido por la humedad en forma de nubes, precipitaciones, heladas, etc. en las capas superiores de la atmosfera no hay clima.

## El efecto invernadero

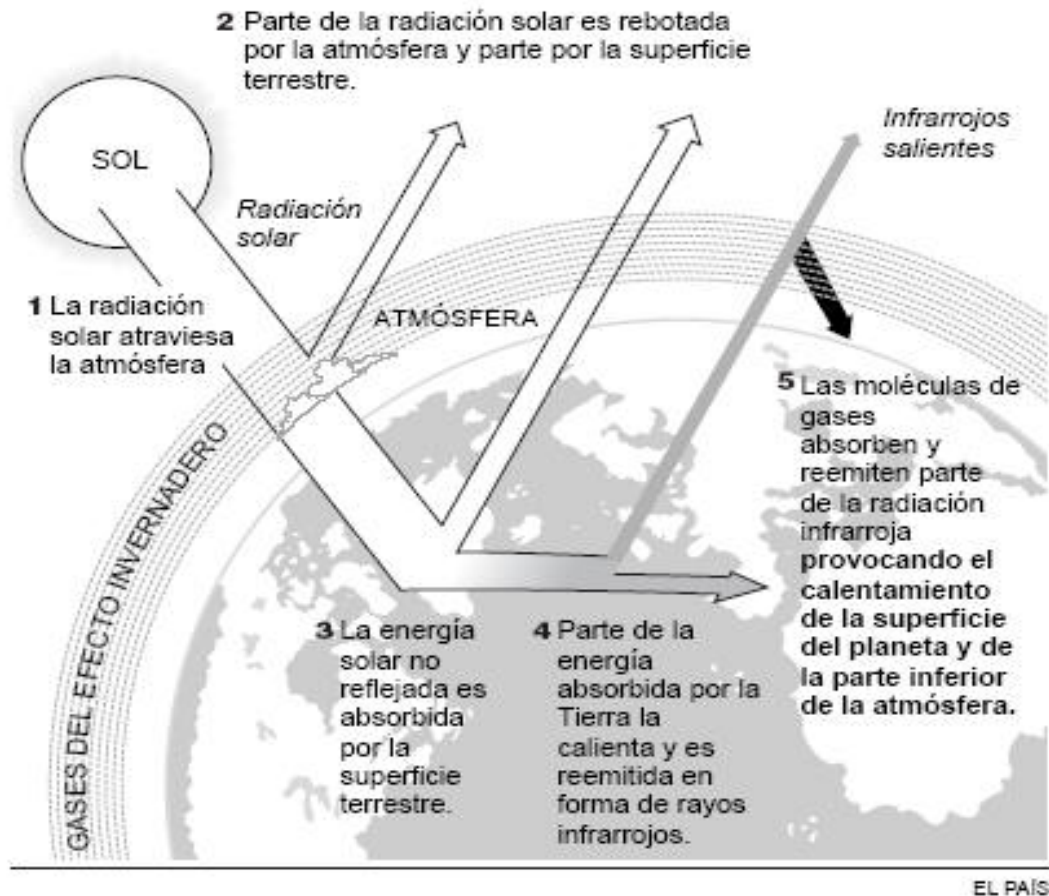


Figura 12. Muestra la forma de cómo se logra el efecto invernadero.

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del sol. El aumento de la concentración, de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), proveniente del uso de combustibles fósiles, ha provocado la intensificación del fenómeno y el consecuente aumento de la temperatura global, el derretimiento de los hielos polares y el aumento del nivel de los océanos, ya que el calentamiento mayor se da en las latitudes altas. Los gases traza (GT) de la atmosfera son numerosos, sobresaliendo el metano ( $\text{CH}_4$ ), el oxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), y los clorofluorocarbonos (CFC's). El metano es producido principalmente por el ganado y los arrozales; el oxido nitroso, por



las bacterias y fertilizantes. Los CFC's son famosos por que destruyen la capa de ozono ( $O_3$ ) estratosférica, que protege a la tierra de la radiación ultravioleta, como ya se vio, pero también son responsables del efecto invernadero.

Los GT, en conjunto, está presente en la atmosfera en una porción cien veces menor que el  $CO_2$ . Sin embargo, la rapidez con que están aumentando y su eficiencia radiacional son tales, que producirían un calentamiento similar al causado por el  $CO_2$ . Es decir, si la duplicación del  $CO_2$  causaría por si sola un aumento de temperatura de  $2\text{ }^\circ\text{C}$ , todos los GT se incrementarían también reforzando el calentamiento de dos grados adicionales, resultando, finalmente un aumento de temperatura de  $4\text{ }^\circ\text{C}$ .



Figura 13. Muestra la proyección del cambio climático.

El vapor de agua, el dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y el gas metano forman una capa natural en la atmosfera terrestre que retiene parte de la energía

proveniente del sol. El uso de combustibles fósiles y la deforestación han provocado el aumento de la concentración del  $\text{CO}_2$  y metano, además de otros gases, como el oxido nitroso, los que han incrementado el efecto invernadero.



Figura 14. Muestra la forma de que el sol calienta la superficie de la tierra.

La superficie de la tierra es calentada por el sol. Pero esta no absorbe toda la energía, sino que refleja parte de ella de regreso hacia la atmosfera.

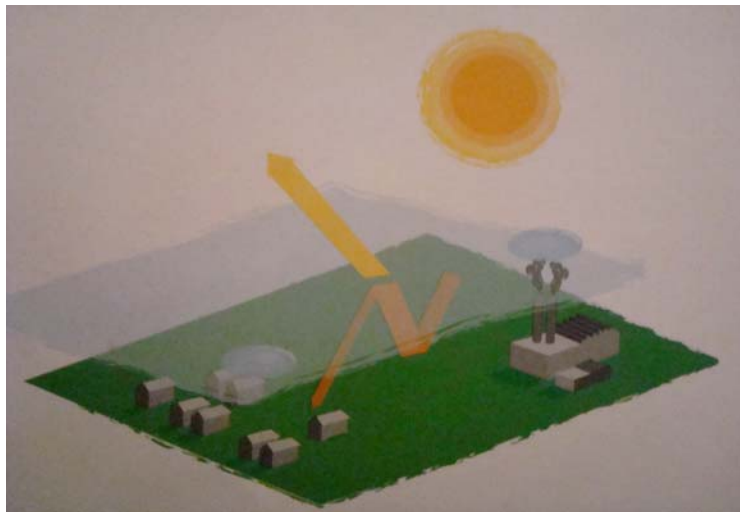


Figura 15. Muestra como la energía solar es devuelta a la superficie. Alrededor del 70% de la energía solar que llega a la superficie de la tierra es devuelta al espacio. Pero parte de la radiación infrarroja es retenida por los

gases que producen el efecto invernadero, y se queda en la superficie terrestre.

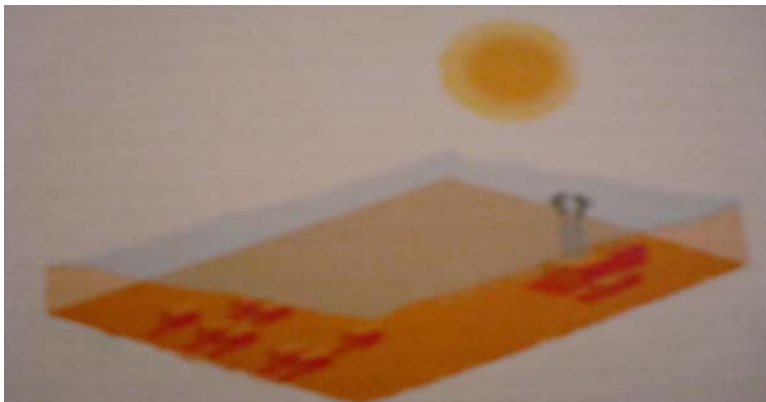


Figura 16. Muestra como el efecto invernadero mantiene más caliente a la tierra.

Como resultado del efecto invernadero, la tierra se mantiene lo suficientemente caliente como para hacer posible la vida sobre el planeta. De no existir ese efecto, las fluctuaciones climáticas serían intolerables. Sin embargo, una pequeña variación en el delicado balance de la temperatura global puede causar estragos. En los últimos cien años un aumento entre 0.4 y 0.8 °C en su temperatura promedio.

Los CFC's dañan la capa de ozono y son gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global de la atmosfera, por lo cual es importante evitar su emisión a la atmosfera. El calentamiento global de la atmosfera puede provocar otras alteraciones en nuestro planeta, tal vez la más llamativa es la elevación del nivel del mar, calculada entre 30 cm y 1 m debido a las siguientes causas:

1. La fusión parcial de los casquetes polares.
2. La expansión térmica de los océanos (estos se dilatan al calentarse).
3. La explotación masiva de los mantos freáticos (insuficientemente recargados), cuyas aguas finales van a dar al mar.

Por tales motivos, el mar cubriría algunas regiones costeras bajas, provocando pérdidas de terrenos cultivados o habitados, también demandaría ajustes en instalaciones portuarias, etc.

Otras consecuencias climáticas, de gran impacto socioeconómico, son las relativas a la humedad. El aumento de CO<sub>2</sub>, CFC's y GT producirían, según algunos investigadores, mas precipitaciones en ciertos lugares y épocas del año, y menos en otras. Otros efectos del aumento del CO<sub>2</sub> son de tipo dinámico, parece que un clima más caliente produce fenómenos meteorológicos más vigorosos.

El impacto potencial es enorme, con predicciones de falta de agua potable, grandes cambios en las condiciones para la producción de alimentos y un aumento en los índices de mortalidad debido a inundaciones, tormentas, sequias y calor. Los países más pobres, que están menos preparados para enfrentar cambios rápidos, son los que sufrirán las peores consecuencias.

Se predice la extinción de animales y plantas, ya que los hábitats cambiarían tan rápido que muchas especies no podrían adaptarse a tiempo.

La Organización Mundial de la Salud ha advertido que la salud de millones de personas podría verse amenazada por el aumento de la malaria, la desnutrición y las enfermedades transmitidas por el agua. En particular se espera que las zonas ciclogénicas (donde nacen los huracanes) se amplíen algo hacia los polos, pues el mar será más cálido y la temperatura mínima necesaria para que se formen los huracanes, se presentara en zonas que ahora no la tienen. Por la misma razón, los huracanes podrán ser más intensos y numerosos y alcanzaran latitudes mayores que las actuales, ya que las altas temperaturas del mar, requeridas para mantenerlos, se extenderían geográficamente.

<b>Refrigerante No. ASHRAE</b>	<b>Marca</b>	<b>Potencial de Agotamiento de Ozono</b>	<b>Potencial de Calentamiento Global. Horizonte a 100 años.**</b>	<b>Años de vida en la atmosfera.***</b>
<b>Serie CFC's</b>				

R-11		1.000	4600	45.0
R-12		0.820	10600	100.0
R-13		1.000	14000	640.0
R-113		0.900	6000	85.0
R-114		0.850	9800	300.0
R-115		0.400	7200	1700.0
<b>Serie HCFC's</b>				
R-22		0.034	1700	11.9
R-123		0.012	120	1.4
R-124		0.026	620	6.1
R-141b		0.086	700	9.3
R-142b		0.043	2400	19.0
<b>Serie HFC's</b>				
R-23		0	12000	260.0
R-32		0	550	5.0
R-125		0	3400	29.0
R-134a		0	1300	13.8
R-143a		0	4300	52.0
R-152a		0	120	1.4
<b>Serie Zeotropos</b>				
R-401A	MP39	0.027	1100	
R-401B	MP66	0.028	1200	
R-402A	HP81	0.013	2700	
R-402B	HP80	0.020	2300	
R-403A	RP69S	0.026	3000	
R-403B	RP69L	0.019	4300	
R-404A		0	3800	
R-407A		0	2000	
R-407B		0	2700	
R-407C		0	1700	
R-407D		0	1500	

Tabla 2. **PAO Y PCG de Gases Refrigerantes**

Refrigerante No. ASHRAE	Marca	Potencial de Agotamiento de Ozono.*	Potencial de Calentamiento Global. Horizonte a 100 años.**	Años de vida en la atmosfera.***
<b>Serie Zeotropos</b>				

R-408A	FX10	0.016	3000	
R-409A		0.039	1500	
R-409B		0.033	1500	
R410A	AZ20	0	2000	
R413A	RP49	0	1900	
R-414B		0.031	1300	
<b>Serie Azeotropos</b>				
R-500		0.605	7900	
R-502		0.221	4500	
R-503		0.599	13000	
R-507A		0	3900	
R-508A		0	12000	
R-508B		0	12000	

Tabla 2 (continuación). **PAO Y PCG de Gases Refrigerantes**

NOTAS:

**\*PÁO (Potencial de Agotamiento de Ozono):** medición de la capacidad de una sustancia de destruir el ozono estratosférico, sobre la base de su vida atmosférica, su estabilidad, su reactividad y el contenido de elementos que pueden atacar el ozono, como el cloro y el bromo. Todos los PAO se basan en la medición de su referencia de 1 para el CFC-11.

**\*\*PCG (Potencial de Calentamiento Global):** define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea hoy de 1 kg de gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub> está basado en un tiempo horizonte de 100 años, por ejemplo la emisión de 1 kg de R-134a es equivalente a la emisión de 1300 kg de CO<sub>2</sub>.

**\*\*\*Años de vida en la atmosfera:** no aparecen con los zeotropos ni con los azeótropos, debido a que estos refrigerantes están formados por dos o más gases, siendo el tiempo de vida en la atmosfera diferente de cada uno de los compuestos que forman la mezcla.

**Fuente:** 2002 Report of Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee. 2002 Assessment.

De acuerdo con cifras compiladas por el Centro de Análisis de Información de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), los Emiratos Árabes Unidos tienen las mayores emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, con 6.17 toneladas métricas de carbono. Le siguen Kuwait con 5.97; EE.UU con 5.4; Australia con 4.91.

Un acuerdo internacional, el Protocolo de Kyoto, compromete a los países industrializados a cumplir metas específicas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El Protocolo sufrió un gran golpe cuando EE.UU responsable de una cuarta parte de las emisiones globales, lo abandono en 2001. Sin embargo, Rusia decidió ratificarlo, lo que permitió su entrada en vigor.

Aunque muchos países ya han tomado medidas para reducir sus emisiones, se cree que las metas de Kyoto no son más que una fracción de las reducciones necesarias para frenar de forma significativa el calentamiento global.

### **3.2.1 El efecto invernadero, esencial para la vida.**

Una de las causas a las que se atribuyen los cambios de temperatura es a la intensificación del efecto invernadero, fenómeno natural esencial para el sostén de los seres vivos. Nuestro planeta absorbe el 70% de la energía solar que llega hasta el, con la cual se calienta el aire, el suelo y el mar; de no ser por este mecanismo, la temperatura media de la superficie rondaría los 18 °C bajo cero. Luego, la tierra se desprende de este calor liberándolo hacia el espacio en forma de radiación infrarroja, lo que evita el recalentamiento. Pero cuando los contaminantes alteran la composición de la atmosfera, escapa menos calor y se elevan las temperaturas.

Entre los gases que contribuyen al efecto invernadero figuran el dióxido de carbono, el óxido nítrico y el metano, así como el vapor de agua. La concentración de estos gases en la atmósfera se ha incrementado significativamente en los últimos doscientos cincuenta años con la revolución industrial y con el aumento en el consumo de combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo. A estos factores se añade la creciente población de los animales de granja, que en el proceso de digestión liberan metano y óxido nítrico. Algunos especialistas mencionan otras causas del calentamiento que, según ellos, son anteriores a la interferencia humana en el clima.

Quienes dudan que el calentamiento global sea inducido por el hombre sostienen que las temperaturas han experimentado grandes fluctuaciones en el pasado. Aluden a las llamadas glaciaciones, periodos durante las cuales la tierra supuestamente era mucho más fría que ahora. Y en apoyo de la teoría de un calentamiento natural, se remiten a las pruebas que indican que en regiones gélidas como Groenlandia, creció en un tiempo vegetación propia de climas cálidos. Por supuesto, los científicos admiten que cuando más se retrocede en el tiempo, más cuesta determinar con precisión las condiciones climáticas.

¿Qué pudo ocasionar cambios tan pronunciados en las temperaturas antes de que el hombre interviniera? Entre las posibles causas están las manchas y erupciones solares, que guardan relación con las fluctuaciones de energía. Además, la órbita terrestre se mueve en ciclos que duran muchos miles de años y que afectan la distancia del planeta con respecto al sol. Otros factores pudieron haber sido el polvo volcánico y los cambios en las corrientes oceánicas.

### **3.2.2 Modelos climáticos.**



¿Qué impacto tendrá en nosotros y en el medio ambiente el alza de temperaturas cualquiera que sea la causa? Es difícil predecirlo con certeza. Sin embargo, hoy los científicos disponen de poderosas computadoras con las que simulan el sistema climático. En sus modelos incorporan leyes físicas, datos sobre el clima y fenómenos naturales que inciden en este. Tales simulaciones permiten realizar experimentos que de otro modo serían imposibles, como modificar la intensidad de la energía solar para observar sus efectos sobre el hielo polar, las temperaturas del aire y del mar, los índices de evaporación, la presión atmosférica, la formación de nubes y los patrones de viento y las precipitaciones. También pueden crear erupciones volcánicas para estudiar los efectos del polvo volcánico en el tiempo atmosférico y examinar el impacto del crecimiento demográfico, la deforestación, la utilización del suelo, los cambios en la emisión de gases de efecto invernadero, etc. Los científicos confían en que sus modelos serán cada vez más precisos y fiables.

¿Cuál es el grado de precisión de los modelos actuales? Como es lógico, mucho depende de la exactitud y cantidad de datos que se introduzcan en las máquinas; de ahí que los pronósticos vayan desde moderados hasta catastróficos. Aún así, como destaca la revista Science, "el sistema climático podría darnos sorpresas". Y ya lo ha hecho; la inusitada rapidez del deshielo ártico ha dejado perplejo a los climatólogos.

Con todo, tener aunque solo sea una idea aproximada de las consecuencias de las acciones o inacciones del hombre, permitiría a los líderes mundiales trazar hoy políticas encaminadas a reducir los problemas de mañana. Con este objetivo en mente, el IPCC creó seis escenarios virtuales que iban desde la emisión ilimitada de gases de efecto invernadero hasta las restricciones más severas, pasando por los niveles de emisión actuales. Cada modelo arrojó resultados climáticos y ambientales distintos. A la luz de estos pronósticos, los analistas están instando a que se adopten medidas urgentes, como fijar límites obligatorios a las emisiones de combustibles fósiles, sancionar a los infractores,

fomentar el uso de energía nuclear y adoptar más tecnologías amigables con el medio ambiente.

### **3.2.3 Fiabilidad de los modelos.**

Los actuales métodos de predicción simplifican en exceso aquellos procesos climáticos que no se entienden bien y simplemente pasan por alto otros, argumentan los críticos, quienes también señalan las contradicciones de los pronósticos por computadora. Un científico que participo en los debates del IPCC comento: "A algunos, la tarea de medir y comprender el complejísimo sistema climático nos obliga a ser humildes, al grado de hacernos dudar de nuestra capacidad para entender por qué se comporta como lo hace".

Algunos creen que utilizar la duda para justificar la falta de acción es jugar con el futuro "¿Como se lo explicaremos a nuestros hijos?", preguntan. Independientemente de la precisión de los modelos climáticos, hay algo de lo que si estamos seguros, y es que la tierra se halla en graves apuros. Los sistemas que sostienen la vida están siendo atacados por la contaminación, la deforestación, la urbanización y la extinción de especies, por citar solo algunos factores que son innegables.

### **3.3 Catástrofes climáticas en 2007.**

En el año 2007 se vio un record en la cifra de catástrofes climáticas, las cuales motivaron catorce llamadas de emergencias por parte de la oficina de coordinación de asuntos humanitarios de la ONU, cuatro más que el anterior máximo, registrado en 2005. He aquí una muestra. Recuérdese, sin embargo, que los sucesos aislados no necesariamente indican una tendencia a largo plazo.

**Gran Bretaña.** Las peores inundaciones en más de sesenta años dejaron más de 350,000 damnificados. En Inglaterra y Gales, los meses de mayo y julio fueron los más lluviosos desde que se empezó a llevar registro en 1766.

**África Occidental.** Las inundaciones afectaron a 800,000 personas en catorce países.

**Lesoto.** Las altas temperaturas y la sequía arruinaron los cultivos, unas 553,000 personas necesitaron ayuda alimentaria.

**Sudán.** Alrededor de 150,000 personas perdieron sus casas debido a las lluvias torrenciales. Se enviaron socorros a por lo menos 500,000 personas.

**Madagascar.** Ciclones y lluvias torrenciales obligaron al desplazamiento de 33,000 isleños y arrasaron los cultivos de 260,000.

**Corea del norte.** Grandes inundaciones, derrumbes y aludes de barro perjudicaron a 960,000 personas.

**Bangladesh.** Las inundaciones afectaron a 8´500,000 personas y ocasionaron la muerte de más de 3,000, así como la de 1´250,000 animales de granja. Cerca de 1´500,000 viviendas sufrieron daño o fueron destruidas.

**India.** Las inundaciones dejaron 30´000,000 de damnificados.

**Pakistán.** Un saldo de 377,000 personas sin hogar y centenares de muertos dejaron las lluvias ciclónicas.

**Bolivia.** Más de 350,000 personas fueron afectadas por las inundaciones y 25,000 fueron desplazadas.

**México.** Al menos 500,000 personas perdieron sus casas y más de 1´000,000 se vieron perjudicadas por las inundaciones en diversas regiones.

**República Dominicana.** Torrenciales aguaceros ocasionaron inundaciones y corrimiento de tierra, dejando 650,000 desplazados.

**Estados Unidos.** Los incendios que asolaron la seca región del sur de California, obligaron al desplazamiento de 500,000 personas.

### **3.4 La capa de ozono.**

El ozono es una molécula con tres átomos de oxígeno ( $O_3$ ), uno más que el oxígeno que todos conocemos ( $O_2$ ); puede ser tóxico cuando se respira directamente y, de hecho, es una de las formas más comunes de contaminación de la tierra. El ozono fue descubierto por un científico llamado C.F. Schonbein durante sus observaciones de descargas eléctricas en 1839; pero no fue hasta después de 1850 que se determinó que se trataba de un constituyente atmosférico natural. Experimentos realizados en 1880 demostraron que el ozono absorbía fuertemente la radiación ultra violeta solar.

El ozono, es un gas que se encuentra de manera natural en la atmósfera de la tierra, absorbe radiaciones ultra violeta del sol de ciertas longitudes de onda. La concentración de ozono varía con la altura, alcanzando su máximo en la estratosfera, a unos 25-30 Km. De la superficie terrestre. Esta concentración de gases se conoce como la capa de ozono, y reduce la intensidad de las radiaciones ultravioleta del sol de determinadas longitudes de onda que llegan a la superficie de la tierra.

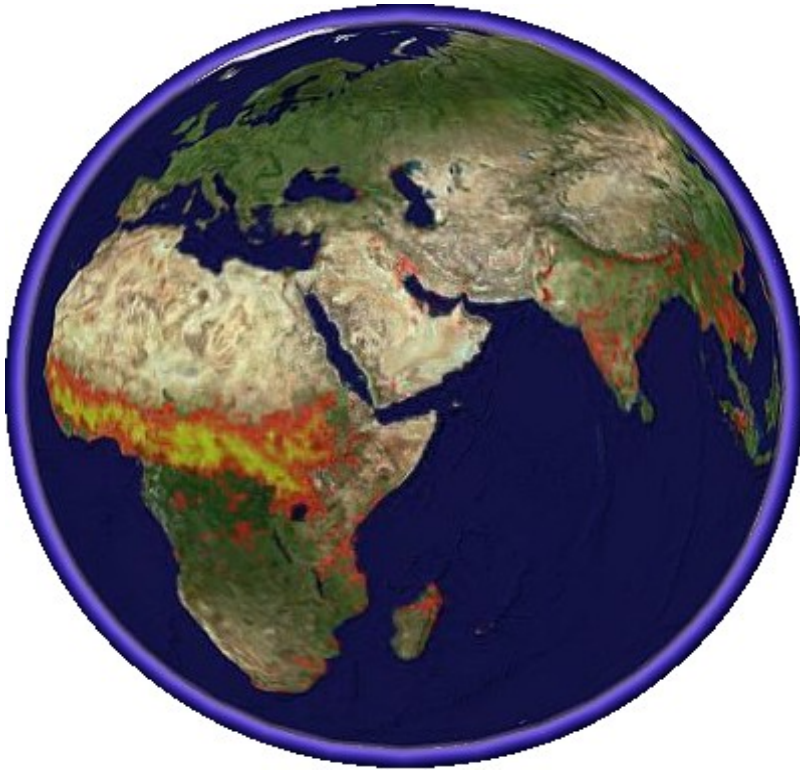


Figura 17. Muestra la capa de ozono que envuelve a la tierra.

Se ha demostrado que el agotamiento de la capa de ozono incrementa la llegada de radiación ultravioleta a la superficie terrestre afectando al hombre y a los ecosistemas. En el hombre puede causar cataratas en los ojos, cáncer de piel y debilitamiento del sistema inmunológico, la que aumenta los casos de enfermedades infecciosas. En las plantas se alteran los ciclos vegetativos, disminuyendo la cantidad y calidad de las cosechas. En los océanos muere el plancton que habita en las superficies, acabando así con el primer eslabón de la cadena alimenticia marina; una disminución de 16% en la capa de ozono causa una caída de producción mundial de pescado de más de seis millones de toneladas anuales. Por otro lado un aumento de la radiación ultravioleta en la superficie terrestre estimula la reactividad química entre los gases propios de la contaminación industrial, aumentando otros problemas ambientales con la lluvia ácida.

Este tipo de ozono, se produce por la acción reactivadora de la luz solar sobre compuestos orgánicos, tales como hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y azufre.

Estos compuestos provienen de la combustión de vehículos y de emanaciones industriales.

#### **3.4.1 Los CFC's, y la capa de ozono.**

En 1974, los destacados científicos Sherwood Rowland, Paul Crutzen y Mario Molina, científico mexicano este último, derivado de sus investigaciones, advirtieron el daño que estaba sufriendo la capa de ozono, la cual protege a nuestro planeta de los rayos ultravioleta provenientes del sol, debido a los gases emanados desde la tierra. Esta teoría permitió detectar el peligro inesperado causado por la emisión de clorofluorocarbonos, mejor conocidos como CFC's, los cuales son compuestos químicos muy estables y biológicamente inertes que resultan ideales para su uso en un sistema de refrigeración y aire acondicionado, entre otras utilidades industriales.

De no haber dado estos científicos la señal de alerta, el ecosistema terrestre hubiera sufrido un daño irreparable, ya que los CFC's, permanecen en la alta atmósfera (estratosfera) durante décadas enteras. Por otra aportación al mundo, estos tres investigadores recibieron el premio nobel de química en 1995.

Cada molécula de estos compuestos que escapan de algún sistema de refrigeración o de aire acondicionado tiene la capacidad de destruir miles de moléculas de ozono estratosférico, el cual absorbe una gran cantidad de rayos ultravioleta del sol. En la década de los años 80's investigadores de diferentes instituciones científicas organizaron expediciones a los lugares más afectados y confirmaron la hipótesis sobre la vulnerabilidad de la capa de ozono a la emisión de CFC's. Con todas estas evidencias, un grupo de naciones tomó la decisión de firmar el Protocolo de Montreal, acto que se llevó a cabo el 16 de septiembre de 1987, en Montreal Canadá, y cuyo objetivo es la regulación y reducción de la producción y consumo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO's). Actualmente el Protocolo de Montreal cuenta con 191 países

afiliados, y es considerado el acuerdo internacional más exitoso en la historia de la Organización Mundial de las Naciones Unidas (ONU).

### **3.4.2 Cronología del estudio de la capa de ozono.**

- 1839.- Descubrimiento del ozono por C.F. Schonbein.
- 860.- Comienza a medirse el ozono superficial en ciertos lugares.
- 1972.- Se trata el tema del ozono en California sobre el medio ambiente en Estocolmo y se crea el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente "PNUMA".
- 1974.- Sherwood Rowland y Mario Molina de la universidad de California en Berkeley, publican un artículo, sugiriendo que los CFC's podrían desempeñar un papel fundamental en la destrucción del ozono en la estratosfera.
- 1985.- Convenio en Viena: Se acuerda finalmente el marco general del convenio para la protección de la capa de ozono. Las naciones se ponen de acuerdo en principio para hacer frente a un problema ambiental global, antes de que los efectos se sintieran o fueran demostrados científicamente. Se acuerda el control de numerosas sustancias y también una investigación científica detallada.
- 1987.- Se firma el protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono y se llega a un acuerdo sobre medidas de reducción en su consumo.
- 1995.- La Academia Sueca de la Ciencia otorga el premio Nobel de Física y Química a Sherwood Rowland y Mario Molina por sus investigaciones sobre el agotamiento de la capa de ozono.
- 1996.- Últimos plazos de eliminación definidos por el producto.
- 2005.- reducción del 50% del consumo de los CFC's.
- 2007.- Reducción del 85% del consumo de los CFC's.
- 2010.- Se prevé eliminación definitiva de los CFC's.
-

### **3.4.3 Mecanismos de destrucción del ozono.**

La radiación solar puede descomponer muchos de los gases de la estratosfera que contienen cloro (Cl) y bromo (Br) pueden poner en marcha una reacción destructiva en cadena, perjudicando a otros gases de la estratosfera, incluyendo el ozono. Las moléculas de ozono se descomponen dando oxígeno y monóxido de cloro y de esta forma disminuye su concentración. Después de esta reacción queda libre un radical simple de cloro o de bromo, que puede dar lugar a otras 100,000 reacciones similares antes de ser finalmente expulsado de la estratosfera y pasa a la troposfera.

Durante los últimos decenios, se han liberado a la atmósfera CFC's en cantidades suficientes para perjudicar la capa de ozono. Las pérdidas más importantes de ozono atmosférico tienen lugar regularmente cada primavera sobre la Antártida, provocando aumentos sustanciales de los niveles de radiaciones ultravioleta en dicha zona. Un efecto similar pero más débil se ha detectado sobre el Ártico. Actualmente se tienen pruebas de que la concentración de ozono disminuye en varios tantos por ciento, en primavera y verano, en ambos hemisferios a latitudes medias y altas.

Así mismo, en invierno, también se reduce la concentración a dichas latitudes en el hemisferio sur. En general, se ha perjudicado más la capa de ozono durante los años 80 y 90 que en los 70.

El segundo impacto de un gas sobre el medio ambiente en su contribución al calentamiento del planeta. El potencial de calentamiento del planeta (GWP) está relacionado con la capacidad de dicho gas para absorber radiaciones infrarrojas. El GWP es una estimulación del calentamiento atmosférico resultante de la liberación de una unidad de masa de un gas, en relación con el calentamiento que resultaría de la liberación de la misma cantidad de dióxido de carbono. El calentamiento del planeta, a diferencia del agotamiento de la capa de ozono, no está contemplado por Protocolo de Montreal.



Es extremadamente difícil el estudio de la capa de ozono debido a su distancia de la tierra; y por las concentraciones en ozono varían enormemente debido a causas naturales; tales como las manchas solares y erupciones volcánicas.

### **3.5 Sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO's).**

En el Protocolo de Montreal están listadas y clasificadas las sustancias que agotan la capa de ozono, entre las que se encuentran los clorofluorocarbonos, halones, hidroclorofluorocarbonos y bromuro de metilo, utilizados como gases refrigerantes, propelentes de aerosoles, solventes industriales, sustancias extintoras de fuego, y la última utilizada como plaguicida. Estas son tres categorías más importantes que actualmente se utilizan en mayores cantidades, siendo asimismo, las más dañinas.

#### **¿Qué es una sustancia que agota la capa de ozono?**

Las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO's) están compuestas por elementos químicos que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de ozono de la estratosfera. Las SAO's son básicamente hidrocarburos clorados, fluorados o bromados.

- Clorofluorocarbonos (CFC's).
- Hidroclorofluorocarbonos (HCFC's).
- Halones.
- Hidrobromofluorocarbonos (HBFC's).
- Bromoclorometano.
- Metilcloroformo.
- Tetracloruro de carbono.
- Bromuro de metilo.

La habilidad de estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como Potencial de Agotamiento del Ozono (PAO) relativo al CFC-11, cuyo PAO por definición tiene el valor de 1.

<b>Anexo</b>	<b>Tipo de SAO</b>	<b>Nombre</b>	<b>PAO*</b>
Anexo A. Grupo 1.	Clorofluorocarbonos CFC	CFC-11	1.0
		CFC-12	1.0
		CFC-113	0.8
		CFC-114	1.0
		CFC-115	0.6
Anexo B. Grupo 2.	Clorofluorocarbonos CFC	CFC-13	1.0
		CFC-111	1.0
		CFC-112	1.0
		CFC-211	1.0
		CFC-212	1.0
		CFC-213	1.0
		CFC-214	1.0
		CFC-215	1.0
		CFC-216	1.0
CFC-217	1.0		
Anexo C. Grupo 3.	Hidroclorofluorocarbonos HCFC	HFCF-21	0.04
		HFCF-22	0.055
		HFCF-31	0.02
		HFCF-121	0.01-0.04
		HFCF-141b	0.11
		HFCF-142b	0.065

**PAO\*** Potencial de Agotamiento de Ozono.

Tabla 3. Principales Clorofluorocarbonos e Hidroclorofluorocarbonos controlados en el Protocolo de Montreal.

<b>SUSTANCIA</b>	<b>PAO</b>
CFC-11	1.0
CFC-12	1.0
Halon-1301	10.0
Tetracloruro de carbono	1.1

HCFC-22	0.055
HBFC-22B1	0.74
Bromoclorometano	0.12
Bromuro de metilo	0.6

Tabla 3. PAO de algunas SAO's.

En la mayoría de los países en desarrollo, el sector más grande que aún sigue empleando SAO's es el de mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, donde los CFC's y los HCFC's se usan como refrigerantes en los sistemas de refrigeración.

Las SAO's también se emplean como agentes espumantes en la fabricación de espumas, como solventes de limpieza en la industria de la electrónica, como propulsores en los productos de aerosol, como esterilizantes, como agentes para combatir el fuego, como fumigantes para controlar plagas y enfermedades y como materia prima.

Las SAO's se emplean como refrigerantes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en las bombas de calor. Los refrigerantes CFC's se están reemplazando gradualmente por refrigerantes que son menos nocivos para la capa de ozono.

- Refrigerantes HCFC (PAO y PCG > 0)
- Refrigerantes HFC (PAO = 0 y PCG > 0)
- Refrigerantes Hidrocarburos (PAO y PCG = 0)

Muchos refrigerantes domésticos emplean CFC-12. Los sistemas de refrigeración comercial que se usan para exhibir y almacenar alimentos frescos y congelados, pueden utilizar como refrigerantes R-12 y R502 (mezcla de CFC-115 y HCFC-22).

Muchos refrigerantes en uso actualmente contienen, carbono, flúor, cloro y en algunos casos hidrogeno. La excepción son el amoniaco y los HFC's (hidrofluorocarbonos).

La reducción de las sustancias que agotan la capa de ozono en la atmosfera se está realizando a través del cierre de la producción en los países industrializados, a partir de 1990 y mediante compromisos, también en países en desarrollo que tiene alta producción.

### **3.6 Agujero de ozono Antártico.**

En los años setenta, los científicos ya mencionados, descubrieron que las SAO's liberadas dañaban la capa de ozono. La concentración de ozono sobre la Antártida (Hemisferio Sur) disminuyo entre los años 70's y 90's hasta un 70%, comparadas con la concentración que normalmente se encuentra en dicho continente. Este fenómeno de gran escala se llama habitualmente agujero de ozono.

#### **Reseña del estudio del agujero de la capa de ozono.**

- 7 Septiembre 2008, el agujero de la capa de ozono se agranda.
- 16 Septiembre 2008 Nueva teoría predice que el agujero de la capa de ozono puede cubrir la Antártida en este mes.
- 20 Agosto 2008 WMO se publica el primer boletin del agujero de ozono.
- 17 Agosto 2008 boletin. El hombre y el agujero de ozono.
- 10 Junio 2008 el agujero de ozono y las nubes de hielo pueden afectar el clima.
- 2 Mayo 2008 Ártico, Antártico: los polos y la responsabilidad del clima..
- 24 April 2008 New ozone-measuring programme at Ushuaia.
- 24 Abril 2008 La estratosfera, una alerta sobre el daño a la capa de ozono.
- 24 Abril 2008 descubriendo como el agujero de ozono puede cambiar el clima del hemisferio sur.

- 7 Abril 2008 conflictos nucleares pueden crear nuevos agujeros de ozono.
- 8 Marzo 2008 el ozono estratosférico y las Corrientes de aire.
- 27 Enero 2008 descubrimiento del agujero de ozono y otras alertas globales.
- 1 Noviembre 2007 el agujero de ozono en la Antártida regresa a niveles normales.
- 3 Octubre 2007 -The "ozone hole" is not shrinking.

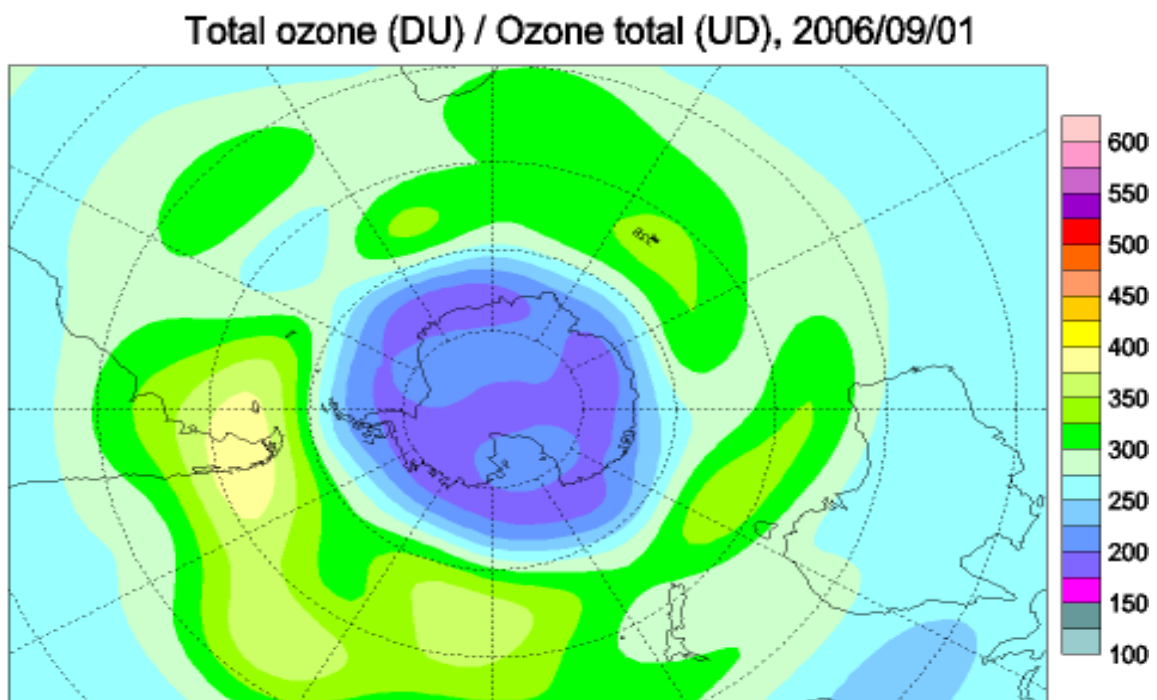


Figura 18. Muestra la capa de ozono en el hemisferio sur en 2006.

Durante aproximadamente un billón de años, las moléculas de ozono en la tierra han protegido la vida en la atmosfera terrestre de los efectos de los rayos ultravioletas.

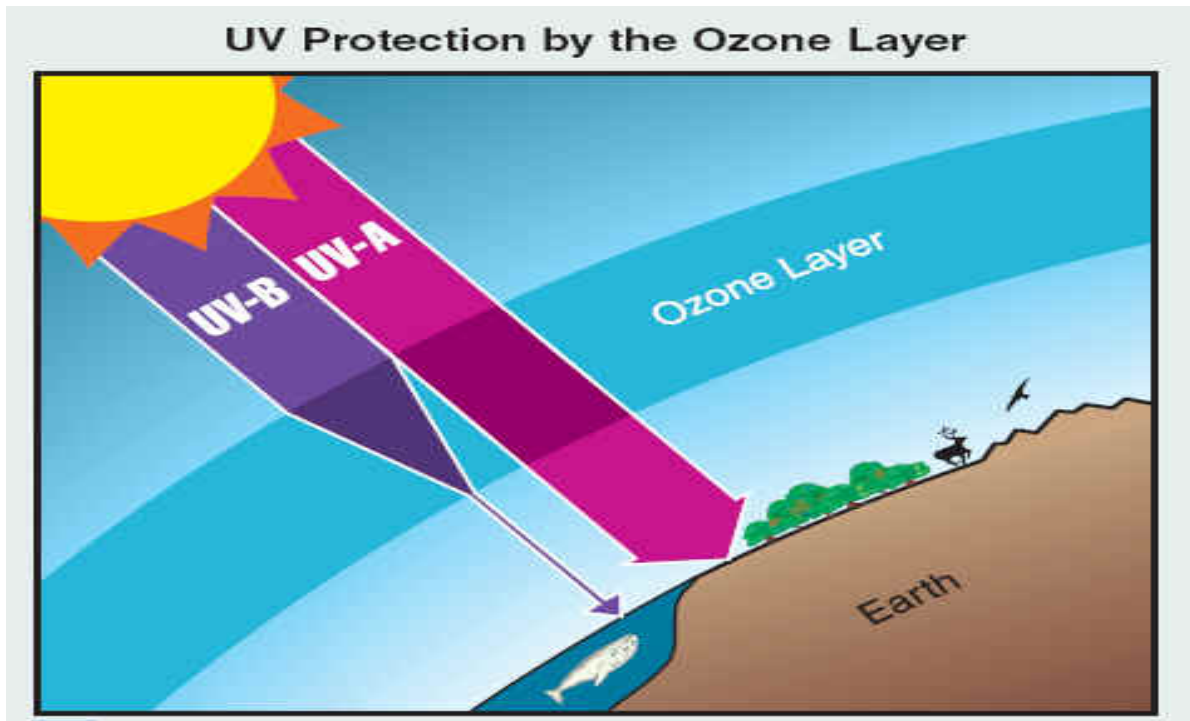


Figura 19. Muestra la capa de ozono protegiendo la vida de los rayos ultravioletas.

La capa de ozono reside en la estratosfera y nos protege de la radiación UV-B radiación (280- a 315- nanómetros (nm)) provenientes del sol y es parcialmente absorbida por esta capa. Como resultado de esto, la radiación UV-B que alcanza la superficie de la tierra es reducida a radiación UV-A (315- a 400-nm ). La exposición de los humanos a la radiación UV-B incrementa el cáncer de piel, cataratas y suprime el sistema inmunológico. También es en peligro para la vida vegetal, animal, y acuática.

En los últimos 60 años, la actividad humana ha contribuido al deterioro de la capa de ozono.

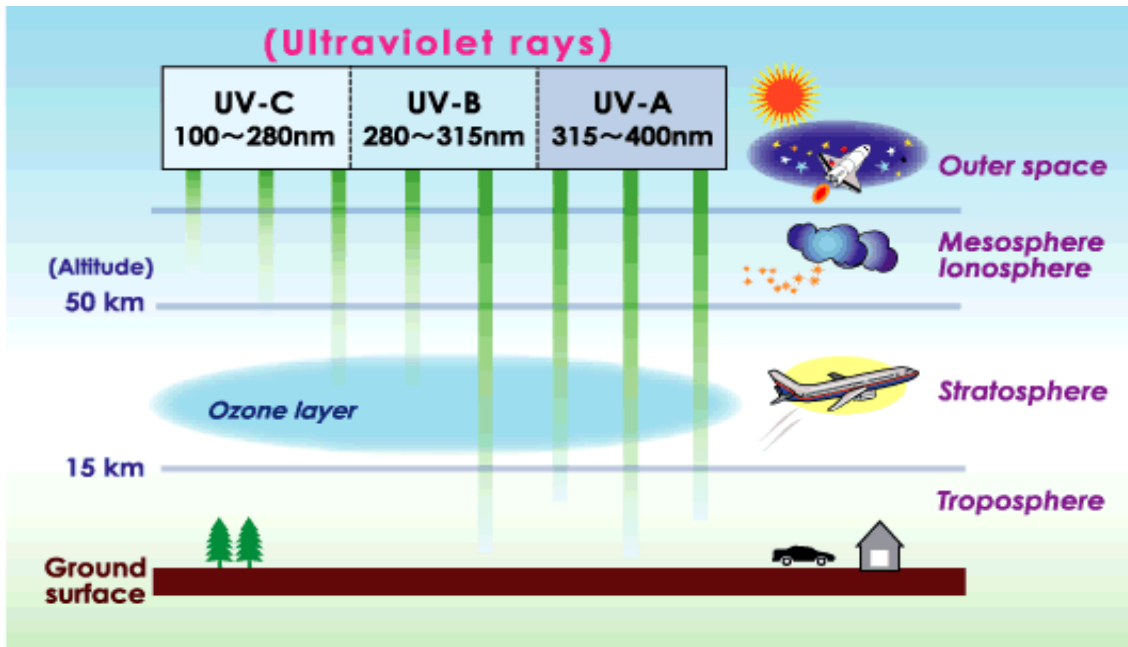


Figura 20. Muestra los rayos UV a diferentes alturas de la atmosfera. Credit:Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies Japan

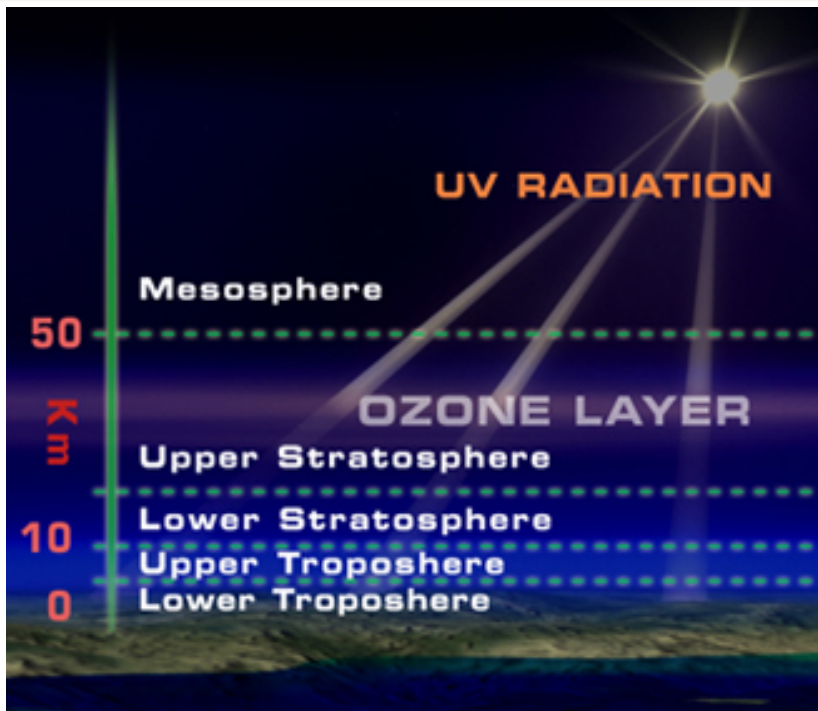


Figura 21.  
Muestra los rayos UV a diferentes alturas de la atmosfera.

Foto NASA

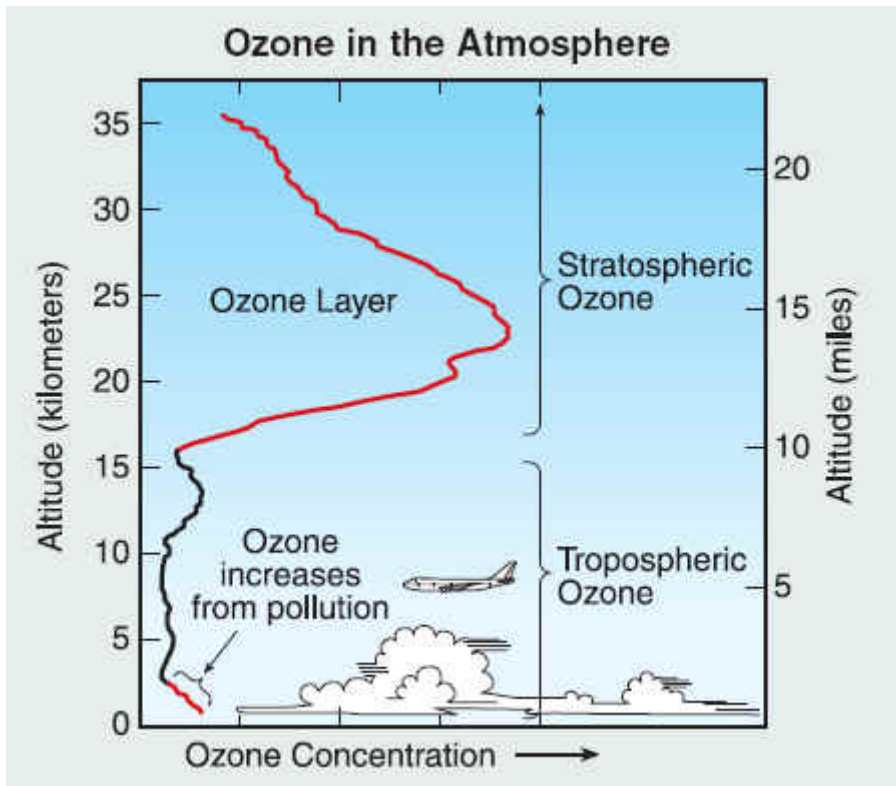


Figura 22.  
Muestra las concentraciones de ozono a diferentes alturas de la atmosfera.

Solo 10 o menos moléculas de ozono existen en el aire por cada millón. Lo mejor de esas moléculas de ozono es que se encuentran en a una altura entre 10 y 40 kilómetros (6 y 25 millas) sobre la superficie, en la estratosfera.

Cada verano en la estratosfera sobre la zona antártica (el verano en el sur es de septiembre a noviembre) el ozono atmosférico es destruido rápidamente por procesos químicos.

Como en el invierno se desarrollan grandes vientos alrededor del polo y de la estratosfera se alcanzan temperaturas alrededor de  $-78^{\circ}\text{C}$  ( $-109^{\circ}\text{F}$ ), estas forman nubes de hielo, de ácido nítrico ácido sulfúrico y mas mezclas. Las reacciones químicas en la superficie de las nubes de hielo activan las formas de los CFC's. la destrucción del ozono empieza y aparece el agujero. En aproximadamente de dos a tres meses, el 50% del total de la capa de ozono en la atmosfera, desaparece. En verano la temperatura empieza a fundir las nubes de hielo y la capa de ozono se recupera.



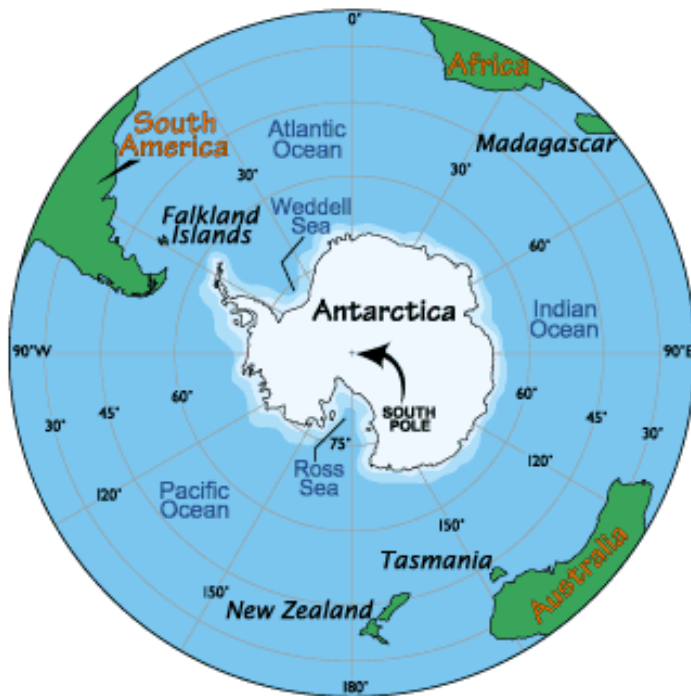


Figura 22. Muestra la ubicación del ozono antártico, polo sur.



Figura 24. Muestra a los científicos que descubrieron el agujero de la capa de ozono antártico, polo sur.

El agujero antártico de ozono fue descubierto en 1985 por los científicos británicos Joseph Farman, Brian Gardiner, y Jonathan Shanklin of the British Antarctic Survey.

El agujero de ozono es realmente una reducción de concentración de ozono sobre la estratosfera. El agujero de ozono es definido geográficamente como el área donde el contenido total de ozono es menor a 220 unidades Dobson. El

agujero de ozono ha ido creciendo en un tamaño de 27 millones cuadrados de kilómetros y disminuye su tamaño de Agosto a Diciembre.

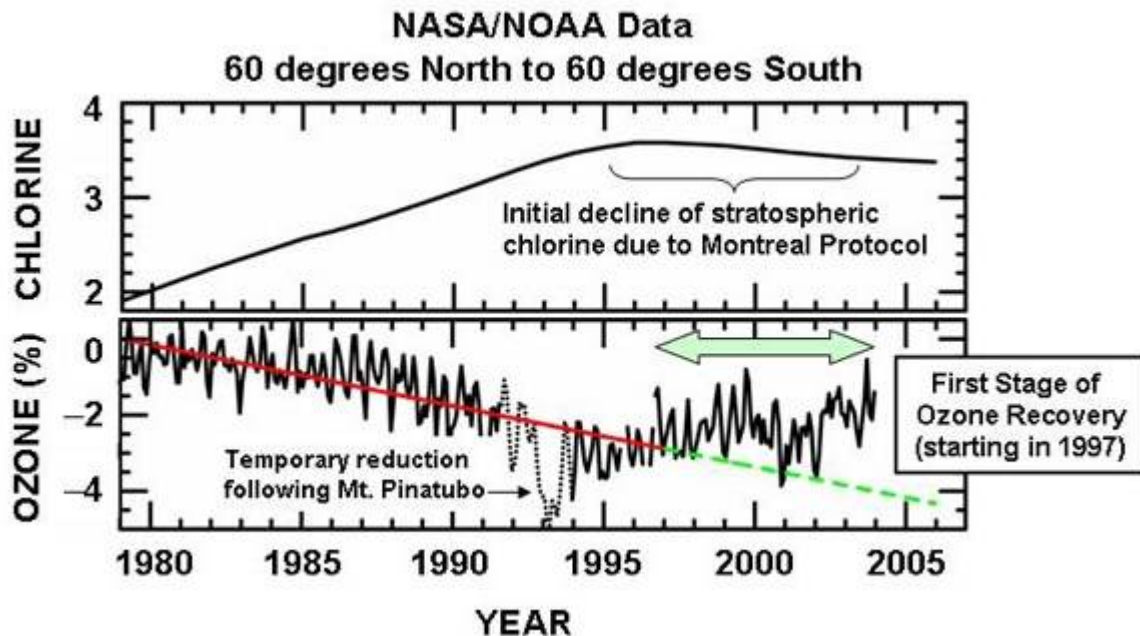


Figura 25. Muestra un estudio de la NASA/NOAA sobre el comportamiento del ozono en la estratosfera.

La figura anterior muestra los datos procesados por el satélite de la NASA/NOAA correspondiente a la capa de ozono desde 1979 a 1997.

El satélite de observación nos muestra una total disminución de concentración de ozono en las últimas dos décadas. La grafica de abajo compara los valores promedio anuales con el promedio del periodo de 1964 hasta 1980. Las estaciones y el efecto solar han removido los datos previstos, sobre el promedio de descenso de cada año entre 1980 a 1990. El decremento durante unos pequeños años fue cuando la actividad volcánica del Pitanubo en 1991 se escapo hacia la estratosfera. Ahora la zona global del ozono es del 4% por debajo del promedio de 1964 a 1980.

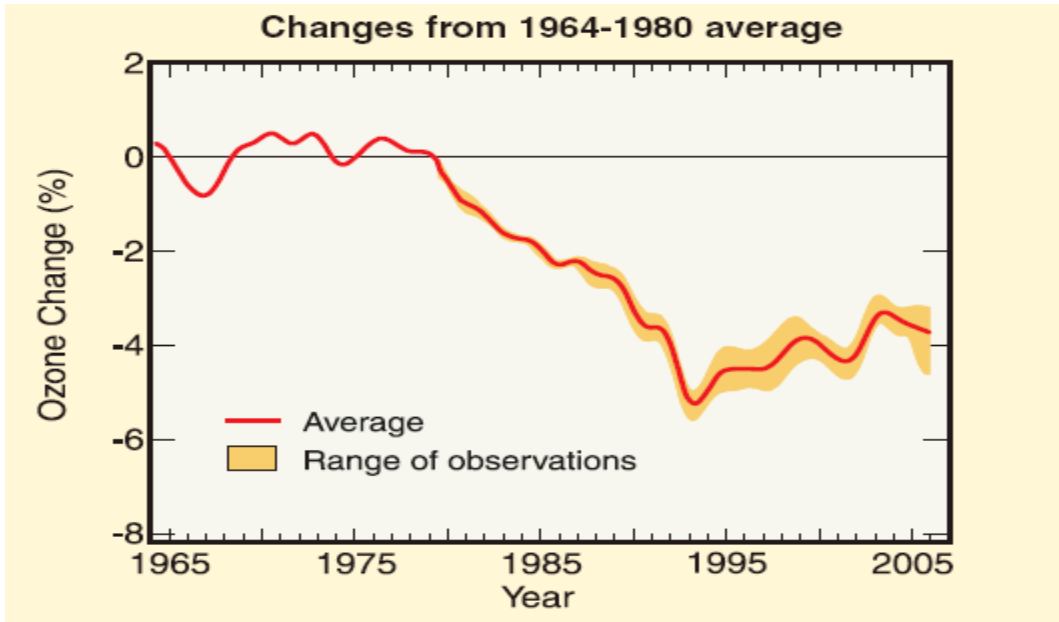


Figura 26. Muestra el porcentaje de ozono del satélite de la NASA/NOAA sobre el comportamiento del ozono en la estratosfera.

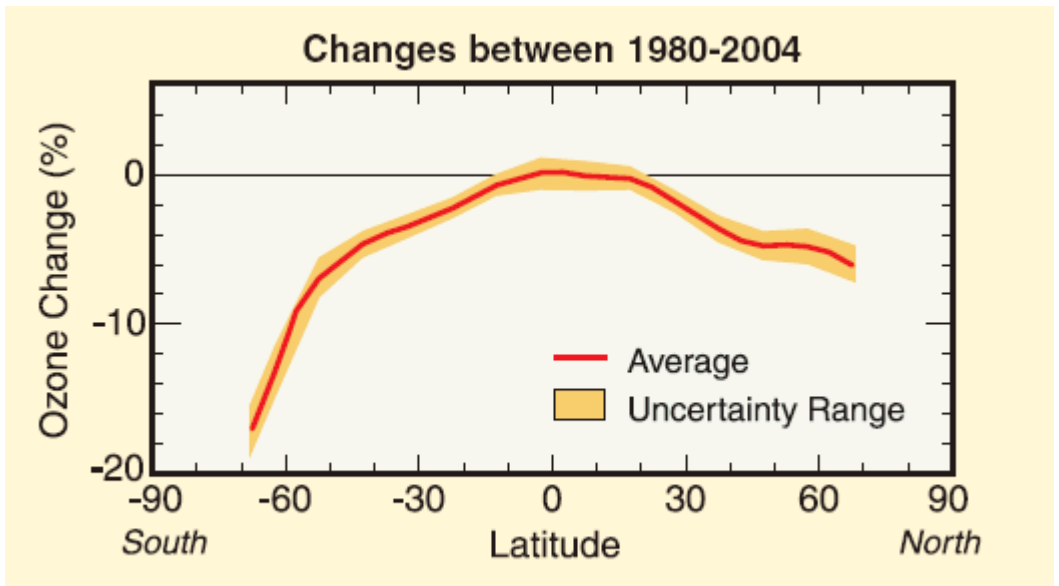


Figura 27. Muestra el cambio del porcentaje de ozono entre 1980 y 2004.

La grafica de arriba compara las zonas de cambio entre 1980 y 2004 para diferentes latitudes. El más grande decremento a ocurrido en las latitudes altas en ambos hemisferios por que el verano y el invierno son muy largos en las

zonas polares. La pérdida en el hemisferio sur es más grande que en el norte por el agujero de ozono. En la zona de los trópicos es menor por que la reactivación de los gases halógenos son menos abundantes en la estratosfera tropical.

### **3.7 Agujero de ozono Ártico.**

Observaciones recientes muestran que las condiciones de la parte superior de la atmosfera, en el Hemisferio Norte, se están asemejando a las de la Antártida. La pérdida misma de ozono y el efecto invernadero están haciendo que la parte superior de la atmosfera se enfríe, lo que facilita la destrucción de la capa de ozono. Esto podría dar como resultado la formación de un "Agujero de ozono ártico" o un "evento de bajo ozono" en los próximos veinte años.

La diferencia alarmante es que existen más de 700 millones de personas, animales y fauna que viven en el área expuesta a esta radiación creciente de UV-B. Un "evento de bajo ozono" en el Ártico podría ser trasladado fácilmente hacia el sur por los vientos que se producen a gran altura, y aparecer sobre áreas pobladas de los Estados Unidos, Canadá, Europa y Asia.

El equilibrio dinámico entre la creación y la descomposición de las moléculas de ozono depende de la temperatura, la presión, las condiciones energéticas, y la concentración de las moléculas. El equilibrio se puede perturbar por ejemplo, por la reacción de otras moléculas con las moléculas de ozono, produciendo la consecuente destrucción de estas últimas. Si este proceso de destrucción es rápido y la creación de nuevas moléculas de ozono es demasiado lento, como para reponer las moléculas destruidas, se perderá el equilibrio. Como resultado disminuirá la concentración de las moléculas de ozono.



Figura 28. Agujero de ozono en el Ártico.

En el marco del Protocolo de Montreal se identificó un número de Sustancias que Agotan la Capa de Ozono (SAO's). El poder destructivo de estas sustancias es enorme por que reaccionan con las moléculas de ozono en una reacción fotoquímica en cadena. Una vez destruida una molécula de ozono, la SAO está disponible para destruir a más.

La duración de vida de una SAO puede extenderse entre los 100 y los 400 años. Dependiendo del tipo de SAO. Por consiguiente, una molécula de SAO puede destruir cientos de miles de moléculas de ozono.

### **¿Cuándo se va a recuperar el ozono?**

No existen previsiones exactas de cuándo se recuperará la capa de ozono. Los científicos presumen que la concentración de las moléculas de ozono en la estratosfera va a alcanzar niveles normales a mediados de este siglo, si todas las partes del Protocolo de Montreal y sus enmiendas cumplen con las obligaciones de eliminación. Esto se debe, a la larga vida de las SAO's y al tipo de reacción en cadena que destruye las moléculas de ozono.

Se anticipa que las incidencias de cáncer de piel y de cataratas demorarán en disminuir hacia niveles normales de 20 a 50 años, es decir, hacia finales de

siglo. Independientemente del tipo de piel, las personas, para evitar daños en la salud, deberán de aplicarse una protección efectiva para piel y ojos. Esto es especialmente importante para bebés y niños.

Es posible que los efectos del calentamiento global de la atmosfera retarden el proceso de recuperación de la capa de ozono. Por lo tanto, se debe prestar atención también en las emisiones de gases de efecto invernadero. Las investigaciones recientes sugieren que el hielo que se está derritiendo en la Antártida va a liberar cantidades significativas de SAO's y de gases de efecto invernadero.

Hace veinte años, la comunidad mundial no tenía conciencia del agotamiento de la capa de ozono estratosférica, ni de los efectos negativos que eso provocaría en la salud de los seres humanos y el medio ambiente.

Hoy la importancia de la protección de la capa de ozono es reconocida en todo el mundo, tanto en los países desarrollados como los que están en vías de desarrollo, y como antes se menciono, son alrededor de 189 las naciones que han ratificado el Protocolo de Montreal.

**UNIDAD IV**

**CONVENIOS MUNDIALES**

#### **4.1 Protocolo de Kyoto.**

Introducción: El cambio climático que ha experimentado la Tierra durante las últimas décadas ha sido en gran parte un efecto de las actividades humanas, especialmente aquellas que tienen relación con el aumento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEIs). A raíz de los efectos de este cambio climático se creó en 1992, un instrumento internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), que trata este tema. En 1998 se realizó la tercera conferencia del CMCC donde se crean compromisos específicos de reducción y limitación de GEIs, para países desarrollados y con economías en transición. Dichos acuerdos conforman el Protocolo de Kyoto (PK), que tiene la cualidad de cuantificar los compromisos de los países que están suscritos a este acuerdo.

Para ayudar a cumplir los compromisos cuantificados de reducción de emisiones, el Protocolo de Kyoto define un mecanismo de flexibilidad, llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El sistema consiste en que los países no incluidos en los compromisos de reducción, reduzcan sus emisiones y los certificados de reducción de emisiones puedan ser utilizados por estos países.

#### **4.2 Cronología del protocolo de Kyoto.**

El acuerdo sobre el cambio climático se firmó en 1997 y, a pesar del desmarque de Estados Unidos en 2001, entrará en vigor el 16 de febrero de este año

- Agosto 1990. Primer informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático como base para la negociación del Convenio Marco de las Naciones sobre el Cambio Climático. Los datos indican aumentos de la temperatura media de la Tierra de 0,3 grados por década si se mantienen los niveles de emisión de los gases que contribuyen al efecto invernadero.



- Febrero 1991. El Consejo autoriza la participación de la Comisión en la negociación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
- 9 mayo 1992. Se adopta el Convenio Marco de la ONU sobre el cambio climático en la sede de la ONU en Nueva York.
- junio 1992. Cumbre de Río de Janeiro. 180 países se comprometieron bajo el Tratado sobre Cambios Climáticos a tomar medidas para mitigar los efectos del cambio climático debido a las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero. Se pone la primera piedra para atajar las consecuencias del cambio climático.
- 21 marzo 1994. El Convenio entra en vigor bajo las conclusiones tomadas en la Cumbre de Río de Janeiro.
- Marzo 1995. En la reunión de Berlín se avanzó en la declaración de intenciones para combatir el problema. 160 países firmaron documento que establecía la voluntad de reducir los gases causantes del efecto invernadero, pero sin establecer compromisos. Los países decidieron que las obligaciones de los países industrializados no eran las adecuadas y decidieron reunirse de nuevo para fortalecerlas.
- 11 diciembre 1997. Se firma el Protocolo de Kioto. El gran avance. Se logró un acuerdo para conseguir durante el período 2008-2012 la reducción en un 5,2%, con respecto a 1990, de las emisiones de los seis gases, entre ellos el dióxido de carbono, el metano y el anhídrido carbónico, que más potencian el efecto invernadero. III Conferencia de las Partes del Convenio Marco sobre Cambio Climático, que agrupó a representantes de 125 países. Hasta aquí no se alcanzan compromisos concretos ni un calendario de actuaciones. La Unión Europea se comprometió a reducir un 8% la emisión y EEUU un 7%.
- 29 abril 1998. La Comunidad Europea firma el Protocolo.
- 25 noviembre 2000. Cumbre de la Haya. IV Conferencia de las partes del Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, en la Haya. Participaron 184 países. Europa y Estados Unidos rompieron su

diálogo, al subrayar sus discrepancias sobre cómo determinar los métodos de reducción de la emisión de gases contaminantes. Al no llegarse a un acuerdo, las negociaciones se aplazan hasta Bonn.

- 23 julio 2001. 178 países firman el Acuerdo de Bonn, abriendo una puerta para completar los detalles legales del Protocolo de Kioto, a pesar de que en el intermedio EE UU se desmarca y Bush decide no ratificarlo. El acuerdo recibió un impulso definitivo al reducir la UE sus exigencias y atraer así a Japón, Australia y Canadá.
- 10 noviembre 2001. Los gobiernos finalizan los detalles legales y de funcionamiento del Protocolo en Marrakech, abriendo una puerta hacia la ratificación. Se logra el resurgir de un acuerdo internacional duramente comprometido por el fracaso de la cumbre de La Haya, hace un año, y el abandono de EE UU pocos meses después.
- 1 febrero 2002. El Gobierno español da luz verde al Protocolo de Kioto sin tener un plan para cumplirlo.
- 30 mayo 2002. La UE ratifica el Protocolo de Kioto. Gracias a la ratificación simultánea de los quince países miembros de la UE, el número de Estados parte del texto internacional se sitúa en 69, superando ya por lo tanto los 55 necesarios para su entrada en vigor.
- 26 agosto-4 septiembre 2002. Un centenar de jefes de Estado y de Gobierno se reúnen en Johannesburgo (Sudáfrica) en la II Cumbre de la ONU sobre el desarrollo sostenible La Convención de Cambio Climático, con su Protocolo de Kioto sobre reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento del planeta, llega a Johannesburgo sin el protocolo en vigor debido al retraso en los trámites de ratificación de algunos países que ya han comprometido su apoyo.
- Septiembre 2004. El Gobierno español aprueba el Plan Nacional de Asignación de Derechos de emisiones de gases de efecto invernadero. El plan, que básicamente regula los derechos de emisión de las empresas durante al periodo 2005-2007, es de contención y establece una estabilización de las emisiones globales. El grueso de la reducción de los

gases que causan el cambio climático se deja en manos de un futuro plan para el periodo 2008-2012, fecha en la que las emisiones no deberían sobrepasar en un 24% las del año 1990.

- 30 Septiembre 2004. Rusia ratifica el Protocolo de Kioto. La adhesión de Rusia al tratado era imprescindible para que el acuerdo (ratificado por 126 países) adquiriese validez legal, tras la retirada en 2001 de Estados Unidos, el mayor emisor mundial de gases de efecto invernadero.
- 16 febrero 2005. Entra en vigor el Protocolo de Kioto.

#### **4.3 Actualidades del protocolo de Kyoto.**

El Protocolo firmado en 1997 en la ciudad japonesa de Kioto, es el tratado medio ambiental más ambicioso de mundo, entra en vigor el 16 de febrero de 2005, después de ocho años de pasos adelante y abandonos. De las deserciones de países la más sonada y sangrante es la de EE.UU. el mayor contaminador del planeta, responsable de una cuarta parte del total del emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y los otros cinco gases de efecto invernadero, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonados, perfluorocarbonados y hexafloruro de azufre.

En la actualidad lo han firmado más de 140 países, y ratificado 128. La reciente adhesión de Rusia al tratado hizo posible su entrada en vigor. Se cumplía así el requisito clave, que se vincularan a él al menos 55 países cuyas emisiones sumaran el 55% del total mundial. Además de EE.UU., sigue fuera del acuerdo Australia entre los países más ricos. El protocolo compromete a los países industrializados a rebajar al menos el 5,2% de sus vertidos atmosféricos contaminantes. Entre las naciones en vías de desarrollo, incluso algunas economías emergentes de la potencia de China, India o Brasil, no están obligadas a recortar sus emisiones al menos en su primera fase de aplicación. En años 2008 y 2012 en relación al año base marcado como referencia, 1990.

El tratado fija para la Europa comunitaria una reducción conjunta del 8% respecto al nivel de 1990. Es la llamada burbuja comunitaria, que establece algunas excepciones. Portugal, Grecia, España, Irlanda y Suecia están autorizados a incrementar sus emisiones debidas sobre todo a un cierto retraso industrial respecto de la media comunitaria en el año base (1990).

Con un aumento del 45% en sus emisiones, el triple de lo que le permite el acuerdo (+15%), España es el país firmante con mayor grado de incumplimiento de las obligaciones adquiridas en Kioto. La entrada en vigor del protocolo activará la puesta en marcha del mercado internacional de compraventa de derechos de emisión entre países. El tratado establece además unos mecanismos de flexibilidad, los llamados Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), para ayudar a los países afectados por el recorte a cumplir los objetivos marcados. Podrán descontarse emisiones por labores forestales y agrícolas, y por los llamados sumideros de carbono (bosques y selvas); también, por invertir en la implantación de energías limpias y renovables en países en vías de desarrollo.

#### **4.4 El caso de Estados Unidos.**

Casi 13 años después de que la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 pidiera una estrategia global para los desafíos medioambientales del mundo, hoy entra en vigor en 141 países uno de los instrumentos básicos de esta estrategia: el Protocolo de Kioto, que tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que están provocando en la Tierra el cambio climático. El Protocolo de Kioto obliga a sus firmantes a reducir, entre los años 2008 y 2012, en un 5,2% respecto a los niveles de 1990 las emisiones a la atmósfera de los gases que provocan el efecto invernadero: el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, el hidrofluorcarbono, el perfluorocarbono y el hexafluorocarbono de azufre. Los expertos vaticinan que reduciendo la emisión de estos gases quedará

controlado, al menos en parte, el impacto del agente más directamente implicado en el calentamiento global del planeta.

Un calentamiento que, según los expertos, ya está teniendo efectos muy negativos en la Tierra, y que empeora con el paso de los años, mientras los gases siguen contaminando la atmósfera. Los glaciares se deshielan, hay animales que cambian de hábitos, aumentan las sequías, los huracanes... Una situación que, según la ONU, es "urgente y prioritaria".

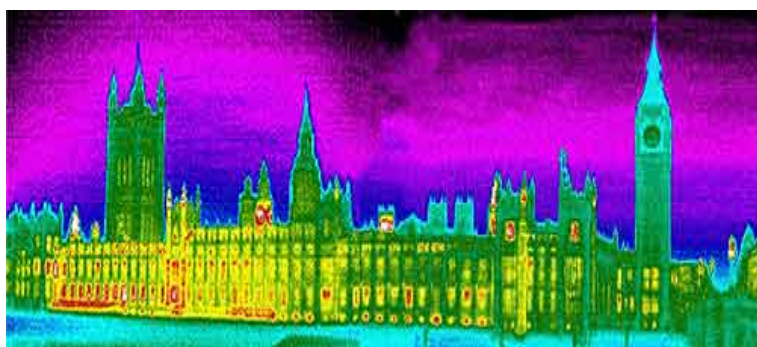


Figura 29. Ciudad de Londres con gases contaminantes.

Los gases contaminantes se acumulan en multitud de ciudades, entre otras Londres. (Foto: EFE)

Sin embargo, el éxito del Protocolo será relativo, puesto que Estados Unidos - país que emite casi el 25% de los gases contaminantes del planeta- persiste en la negativa a ratificarlo. Entre los que sí se someterán a los dictados de Kioto están los 25 miembros de la UE, China y Rusia, cuya adhesión el pasado mes de noviembre desencadenó la entrada en vigor del protocolo. Otros países en desarrollo, como La India o China, no están obligados a reducir emisiones, pero se han comprometido con el Protocolo.

Según Kioto, cada uno de los países firmantes debe alcanzar un objetivo distinto. A la UE le corresponde una reducción del 8% -a los 15 países miembros antes del 1 de mayo de 2004- y, según el reparto interno de cuotas entre los socios, España puede aumentar sus emisiones un 15% respecto lo

que emitía en el año 1990. Pero los números están muy lejos de la realidad. En la actualidad, nuestro país supera ya en un 40% las emisiones que producía hace 15 años y el propio Ministerio de Medio Ambiente ha advertido de las graves consecuencias que tendrá el cambio climático en la Península.

Una de las características más criticadas de este Protocolo es que los países pueden comprar o vender su cuota de emisión de gases, lo que les permitirá vender sus excedentes si consiguen reducir más de lo que tienen comprometido, o comprar a terceros emisiones si los sobrepasan.

#### **4.5 Obstáculos del protocolo de Kyoto.**

Para llegar hasta aquí, el Protocolo, negociado en 1997 en la ciudad japonesa de Kioto, ha tropezado con numerosos obstáculos, el más grande en la primavera de 2001, cuando el nuevo presidente de Estados Unidos, George W. Bush, anunció que su país no ratificaría el instrumento por el bien de la competitividad de sus empresas. A ello se sumó la accidentada decena de 'Conferencias de las Partes' donde los países debieron acordar reglas concretas para reducir efectivamente las emisiones de gases, y el varapalo australiano, que anunció que tampoco ratificaría el compromiso. Ello dejaba la viabilidad de Kioto en manos de Rusia, puesto que el propio Protocolo señalaba que sólo entraría en vigor una vez ratificado por 55 países que supongan el 55% de las emisiones contaminantes. Tras muchas dudas y no pocos amagos -y tras un intenso trabajo de 'lobby' por parte de la UE- Rusia ratificó el Protocolo el 18 de noviembre de 2004. Noventa días después, es decir, hoy, el complejo instrumento entra en vigor. No obstante, como ha advertido la propia UE, el nacimiento de Kioto es sólo el primer paso y su entrada en vigor no garantiza su cumplimiento. Entre los grandes retos, los gigantes como China o India, que han ratificado el Protocolo pero que de momento, como países emergentes, no están obligados a reducir emisiones y pueden seguir aumentándolas en línea con su desarrollo económico.

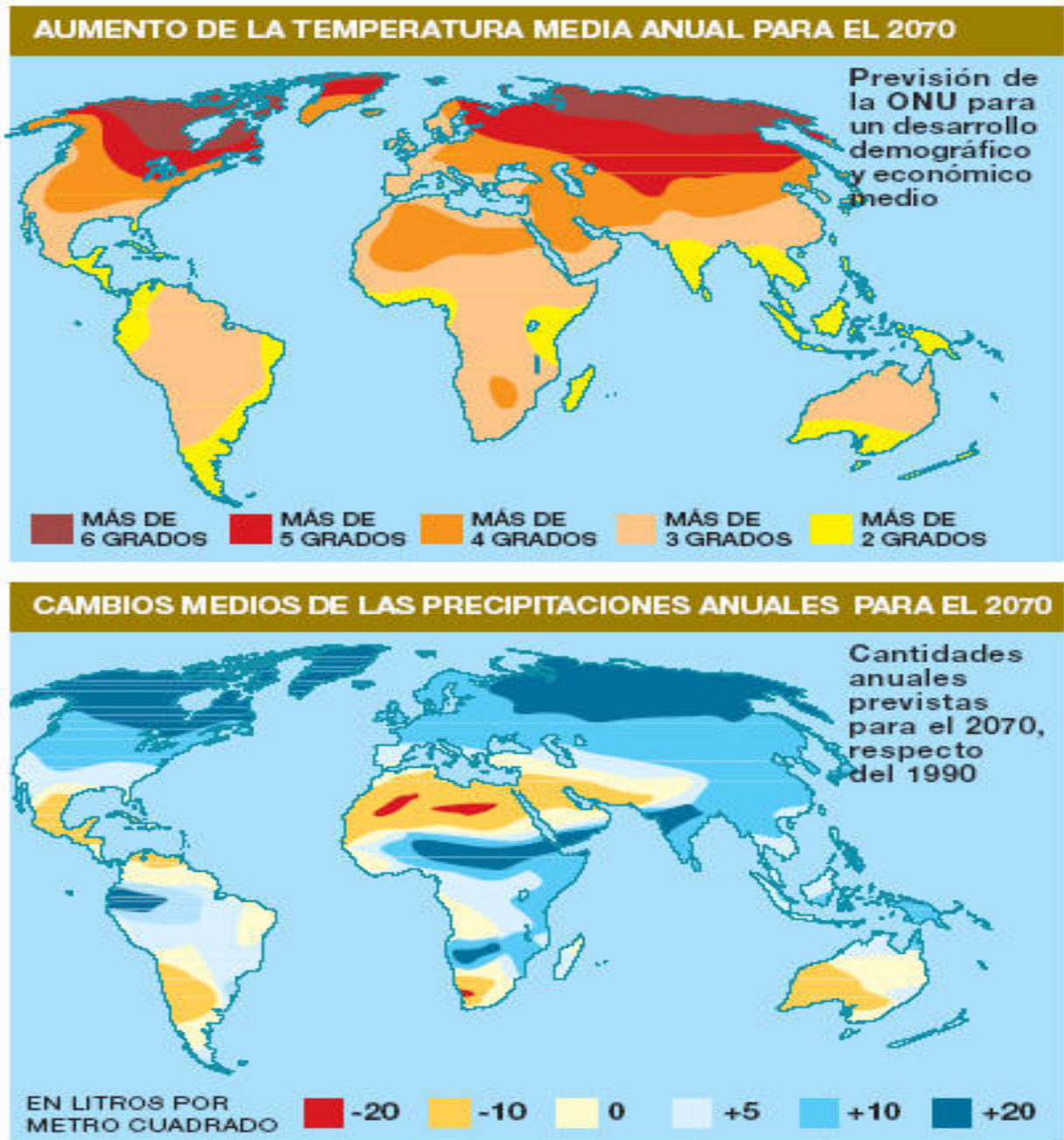


Figura 30. Protesta por la decisión de Estados Unidos acerca de los gases contaminantes.

EEUU se ha negado a firmar el protocolo, pese a todas las presiones. (Foto: AP)



Figura 31. Imagen donde se puede observar el enorme trozo de hielo de 41 km. De la plataforma Wilkins que se está fragmentándose en la Antártida. A causa del calentamiento global.



Fuente: Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC-ONU) y elaboración propia

Figura 32. Imagen donde se puede observar los pronósticos de la variación de temperaturas en el mundo. A causa del calentamiento global.

#### 4.6 Protocolo de Montreal





Figura 33. Imagen donde se puede observar el encuentro del 20 aniversario del Protocolo de Montreal el 16 de Septiembre del 2007. Donde hubo representantes de 191 naciones



Figura 34. Marco Gonzales en el encuentro del 20 aniversario del Protocolo de Montreal el 16 de Septiembre del 2007.

En un planeta donde cuesta ponerse de acuerdo para actuar en favor del ambiente, el Protocolo de Montreal podría convertirse en un convenio emblemático cuyo cumplimiento ayudaría a resolver un problema de los tiempos modernos: el deterioro de la capa de ozono.

El Protocolo de Montreal fue suscrito en 1987 y en la actualidad unas 180 naciones se han comprometido a cumplir con sus metas de reducción en la producción de gases CFC (clorofluorocarbón), halones y bromuro de metilo, cuya presencia en la atmósfera es considerada la principal causa del adelgazamiento en la capa de ozono. En coincidencia con el Día Mundial de la Preservación de la Capa de Ozono el 16 de septiembre, el 2002 fueron divulgadas las conclusiones preliminares de una evaluación científica sobre este problema. Los especialistas dijeron que el Protocolo de Montreal se ha cumplido, y que en los próximos años la capa de ozono podría recuperarse, pero también advirtieron que será necesario continuar honrando los acuerdos internacionales para mantener esa tendencia.

El problema comenzó a ser conocido por la opinión pública a comienzos de los años 80, y en 1983 fue suscrito el Convenio de Viena, el primer instrumento destinado a generar acciones para la preservación del ozono. Pero en ese entonces el tema aún no era prioritario: apenas 20 países participaron. Con los años el problema del hueco o agujero de ozono fue divulgado ampliamente: el adelgazamiento de la capa de ozono impediría el filtro adecuado de los rayos ultravioleta, lo cual a su vez podría causar problemas para la vida en el planeta.

El Protocolo de Montreal entró en vigencia en 1989, cuando 29 naciones más la Unión Europea, productores de 89 por ciento de las sustancias nocivas para la capa de ozono, lo habían ratificado. En este momento uno de los temas clave es la participación de los países en desarrollo en el cumplimiento de las metas

de Protocolo de Montreal, que plantea dejar de utilizar productos nocivos para el ozono. La meta es lograrlo para el 2010.

Además de una Secretaría del Ozono del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el Protocolo ha generado otras instancias, como un Fondo Multilateral destinado a ayudar a los países en desarrollo al reemplazo tecnológico requerido para dejar de usar productos que dañan la capa de ozono. El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Banco Mundial, tienen proyectos que apuntan en la misma dirección: hacia el cumplimiento de lo dispuesto en el Protocolo de Montreal.

#### **4.7 Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.**

En 1981 el Consejo de Administración estableció un grupo de trabajo para preparar un convenio marco mundial para la protección de la capa de ozono. Su objetivo era lograr un tratado general para hacer frente al agotamiento de la capa de ozono. Primeramente, un tratado general resuelto en principio para abordar un problema; posteriormente las Partes se dispusieron a llevar a cabo la tarea más difícil de convenir protocolos en los que se establecieran controles específicos.

Incluso el primer paso, relativamente fácil, resultó ser extraordinariamente difícil. El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, acordado finalmente en Viena en 1985, parece ser irreprochable. Las naciones convinieron en adoptar "medidas apropiadas... para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que modifiquen o puedan modificar la capa de ozono;" pero las medidas no se especifican. No se hace mención a sustancias que podrían dañar la capa de ozono, y los CFC solamente aparecen hacia el final del anexo al tratado, donde se mencionan como productos químicos que se deben vigilar. El principal cometido del Convenio era alentar la investigación, la cooperación entre los países y el intercambio de información.

Aún así, tardó cuatro años prepararlo y acordarlo. Veinte naciones lo firmaron en Viena, pero la mayoría no tuvo prisa para ratificarlo. En el Convenio se estipulan futuros protocolos y se determinan procedimientos de enmienda y de solución de controversias.

A pesar de todas sus complicaciones y controversias al parecer infinitas, el Convenio de Viena sentó un importante precedente. Por primera vez las naciones convinieron en principio hacer frente a un problema ambiental mundial antes de que sus efectos se hiciesen patentes, o incluso se demostrasen científicamente.

A medida que los expertos comenzaron a explorar la adopción de medidas concretas, en mayo de 1985, la publicación 'Nature' publicó un documento por científicos británicos - encabezados por el Dr. Joe Farman - acerca del agotamiento grave de la capa de ozono en el Antártico. Los resultados del documento se vieron confirmados mediante observaciones realizadas desde satélites estadounidenses que ofrecieron la primera prueba de agotamiento grave y confirieron mayor urgencia a la necesidad de adoptar medidas concretas. En consecuencia, en septiembre de 1987 se llegó a un acuerdo sobre la adopción de medidas concretas y se firmó el Protocolo de Montreal sobre las Sustancias que agotan la Capa de Ozono

#### **4.8 Artículos del convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono PNUMA**

Secretaría del Ozono Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Publicado (noviembre de 2001) por La Secretaría del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

P.O. Box 30552

Nairobi Kenya

Sitio en la Web: <http://www.unep.org/ozone>

<http://www.unep.ch/ozone>

ISBN: 92-807-2127-5

Impreso y encuadernado en Kenya por el PNUMA

Diseño de cubierta por la Imprenta del PNUMA (noviembre de 2001)

Coordinación: Nelson Sabogal, Oficial Superior de Asuntos Científicos

Gilbert M. Bankobeza, Oficial Jurídico Superior

Composición y formato: Gerald Mutisya Martha Adila Mulumba

Artículo 1: Definiciones.

Artículo 2: Obligaciones generales.

Artículo 3: Investigación y observaciones sistemáticas.

Artículo 4: Cooperación en las esferas jurídica, científica y tecnológica.

Artículo 5: Transmisión de información.

Artículo 6: Conferencia de las Partes.

Artículo 7: Secretaría.

Artículo 8: Adopción de protocolos.

Artículo 9: Enmiendas al Convenio o a los protocolos.

Artículo 10: Adopción y enmienda de anexos.

Artículo 11: Solución de controversias.

Artículo 12: Firma 12.

Artículo 13: Ratificación, aceptación o aprobación.

Artículo 14: Adhesión.

Artículo 15: Derecho de voto.

Artículo 16: Relación entre el presente Convenio y sus protocolos.

Artículo 17: Entrada en vigor.

Artículo 18: Reservas.

Artículo 19: Retiro.

Artículo 20: Depositario.

Artículo 21: Textos auténticos.

Anexo I: Investigación y observaciones sistemáticas.

Anexo II: Intercambio de información.

Declaraciones.

#### 4.9 El Convenio de Viena y sus enmiendas.

El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (1985); El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono (1987); La [Enmienda de Londres](#) del Protocolo de Montreal (1990); La [Enmienda de Copenhague](#) del Protocolo de Montreal (1992); La [Enmienda de Montreal](#) del Protocolo de Montreal (1997); y la [Enmienda de Beijing](#) del Protocolo de Montreal (1999).

Información suministrada por el Depositario, Oficina de Asuntos Jurídicos de las Naciones Unidas, Nueva York, al 29 de Octubre de 2003. No se ha recibido ninguna información adicional desde esa fecha. La información que aparece resaltada es la recibida más recientemente.

	Firma	Firma	Ratificación*	Ratificación*	Ratificación*	Ratificación*	Ratificación*	Ratificación*
País	Convenio de Viena	Protocolo De Montreal	Convenio De Viena	Protocolo De Montreal	Enmienda De Londres	Enmienda De Copenhague	Enmienda De Montreal	Enmienda De Beijing
Albania			8.10.1999(Ad)	8.10.1999(Ad)				
Alemania <sup>4</sup>	22.3.1985	16.9.1987	30.9.1988(R)	16.12.1988(R)	27.12.1991(R)	28.12.1993(R)	5.1.1999(R)	28.10.2002(R)
Angola			17.5.2000(Ad)	17.5.2000(Ad)				
Antigua y Barbuda			3.12.1992(Ad)	3.12.1992(Ad)	23.2.1993(Ad)	19.7.1993(Ad)	10.2.2000(R)	
Arabia Saudita			1.3.1993(Ad)	1.3.1993 (Ad)	1.3.1993(Ad)	1.3.1993(Ad)		
Argelia			20.10.1992(Ad)	20.10.1992(Ad)	20.10.1992(Ad)	31.5.2000(R)		
Argentina <sup>1</sup>	22.3.1985	29.6.1988	18.1.1990(R)	18.9.1990(R)	4.12.1992(R)	20.4.1995(Ad)	15.2.2001(R)	
Armenia			1.10.1999(Ad)	1.10.1999(Ad)				
Australia		8.6.1988	16.9.1987(Ad)	19.5.1989(R)	11.8.1992(Ac)	30.6.1994(Ac)	5.1.1999(Ac)	
Austria	16.9.1985	29.8.1988	19.8.1987(R)	3.5.1989(R)	11.12.1992(R)	19.9.1996(Ap)	7.8.2000(R)	
Azerbaiyán			12.6.1996(Ad)	12.6.1996(Ad)	12.6.1996(Ad)	12.6.1996(Ad)	28.9.2000(Ap)	
Bahamas			1.4.1993(Ad)	4.5.1993(Ad)	4.5.1993(Ad)	4.5.1993(Ad)		
Bahrein <sup>2</sup>			27.4.1990(Ad)	27.4.1990(Ad)	23.12.1992(Ac)	13.3.2001(R)	13.3.2001(R)	
Bangladesh			2.8.1990(Ad)	2.8.1990(Ad)	18.3.1994(R)	27.11.2000(Ac)	27.7.2001(Ac)	
Barbados			16.10.1992(Ad)	16.10.1992(Ad)	20.7.1994(Ac)	20.7.1994(Ac)		
Belarús	22.3.1985	22.1.1988	20.6.1986(Ac)	31.10.1988(Ac)	10.6.1996(R)			
Bélgica	22.3.1985	16.9.1987	17.10.1988(R)	30.12.1988(R)	5.10.1993(R)	7.8.1997(R)		
Belice			6.6.1997(Ad)	9.1.1998(Ad)	9.1.1998(Ad)	9.1.1998(Ad)		
Benin			1.7.1993(Ad)	1.7.1993(Ad)	21.6.2000(R)	21.6.2000(R)		
Bolivia			3.10.1994(Ad)	3.10.1994(Ad)	3.10.1994(Ad)	3.10.1994(Ad)	12.4.1999(Ad)	

Bosnia y Herzegovina			6.3.1992(Sc)	6.3.1992(Sc)	11.8.2003(Ad)	11.8.2003(Ad)	11.8.2003(Ad)	
Botswana			4.12.1991(Ad)	4.12.1991(Ad)	13.5.1997(Ad)	13.5.1997(Ad)		
Brasil			19.3.1990(Ad)	19.3.1990(Ad)	1.10.1992(Ac)	25.6.1997(R)		
Brunei Darussalam			26.7.1990(Ad)	27.5.1993(Ad)				
Bulgaria			20.11.1990(Ad)	20.11.1990(Ad)	28.4.1999(R)	28.4.1999(R)	24.11.1999(R)	15.4.2002(Ac)
Burkina Faso	12.12.1985	14.9.1988	30.3.1989(R)	20.7.1989(R)	10.6.1994(R)	12.12.1995(R)	11.11.2002(R)	11.11.2002(R)
Burundi			6.1.1997(Ad)	6.1.1997(Ad)	18.10.2001(Ac)	18.10.2001(Ac)	18.10.2001(Ac)	18.10.2001(Ac)
Cambodia			27.06.2001(Ad)	27.06.2001(Ad)				
Camerún			30.8.1989(Ad)	30.8.1989(Ad)	8.6.1992(Ac)	25.6.1996(Ac)		
Canadá	22.3.1985	16.9.1987	4.6.1986(R)	30.6.1988(R)	5.7.1990(Ac)	16.3.1994(R)	27.3.1998(R)	9.2.2001(Ac)
Cape Verde			31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	31.7.2001(Ad)	
Chad			18.5.1989(Ad)	7.6.1994(R)	30.5.2001(R)	30.5.2001(R)		
Chile <sup>3</sup>	22.3.1985	14.6.1988	6.3.1990(R)	26.3.1990(R)	9.4.1992(Ac)	14.1.1994(R)	17.6.1998(R)	3.5.2000(R)
China <sup>14, 17, 20, 21</sup>			11.9.1989(Ad)	14.6.1991(Ad)	14.6.1991(Ad)	22.4.2003(Ad)		
Chipre			28.5.1992(Ad)	28.5.1992(Ad)	11.10.1994(Ac)	2.6.2003(Ac)	2.6.2003(Ac)	
Colombia			16.7.1990(Ad)	6.12.1993(Ad)	6.12.1993(Ad)	5.8.1997(Ac)	16.6.2003(Ad)	
Comoras			31.10.1994(Ad)	31.10.1994(Ad)	31.10.1994(Ad)	2.12.2002(Ad)	2.12.2002(Ad)	2.12.2002(Ad)
Comunidad Europea	22.3.1985	16.9.1987	17.10.1988(Ap)	16.12.1988(Ap)	20.12.1991(Ap)	20.11.1995(Ap)	17.11.2000(Ap)	25.3.2002(Ap)
Congo		15.9.1988	16.11.1994(Ad)	16.11.1994(Ad)	16.11.1994(R)	19.10.2001(Ad)	19.10.2001(Ad)	19.10.2001(Ad)
Congo, República Democrática de			30.11.1994(Ad)	30.11.1994(Ad)	30.11.1994(Ad)	30.11.1994(Ad)		
Corea, República de			27.2.1992(Ad)	27.2.1992(Ad)	10.12.1992(Ad)	2.12.1994(Ac)	19.8.1998(Ac)	
Corea, República Democrática Popular de			24.1.1995(Ad)	24.1.1995(Ad)	17.6.1999(Ad)	17.6.1999(Ad)	13.12.2001(Ad)	13.12.2001(Ad)
Costa Rica			30.7.1991(Ad)	30.7.1991(Ad)	11.11.1998(R)	11.11.1998(R)		
Côte d'Ivoire			5.4.1993(Ad)	5.4.1993(Ad)	18.5.1994(R)	8.10.2003(R)		
Croacia			8.10.1991(Sc)	8.10.1991(Sc)	15.10.1993(R)	11.2.1997(R)	8.9.2000(R)	25.4.2002(R)
Cuba			14.7.1992(Ad)	14.7.1992(Ad)	19.10.1998(R)	19.10.1998(Ap)		
Dinamarca <sup>12,13, 22</sup>	22.3.1985	16.9.1987	29.9.1988(R)	16.12.1988(R)	20.12.1991(Ad)	21.12.1993(Ac)	24.9.2003(Ac)	24.9.2003(Ac)
Djibouti			30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	30.7.1999(Ad)	
Dominica			31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)			
Ecuador			10.4.1990(Ad)	30.4.1990(Ad)	23.2.1993(R)	24.11.1993(Ac)		
Egipto	22.3.1985	16.9.1987	9.5.1988(R)	2.8.1988(R)	13.1.1993(R)	28.6.1994(R)	20.7.2000(R)	
El Salvador			2.10.1992(Ad)	2.10.1992(Ad)	8.12.2000(Ad)	8.12.2000(Ad)	8.12.2000(Ad)	
Emiratos Árabes Unidos			22.12.1989(Ad)	22.12.1989(Ad)				
Eslovaquia			28.5.1993(Sc)	28.5.1993(Sc)	15.4.1994(Ap)	9.1.1998(Ad)	3.11.1999(Ap)	22.5.2002(R)
Eslovenia			6.7.1992(Sc)	6.7.1992(Sc)	8.12.1992(Ac)	13.11.1998(Ac)	15.11.1999(R)	23.1.2003(R)
España		21.7.1988	25.7.1988(Ad)	16.12.1988(R)	19.5.1992(Ac)	5.6.1995(Ac)	11.5.1999(Ac)	19.2.2002(Ac)
Estados Federados			3.8.1994(Ad)	6.9.1995(Ad)	27.11.2001(Ad)	27.11.2001(Ad)	27.11.2001(Ad)	27.11.2001(Ad)

de Micronesia								
Estados Unidos de América	22.3.1985	16.9.1987	27.8.1986(R)	21.4.1988(R)	18.12.1991(R)	2.3.1994(R)	1.10.2003(R)	1.10.2003(R)
Estonia			17.10.1996(Ad)	17.10.1996(Ad)	12.4.1999(R)	12.4.1999(R)	11.4.2003(Ad)	
Etiopía			11.10.1994(Ad)	11.10.1994(Ad)				
la ex República Yugoslava de Macedonia			10.3.1994(Sc)	10.3.1994(Sc)	9.11.1998(R)	9.11.1998(R)	31.8.1999(Ad)	23.5.2002(Ad)
Federación de Rusia	22.3.1985	29.12.1987	18.6.1986(Ac)	10.11.1988(Ac)	13.1.1992(Ac)			
Fiji			23.10.1989(Ad)	23.10.1989(Ad)	9.12.1994(Ad)	17.5.2000 (Ad)		
Filipinas		14.9.1988	17.7.1991(Ad)	17.7.1991(R)	9.8.1993(R)			
Finlandia	22.3.1985	16.9.1987	26.9.1986(R)	23.12.1988(R)	20.12.1991(Ad)	16.11.1993(Ac)	18.6.2001(Ac)	18.6.2001(Ac)
Francia	22.3.1985	16.9.1987	4.12.1987(Ap)	28.12.1988(Ap)	12.2.1992(Ap)	3.1.1996(Ap)	25.7.2003(Ap)	25.7.2003(Ap)
Gabón			9.2.1994(Ad)	9.2.1994(Ad)	4.12.2000(Ad)	4.12.2000(Ad)	4.12.2000(Ad)	4.12.2000(Ad)
Gambia			25.7.1990(Ad)	25.7.1990(Ad)	13.3.1995(R)			
Georgia			21.3.1996(Ad)	21.3.1996(Ad)	12.7.2000(Ad)	12.7.2000(Ad)	12.7.2000(Ad)	
Ghana		16.9.1987	24.7.1989(Ad)	24.7.1989(R)	24.7.1992(R)	9.4.2001(R)		
Granada			31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	7.12.1993(Ad)	20.5.1999(Ad)	20.5.1999(Ad)	
Grecia	22.3.1985	29.10.1987	29.12.1988(R)	29.12.1988(R)	11.5.1993(R)	30.1.1995(R)		
Guatemala			11.9.1987(Ad)	7.11.1989(Ad)				
Guinea			25.6.1992(Ad)	25.6.1992(Ad)	25.6.1992(Ad)			
Guinea Bissau			12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)	12.11.2002(Ad)
Guyana			12.8.1993(Ad)	12.8.1993(Ad)	23.7.1999(Ac)	23.7.1999(Ac)	23.7.1999(Ac)	
Haití			29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	29.3.2000(Ad)	
Honduras			14.10.1993(Ad)	14.10.1993(Ad)	24.1.2002(R)	24.1.2002(R)		
Hungría			4.5.1988(Ad)	20.4.1989(Ad)	9.11.1993(Ap)	17.5.1994(Ad)	26.7.1999(R)	23.4.2002(Ap)
India			18.3.1991(Ad)	19.6.1992(Ad)	19.6.1992(Ad)	3.3.2003(Ad)	3.3.2003(Ad)	3.3.2003(Ad)
Indonesia		21.7.1988	26.6.1992(Ad)	26.6.1992(R)	26.6.1992(Ad)	10.12.1998(Ad)		
Irán, República Islámica de			3.10.1990(Ad)	3.10.1990(Ad)	4.8.1997(Ac)	4.8.1997(Ac)	17.10.2001(Ac)	
Irlanda		15.9.1988	15.9.1988(Ad)	16.12.1988(R)	20.12.1991(Ac)	16.4.1996(Ac)		
Islandia			29.8.1989(Ad)	29.8.1989(Ad)	16.6.1993(Ad)	15.3.1994(R)	8.2.2000(R)	
Islas Marshall			11.3.1993(Ad)	11.3.1993(Ad)	11.3.1993(Ad)	24.5.1993(Ad)	27.1.2003(Ad)	
Islas Salomón			17.6.1993(Ad)	17.6.1993(Ad)	17.8.1999(Ad)	17.8.1999(Ad)	17.8.1999(Ad)	
Israel <sup>11</sup>		14.1.1988	30.6.1992(Ad)	30.6.1992(R)	30.6.1992(R)	5.4.1995(R)	28.5.2003(R)	
Italia	22.3.1985	16.9.1987	19.9.1988(R)	16.12.1988(R)	21.2.1992(Ap)	4.1.1995(R)	1.5.2001(R)	
Jamahiriyá Árabe Libia			11.7.1990(Ad)	11.7.1990(Ad)	12.7.2001(Ad)			
Jamaica			31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	6.11.1997(R)	24.9.2004(Ad)	24.9.2004(Ad)
Japón		16.9.1987	30.9.1988(Ad)	30.9.1988(Ac)	4.9.1991(Ac)	20.12.1994(Ac)	30.8.2002(Ac)	30.8.2002(Ac)
Jordania			31.5.1989(Ad)	31.5.1989(Ad)	12.11.1993(R)	30.6.1995(R)	3.2.1999(R)	1.2.2001(R)
Kazajstán			26.8.1998(Ad)	26.8.1998(Ad)	26.7.2001(Ad)			



Kenya		16.9.1987	9.11.1988(Ad)	9.11.1988(R)	27.9.1994(R)	27.9.1994(R)	12.7.2000(R)	
Kirguistán			31.5.2000(Ad)	31.5.2000(Ad)	13.5.2003(R)	13.5.2003(R)	13.5.2003(R)	
Kiribati			7.1.1993(Ad)	7.1.1993(Ad)				
Kuwait			23.11.1992(Ad)	23.11.1992(Ad)	22.7.1994(Ad)	22.7.1994(Ad)	13.6.2003(Ad)	
Lesotho			25.3.1994(Ad)	25.3.1994(Ad)				
Letonia			28.4.1995(Ad)	28.4.1995(Ad)	2.11.1998(Ac)	2.11.1998(Ac)	14.6.2002(Ac)	
Libano			30.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	31.7.2000(Ad)	31.7.2000(Ad)	
Liberia			15.1.1996(Ad)	15.1.1996(Ad)	15.1.1996(Ad)	15.1.1996(Ad)		
Liechtenstein			8.2.1989(Ad)	8.2.1989(Ad)	24.3.1994(R)	22.11.1996(Ad)		
Lituania			18.1.1995(Ad)	18.1.1995(Ad)	3.2.1998(R)	3.2.1998(R)		
Luxemburgo	17.4.1985	29.1.1988	17.10.1988(R)	17.10.1988(R)	20.5.1992(R)	9.5.1994(R)	8.2.1999(R)	22.1.2001(R)
Madagascar			7.11.1996(Ad)	7.11.1996(Ad)	16.1.1002(Ad)	16.1.2002(Ad)	16.1.2002(Ad)	16.1.2002(Ad)
Malasia			29.8.1989(Ad)	29.8.1989(Ad)	16.6.1993(Ad)	5.8.1993(Ad)	26.10.2001(R)	26.10.2001(R)
Malawi			9.1.1991(Ad)	9.1.1991(Ad)	8.2.1994(Ac)	28.2.1994(Ad)		
Maldivas		12.7.1988	26.4.1988(Ad)	16.5.1989(R)	31.7.1991(R)	27.9.2001(R)	27.9.2001(R)	3.9.2002(Ad)
Mali			28.10.1994(Ad)	28.10.1994(Ad)	28.10.1994(Ad)	7.3.2003(Ac)	7.3.2003(Ac)	
Malta		15.9.1988	15.9.1988(Ad)	29.12.1988(R)	4.2.1994(Ap)			
Marruecos	7.2.1986	7.1.1988	28.12.1995(R)	28.12.1995(R)	28.12.1995(Ad)	28.12.1995(Ad)		
Mauricio <sup>5</sup>			18.8.1992(Ad)	18.8.1992(Ad)	20.10.1992(Ad)	30.11.1993(R)	24.3.2003(Ac)	24.3.2003(Ac)
Mauritania			26.5.1994(Ad)	26.5.1994(Ad)				
México	1.4.1985	16.9.1987	14.9.1987(R)	31.3.1988(Ac)	11.10.1991(Ac)	16.9.1994(Ac)		
Moldova			24.10.1996(Ad)	24.10.1996(Ad)	25.6.2001(Ad)	25.6.2001(Ad)		
Mónaco			12.3.1993(Ad)	12.3.1993(Ad)	12.3.1993(Ad)	15.6.1999(Ac)	26.7.2001(Ac)	3.4.2003(Ac)
Mongolia			7.3.1996(Ad)	7.3.1996(Ad)	7.3.1996(Ad)	7.3.1996(Ad)	28.3.2002(R)	
Mozambique			9.9.1994(Ad)	9.9.1994(Ad)	9.9.1994(Ad)	9.9.1994(Ad)		
Myanmar			24.11.1993(Ad)	24.11.1993(Ad)	24.11.1993(Ad)			
Namibia			20.9.1993(Ad)	20.9.1993(Ad)	6.11.1997(R)	28.7.2003(Ac)		
Nauru			12.11.2001(Ad)	12.11.2001(Ad)				
Nepal			6.7.1994(Ad)	6.7.1994(Ad)	6.7.1994(Ad)			
Nicaragua			5.3.1993(Ad)	5.3.1993(Ad)	13.12.1999(R)	13.12.1999(R)		
Níger			9.10.1992(Ad)	9.10.1992(Ad)	11.1.1996(Ad)	8.10.1999(R)	8.10.1999(R)	
Nigeria			31.10.1988(Ad)	31.10.1988(Ad)	27.9.2001(R)	27.9.2001(R)	27.9.2001(R)	
Noruega	22.3.1985	16.9.1987	23.9.1986(R)	24.6.1988(R)	18.11.1991(R)	3.9.1993(R)	30.12.1998(R)	29.11.2001(R)
Nueva Zelanda <sup>7, 18</sup>	21.3.1986	16.9.1987	2.6.1987(R)	21.7.1988(R)	1.10.1990(Ac)	4.6.1993(R)	3.6.1999(R)	8.6.2001(R)
Omán			30.6.1999(Ad)	30.6.1999(Ad)	5.8.1999(Ad)	5.8.1999(Ad)		
Países Bajos <sup>6</sup>	22.3.1985	16.9.1987	28.9.1988(Ad)	16.12.1988(Ac)	20.12.1991(Ac)	25.4.1994(Ad)	21.2.2000(Ac)	13.11.2001(Ac)
Pakistán			18.12.1992(Ad)	18.12.1992(Ad)	18.12.1992(Ad)	17.2.1995(R)		
Palau			29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)	29.5.2001(Ad)
Panamá		16.9.1987	13.2.1989(Ad)	3.3.1989(R)	10.2.1994(R)	4.10.1996(Ad)	5.3.1999(R)	5.12.2001(R)
Papua Nueva Guinea			27.10.1992(Ad)	27.10.1992(Ad)	4.5.1993(Ad)	7.10.2003(Ad)		
Paraguay			3.12.1992(Ad)	3.12.1992(Ad)	3.12.1992(Ad)	27.4.2001(R)	27.4.2001(R)	

Perú	22.3.1985		7.4.1989(R)	31.3.1993(Ad)	31.3.1993(Ad)	7.6.1999(Ad)		
Polonia			13.7.1990(Ad)	13.7.1990(Ad)	2.10.1996(Ad)	2.10.1996(Ad)	6.12.1999(R)	
Portugal <sup>8, 16</sup>		16.9.1987	17.10.1988(Ad)	17.10.1988(R)	24.11.1992(R)	24.2.1998(R)	3.10.2003(R)	
Qatar			22.1.1996(Ad)	22.1.1996(Ad)	22.1.1996(Ad)	22.1.1996(Ad)		
Reino Unido <sup>10, 15</sup>	20.5.1985	16.9.1987	15.5.1987(R)	16.12.1988(R)	20.12.1991(R)	4.1.1995(R)	12.10.2001(Ad)	12.10.2001(Ad)
República Árabe Siria			12.12.1989(Ad)	12.12.1989(Ad)	30.11.1999(Ad)	30.11.1999(Ad)	30.11.1999(Ad)	
República Centrafricana			29.3.1993(Ad)	29.3.1993(Ad)				
República Checa			1.1.1993(Sc)	1.1.1993(Sc)	18.12.1996(Ad)	18.12.1996(Ad)	5.11.1999(Ap)	9.5.2001(Ac)
República Democrática Popular Lao			21.8.1998(Ad)	21.8.1998(Ad)				
República Dominicana			18.5.1993(Ad)	18.5.1993(Ad)	24.12.2001(Ad)	24.12.2001(Ad)		
Rumania			27.1.1993(Ad)	27.1.1993(Ad)	27.1.1993(Ad)	28.11.2000(Ac)	21.5.2001(R)	
Rwanda			11.10.2001(Ad)	11.10.2001(Ad)				
Saint Kitts y Nevis			10.8.1992(Ad)	10.8.1992(Ad)	8.7.1998(Ad)	8.7.1998(R)	25.2.1999(R)	
Sao Tome and Principe			19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)	19.11.2001(Ac)
Samoa			21.12.1992(Ad)	21.12.1992(Ad)	4.10.2001(Ac)	4.10.2001(Ac)	4.10.2001(Ac)	4.10.2001(Ac)
San Vicente y las Granadinas			2.12.1996(Ad)	2.12.1996(Ad)	2.12.1996(Ad)	2.12.1996(Ad)		
Santa Lucía			28.7.1993(Ad)	28.7.1993(Ad)	24.8.1999(Ad)	24.8.1999(Ad)	24.8.1999(Ad)	12.12.2001(R)
Senegal		16.9.1987	19.3.1993(Ad)	6.5.1993(R)	6.5.1993(R)	12.8.1999(Ad)	12.8.1999(Ad)	8.10.2003(R)
Serbia y Montenegro			16.4.1990(Ad)	3.1.1991(Ad)				
Seychelles			6.1.1993(Ad)	6.1.1993(Ad)	6.1.1993(Ad)	27.5.1993(R)	26.8.2002(Ad)	26.8.2002(Ad)
Sierra Leone			29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)	29.8.2001(Ad)
Singapur			5.1.1989(Ad)	5.1.1989(Ad)	2.3.1993(Ad)	22.9.2000(Ad)	22.9.2000(Ad)	
Somalia			1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)	1.8.2001(Ad)
Sri Lanka			15.12.1989(Ad)	15.12.1989(Ad)	16.6.1993(Ad)	7.7.1997(Ad)	20.8.1999(Ad)	
Sudáfrica			15.1.1990(Ad)	15.1.1990(Ad)	12.5.1992(Ad)	13.3.2001(Ad)		
Sudán			29.1.1993(Ad)	29.1.1993(Ad)	2.1.2002(Ad)	2.1.2002(Ad)		
Suecia	22.3.1985	16.9.1987	26.11.1986(R)	29.6.1988(R)	2.8.1991(R)	9.8.1993(R)	12.7.1999(R)	28.3.2002(R)
Suiza	22.3.1985	16.9.1987	17.12.1987(R)	28.12.1988(R)	16.9.1992(R)	16.9.1996(R)	28.8.2002(R)	28.8.2002(R)
Suriname			14.10.1997(Ad)	14.10.1997(Ad)				
Swazilandia			10.11.1992(Ad)	10.11.1992(Ad)				
Tailandia		15.9.1988	7.7.1989(Ad)	7.7.1989(R)	25.6.1992(R)	1.12.1995(R)	23.6.2003(R)	
Tanzania, República Unida de			7.4.1993(Ad)	16.4.1993(Ad)	16.4.1993(Ad)			
Tayikistán			6.5.1996(Ad)	7.1.1998(Ad)	7.1.1998(Ad)			
Togo		16.9.1987	25.2.1991(Ad)	25.2.1991(R)	6.7.1998(Ac)	6.7.1998(Ac)	26.11.2001(Ac)	26.11.2001(Ac)
Tonga			29.7.1998(Ad)	29.7.1998(Ad)				

Trinidad y Tabago			28.8.1989(Ad)	28.8.1989(Ad)	10.6.1999(R)	10.6.1999(R)	10.6.1999(R)	29.10.2003(R)
Túnez			25.9.1989(Ad)	25.9.1989(Ad)	15.7.1993(Ad)	2.2.1995(Ad)	19.10.1999(R)	
Turkmenistán			18.11.1993(Ad)	18.11.1993(Ad)	15.3.1994(Ad)			
Turquía			20.9.1991(Ad)	20.9.1991(Ad)	13.4.1995(R)	10.11.1995(R)	24.10.2003(R)	24.10.2003(R)
Tuvalu			15.7.1993(Ad)	15.7.1993(Ad)	31.8.2000(Ac)	31.8.2000(Ac)	31.8.2000(Ac)	
Ucrania	22.3.1985	18.2.1988	18.6.1986(Ac)	20.9.1988(Ac)	6.2.1997(R)	4.4.2002(R)		
Uganda		15.9.1988	24.6.1988(Ad)	15.9.1988(R)	20.1.1994(R)	22.11.1999(Ad)	23.11.1999(Ad)	
Uruguay			27.2.1989(Ad)	8.1.1991(Ad)	16.11.1993(R)	3.7.1997(Ad)	16.2.2000(Ad)	9.9.2003(Ad)
Uzbekistán			18.5.1993(Ad)	18.5.1993(Ad)	10.6.1998(Ad)	10.6.1998(Ad)		
Vanuatu			21.11.1994(Ad)	21.11.1994(Ad)	21.11.1994(Ac)	21.11.1994(Ac)		
Venezuela		16.9.1987	1.9.1988(Ad)	6.2.1989(R)	29.7.1993(R)	10.12.1997(R)	13.5.2002(R)	
Viet Nam			26.1.1994(Ad)	26.1.1994(Ad)	26.1.1994(Ad)	26.1.1994(Ad)		
Yemen			21.2.1996(Ad)	21.2.1996(Ad)	23.4.2001(Ad)	23.4.2001(Ad)	23.4.2001(Ad)	
Zambia			24.1.1990(Ad)	24.1.1990(Ad)	15.4.1994(R)			
Zimbabwe			3.11.1992(Ad)	3.11.1992(Ad)	3.6.1994(R)	3.6.1994(R)		
	Convenio de Viena	Protocolo de Montreal	Convenio de Viena	Protocolo de Montreal	Enmienda de Londres	Enmienda de Copenhague	Enmienda de Montreal	Enmienda de Beijing
Total	28	46	185	184	166	154	107	57

## Notas

R: Ratificación Ad: Adhesión Ac: Aceptación Ap: Aprobación Sc: Sucesión

\* La entrada en vigor es transcurridos 90 días desde la fecha de ratificación/adhesión/aceptación/aprobación para los Estados novatos que se hicieron Partes en el tratado después de su entrada en vigor, es decir:

Convenio de Viena (22.9.1988);

Protocolo de Montreal (1.1.1989);

[Enmienda de Londres](#) (10.8.1992);

[Enmienda de Copenhague](#) (14.6.1994).

[Enmienda de Montreal](#) (10.11.1999).

[Enmienda de Beijing](#) (25.2.2002)

## 4.10 Enmienda.

Las enmiendas son cambios importantes que se hacen al Protocolo, como por ejemplo el agregado de nuevas sustancias a la lista de sustancias controladas o nuevas obligaciones. Las partes no están vinculadas por estos cambios al Protocolo hasta que se ratifiquen las enmiendas en cuestión. Deben ratificarse en el orden cronológico en que se acordaron.

Los países que no han ratificado una cierta enmienda, serán considerados como países que no forman parte, en cuanto a las nuevas sustancias u obligaciones introducidas por dicha enmienda.

#### **4.11 Enmienda de Beijing.**

Se refiere a la enmienda acordada por la Decimo Primera reunión de las partes que introdujo controles en la producción de HCFC, al Bromoclorometano como sustancia controlada y la presentación de datos sobre el bromuro de metilo, usado en aplicaciones exentas para cuarentena y preembarque.

#### **4.12 Enmienda de Copenhague.**

Se refiere a la enmienda acordada por la Cuarta reunión de las partes en el Protocolo de Montreal, celebrada en Copenhague en 1992 mediante el cual se agregaron medidas de control para sustancias agotadoras de la capa de ozono.

También se aceleraron los calendarios de eliminación de estas sustancias.

#### **4.13 Enmienda de Londres.**

Se refiere a la enmienda acordada por la Segunda reunión de las partes, por medio del cual se agregaron controles de eliminación para las sustancias agotadoras de la capa de ozono.

En esta reunión se aceleraron los calendarios de eliminación y se estableció el Fondo Multilateral Interino para ayudar a los países en desarrollo en sus esfuerzos para la eliminación de las SAO's.

#### **4.14 Enmienda de Montreal.**

Se refiere a la enmienda acordada por la Novena reunión de las partes en Montreal, por medio de la cual, entre otras cosas, se introdujo el requisito de establecer sistemas de licencia de importación y exportación.

En la misma reunión, se aceleraron los calendarios para la eliminación del bromuro de metilo.

**UNIDAD V**

**CLASES DE REFRIGERANTES DESTRUCTORES DE  
LA CAPA DE OZONO**

## 5.1 Refrigerante.

Un gas refrigerante es una sustancia que puede absorber y transportar grandes cantidades de calor. Lo puede hacer debido a que cambia de estado. El líquido absorbe calor cuando tiene una baja presión y cambia de fase (líquido a vapor) y lo libera cuando está en alta presión y en fase gaseosa.

En la refrigeración mecánica se requiere de un proceso que pueda transmitir grandes cantidades de calor, económica y eficientemente, y que pueda repetirse continuamente. Los procesos de evaporación y condensación de un líquido son, por lo tanto, los pasos lógicos en un proceso de refrigeración.

Un refrigerante debe satisfacer importantes requisitos:

1. Debe absorber en calor rápidamente, a la temperatura requerida por la carga del producto.
2. El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente, por razones de economía y para enfriamiento continuo.

No existe un refrigerante perfecto, y hay una gran variedad de opiniones sobre cuál es el más apropiado para aplicaciones específicas.

**Clases de refrigerantes:** existen muchos tipos de refrigerantes, algunos de los cuales se usan comúnmente. En las primeras instalaciones de refrigeración se empleaban, por lo general, el amoníaco, bióxido de azufre, propano, etano y cloruro de etilo, los cuales aún se usan en varias aplicaciones. Sin embargo, debido a que estas sustancias son tóxicas, peligrosas o tienen características no deseadas, han sido reemplazadas por otras creadas especialmente para usarse en refrigeración.

Los trabajos a temperaturas extra bajas o en instalaciones con grandes compresores centrífugos, se usan refrigerantes especiales, pero en refrigeración comercial y aire acondicionados, que utilizan compresores reciprocantes, los usuales son R-12, R-22 y R-502.

Muchos refrigerantes, en uso actualmente, contienen carbono, flúor, cloro y, en algunos casos, hidrógeno. La excepción son el amoniaco y los HFC's (hidrofluorocarbonos).

Los clorofluorocarbonos CFC's: como su nombre lo indica, los clorofluorocarbonos (CFC's) consisten en cloro, flúor y carbono. Como no contienen hidrogeno, los refrigerantes CFC son químicamente muy estables, inclusive cuando son liberados a la atmosfera. Pero debido a que contienen cloro en su composición, están dañando la capa de ozono. Permanecen en la atmosfera de 60 a 1700 años.

El potencial de agotamiento de la capa de ozono de los clorofluorocarbonos varía de 0.5 a 1.0.

Nuestro país tiene el compromiso de eliminar el consumo al 100% de estas sustancias para el año 2010. Actualmente ha reducido en más del 90% el consumo, y un logro importante es que, a partir de septiembre del 2005, en México ya no se producen estas sustancias.

A continuación presentamos los clorofluorocarbonos que están regulados por el protocolo de Montreal desde el 1 de julio de 1989. De estos, el R-11 y el R-12 se usaron comúnmente en enfriadores de líquido de baja presión y sistemas de refrigeración.



## 5.2 Gases refrigerantes clorofluorocarbonados.

<i>Genetron</i> ®	<i>Nombre Químico</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Aplicaciones y usos</i>
<b>11</b>	<u>Triclorofluorometano</u>	CC13F	Enfriadores centrífugos. Solvente de Limpieza
<b>12</b>	<u>Diclorodifluorometano</u>	CCl2f2	Refrigeración comercial. Aire acondicionado automotriz (A - A automotriz)
<b>22</b>	<u>Clorodifluorometano</u>	CHClF2	Refrigeración temperatura baja, Aire acondicionado de paquete. El Genetron 22 es un hidrocrofluorocarbono (HCFC) .La regulación de este gas entra al país marca su salida en el años 2040
<b>500</b>	<u>Azeotropo</u>	CCl2F2/CH3CHF2	Transporte refrigerado
<b>502</b>	<u>Azeotropo</u>	CHClF2/CClF2CF3	Cámaras de enfriamiento. Vitrinas de súper mercados. Aplicaciones Industriales
<b>13</b>	<u>Clorotrifluorometano</u>	CClF3	Ultra bajas Temperaturas. Equipos en cascada.
<b>503</b>	<u>Azeotropo</u>	CHF2/CClF3	Ultra bajas Temperaturas. Equipos en cascada.
<b>114</b>	<u>Diclorotetrafluoroetano</u>	C2Cl2F4	Enfriadores Centrífugos

\* **El Genetrón 22** es un hidrocrofluorocarbono (HCFC). La regulación de este gas en nuestro país marca se salida en el año 2040.

### 5.3 Refrigerante R-11.

#### Descripción y uso del producto

- Refrigerante para chillers centrífugos que opera con bajas presiones. Tiene una presión tan baja, que se puede envasar y manejar en tambores en lugar de cilindros.
- Se requiere operar bajo vacío para poder evaporar al Genetron 11 a las temperaturas necesarias para producir refrigeración.
- Además de ser usado como refrigerante es usado como solvente de limpieza en sistemas de refrigeración.
- También tiene otras aplicaciones como espumante y en la limpieza de componentes electrónicos.



#### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=11
Peso Molecular	137.4
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	74.9
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-168

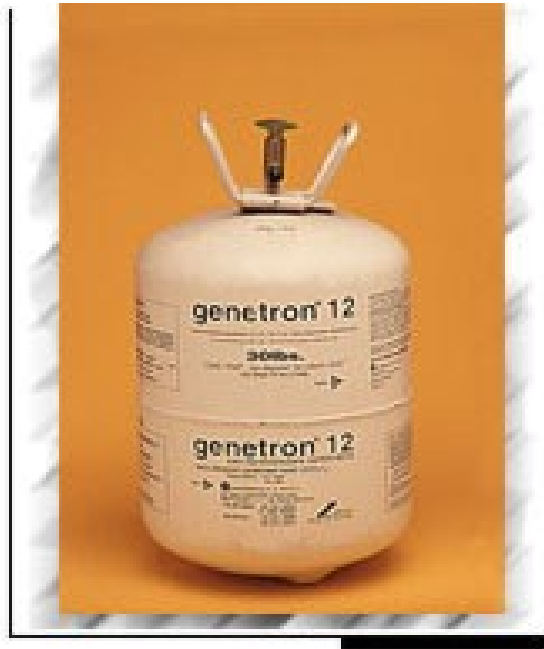
Temperatura crítica (°F)	388
Presión crítica (psia)	640
Densidad saturada de líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	91.4
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.21
Calor específico de vapor @ presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.14
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/Cv) @ 86°F y 1Atm.	1.13
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar34-99	A1

El refrigerante sustituto para el R-11 es el refrigerante R-123, el refrigerante R-11 quedara fuera del mercado en el año 2001 y solo se podrá utilizar para la industria medica.

#### 5.4 Refrigerante R-12.

##### Descripción y uso del producto

- Siendo uno de los refrigerantes más usados en la actualidad en los países donde el Protocolo de Montreal lo permite.
- Fue durante muchos años el refrigerante estándar para refrigeradores y congeladores domésticos y también ampliamente usado en aire acondicionado para automóviles y sistemas de refrigeración comercial e industrial.
- La presión del Gg12 es adecuada para una gran variedad de aplicaciones.
- Con Genetron 12 los sistemas trabajan con presiones de vapor moderadas pero positivas.
- Hasta -30 ° c la presión de vapor del g12 es igual a la presión atmosférica, así que para operar a temperaturas inferiores, los sistemas deben operar bajo vacio.



### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=12
Peso molecular	120.9
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	-21.6
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-252
Temperatura crítica (°F)	234
Presión crítica (psia)	597
Densidad saturada de líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	80.7
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.24
Calor específico de vapor @ presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.15
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/Cv) @ 86°F y 1Atm.	1.14
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar 34-99	A1

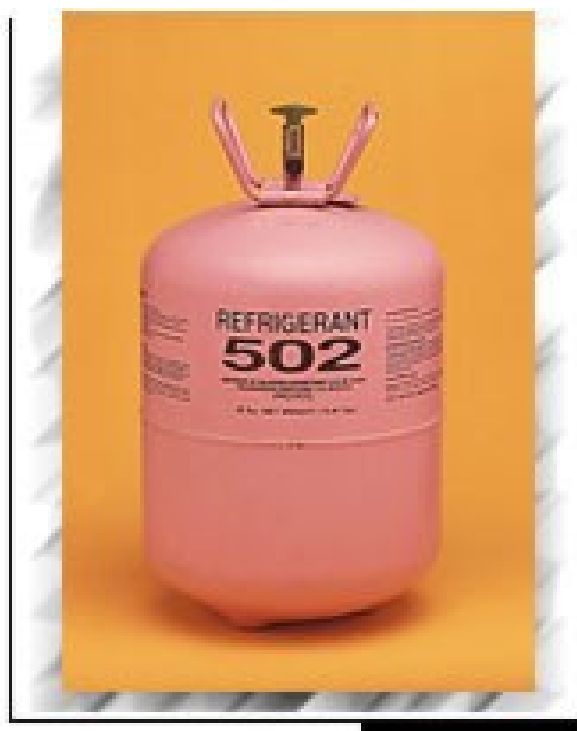
El refrigerante R-12 puede ser sustituido por el R-134a , R-401A , el R-401B , el R-409<sup>a</sup>.

El refrigerante R-12 queda fuera del mercado a partir del año 2001 y solo se utilizará para uso médico.

### 5.5 Refrigerante R-502.

## Descripción y uso del producto

- Azeótropo del refrigerante 22.
- Se utiliza en aplicaciones de refrigeración de temperatura media y baja, sobre todo en cámaras de refrigeración, máquinas de hielo, vitrinas de supermercado, etc.
- Aún siendo una mezcla azeotrópica del R-22, por el hecho de contener CFC's 115 está regulado de la misma manera que el 11 y el 12.



## Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=502
Peso molecular	111.6
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	-49.8
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-

Temperatura crítica (°F)	180
Presión crítica (psia)	591
Densidad saturada de líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	74.4
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.30
Calor específico de vapor @ presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.17
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/C) @ 86°F y 1Atm.	1.14
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar 34-99	A1

El refrigerante R-502 puede ser sustituido por el R-402A, R-402B, R-04A, R-407A, R-408A, R-507.

El refrigerante R-502 quedo fuera del mercado a partir del 2001.

## **UNIDAD VI**

### **CLASES DE REFRIGERANTES TRANSITORIOS**

En este capítulo nos basaremos más en la información de la marca quimobásicos de Genetron, ya que tiene a nuestra disposición esta clase de información de una manera más desglosada y sencilla de atender. Aquí mencionamos una información acerca de esta empresa.

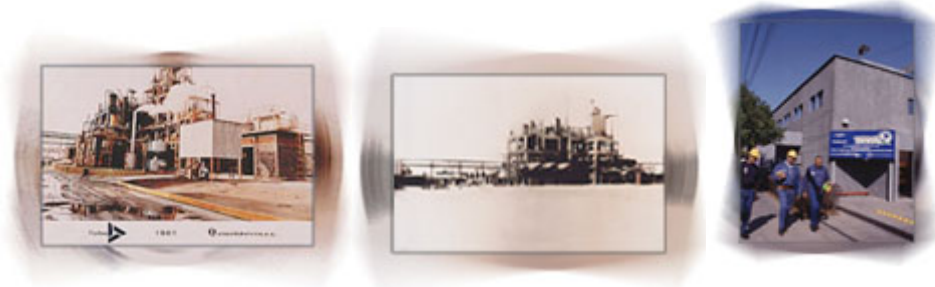
La Industria de la refrigeración y el aire acondicionado depende de manera vital de un insumo que tiene su origen en la química: el gas refrigerante. Su uso es esencial en diferentes procesos industriales:

La refrigeración y el aire acondicionado, el aislamiento térmico, la fabricación de plásticos fluorados, bajo alfombras y charolas de poliestireno, la industria de los aerosoles, usos medicinales y como agentes de limpieza de componentes electrónicos.

Quimobásicos S.A. de C.V., nació en el año de 1961, en la Cd. de Monterrey, Nuevo León. Gracias a la visión a largo plazo de los ejecutivos del grupo Cydsa, quiénes se unieron posteriormente con Allied Signal Inc. para crear una alianza estratégica para la fabricación en México de gases refrigerantes fluorocarbonados 11, 12 y 22, bajo la marca Genetron®

Actualmente Quimobásicos S.A. de C.V., cuenta con la línea más extensa de gases refrigerantes substitutos de los CFC's, amigables con la capa superior de ozono, así como una red de distribuidores que cubren más de 150 puntos de venta a lo largo de toda la República Mexicana.





## 6.1 Refrigerantes transitorios.

<b>Refrigeración Comercial de temperatura media y baja Reemplazos provisionales</b>						
Ashrae No.	Nombre Comercial	Sustituye Al	Tipo	Lubricante	Aplicaciones	Comentarios
<u>R-402-A</u> (22/125/290)	<u>HP-80</u>	R-502 YHCFC -22	Mezcla (Poco cambio en punto de ebullición)	Alquibenceno o Polioléster	Adecuaciones de Equipo instalado	Mayor presión de descarga que el R-502
<u>R-408A</u> (125/143a/22)	<u>FX-10</u>	R-502 y HCFC-22	Mezcla (poco cambio en punto de ebullición)	Alquibenceno o Polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Temperatura de descarga mayor que el R-502
<b>Reemplazos Provisionales de refrigeración comercial de temperatura media</b>						
Ashrae No.	Nombre Comercial	Sustituye al	Tipo	Lubricante	Aplicaciones	Comentarios
<u>R-401A</u> (22/152a/124)	<u>MP-39</u>	CFC-12	Mezcla(cambio considerable en punto de ebullición)	Alquibenceno o Polioléster	Adecuaciones de equipo instalado	Cercano al CFC-12 Úsese donde la Temo de Evap sea mayor a -10 f

<u>R-401B</u> <u>(22/152a/124)</u>	<u>MP-66</u>		Mezcla(cambio considerable en punto de ebullición)	Alquibenceno o Polioléster	Adecuaciones de sistemas de refrigeración de transporte refrigerado	Cercano al CFC-12 Usese donde la Temo de Evap sea mayor a -10 f
<u>R-409A</u> <u>(22/124/142B)</u>	<u>R-409A</u>		Mezcla(cambio considerable en punto de ebullición)	Alquibenceno	Adecuaciones de equipo instalado	Capacidad mayor que el cfc-12 Similar al MP66

## 6.2 Refrigerante R-402A (HP-80).

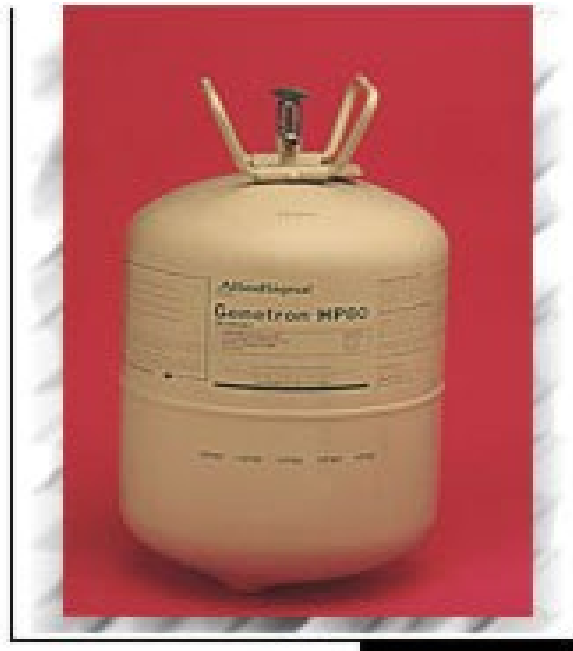
### Descripción y uso del producto.

- El Genetron HP-80 es una mezcla no azeotrópica de HFC-125, HCFC-22 y HC-290, que presenta poco cambio en el punto de ebullición.
- Por contener refrigerante 22 está sujeto a la regulación actual que marca su eliminación en el año 2020.
- En la medida de lo posible, la adecuación preferida para el R-502 debe ser un refrigerante definitivo (HFC) tal como el Genetron AZ-50 (R-507) o el Genetron 404-A, los cuáles son refrigerantes que no agotan la capa de ozono y su uso se ha incrementado de manera importante en muchas aplicaciones de equipo original.

### ¿UN SIMPLE REEMPLAZO?

- El Genetron HP-80 no es un simple reemplazo para el CFC-502. Por ello los técnicos de servicio deberán informarse y capacitarse sobre las modificaciones en los procedimientos de servicio que les permita realizar la adecuación de manera efectiva.

- Es un refrigerante alternativo desarrollado para reemplazar al R-502 en aplicaciones de refrigeración comercial de temperatura baja y media.
- Las aplicaciones en las cuales Genetron HP-80 es un refrigerante adecuado para adecuación incluyen los congeladores para supermercados, máquinas para fabricar hielo.



### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R-402A
Peso molecular	101.6
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	-56.6
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-
Temperatura crítica (°F)	168.3
Presión Crítica (psia)	615.0
Densidad saturada de líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	68.5
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.34

Calor específico de vapor @ presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.18
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/Cv) @ 86°F y 1Atm.	1.13
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar34-99	A1/A1

### 6.3 Refrigerante R-408A (FX-10).

#### Descripción y uso del producto

- El Genetron 408-A es una nueva alternativa para reemplazar al refrigerante 502 para la mayoría de aplicaciones de refrigeración de temperatura media y baja, como vitrinas de supermercados.
- Este refrigerante es una mezcla casi-azeotrópica de HFC-125, HFC-143a (hidrofluorocarbonos) y HCFC-22, por lo tanto es un producto provisional con un tiempo de vida limitado.
- No es producto recomendado para equipo original, ya que la mayoría de fabricantes de equipo están inclinándose por alternativas definitivas, tales como el Genetron AZ-50 o el Genetron 404-A.
- Sin embargo puede ser buena alternativa como un refrigerante de reemplazo para equipos con cierta vida de trabajo, en dónde se busca economía al realizar la adecuación hacia productos más ecológicos.
- El Genetron 408-A no es un reemplazo directo del R-502, así que los técnicos deben familiarizarse con los procedimientos para llevar a cabo las conversiones del equipo.
- Dos puntos clave: Los aceites minerales que han sido utilizados tradicionalmente con el R-502 son menos miscibles con el Genetron 408-A, por lo tanto para asegurar un buen retorno de aceite al compresor debe ser utilizado alquilbenceno o polioléster.
- El Genetron 408-A es una mezcla casi-azeotrópica, con un deslizamiento de temperatura en el evaporador de 1° F. , por lo tanto es segregable. Por ésta razón es importante que los sistemas sean cargados en fase líquida.



### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=408A
Peso molecular	87
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	-46.3
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-
Temperatura crítica (°F)	182.3
Presión crítica (psia)	629.5
Densidad Saturada de Líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	66.17
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.151
Calor específico de vapor @ Presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.180
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/Cv) @ 86°F y 1Atm.	-
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	++Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar 34-99	A1/A1

## 6.4 Refrigerante R-401A (MP-39).

### Descripción y uso del producto

- Es una alternativa de refrigerantes para reemplazar al CFC-12 en muchos de los sistemas de refrigeración de temperatura media.
- Estas mezclas contienen hidroclorofluorocarbonos (HCFC's), productos químicos que actualmente están reglamentados por ley en países industrializados. Ambos productos son mezclas de HCFC-22, HFC-152a y HCFC-124.
- El MP39 es un refrigerante de adecuación recomendado para vitrinas de supermercado con sistema de refrigeración, cuartos de refrigeración, máquinas expendedoras de bebidas, distribuidoras automáticas de alimentos, enfriadores de agua y refrigeradores domésticos.
- El uso del MP39 deberá limitarse a aplicaciones en las que la temperatura de evaporación se encuentre por encima de  $-10^{\circ}\text{F}$  ( $-23^{\circ}\text{C}$ ).

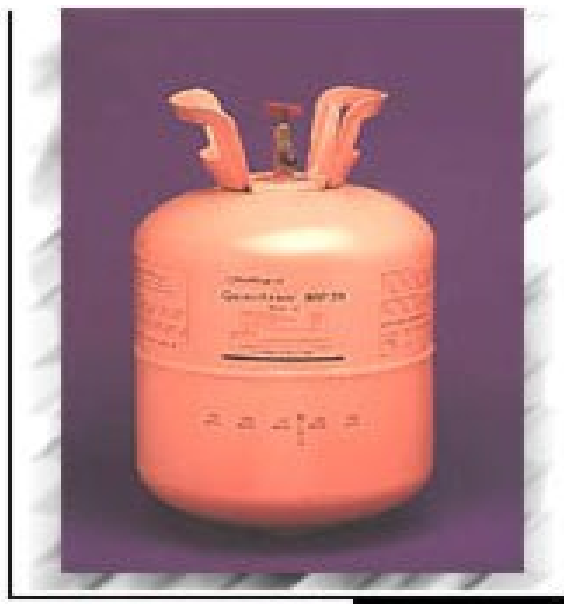
### ¿SE DEBE UTILIZAR LA MEZCLA MP-39 O EL HFC-134-a?

- En la medida de lo posible, la adecuación preferida para el CFC-12 es el HFC- 134 a, un refrigerante que no destruye la capa de ozono y que reemplazará al CFC-12 en la mayoría de las aplicaciones de equipo original.
- Sin embargo, en algunos casos, la adecuación con HFC- 134 a puede ser difícil ya que se debe retirar todo el aceite mineral en el sistema. Para estos casos se pueden preferir mezclas de servicio provisionales tales como los Genetrones MP-39 o MP-66.

- Los técnicos de servicio deben tener en mente que los futuros reglamentos pueden restringir aún más el uso de refrigerantes que contengan HCFC y pueden imponer el uso de HFC- 134 a para dar servicio a equipos Con CFC-12. MEZCLA MP-39 :

### ¿UN SIMPLE REEMPLAZO?

- La mezcla MP-39 no es un simple reemplazo para el CFC-12. Este refrigerante es una mezcla no azeotrópica de HCFC-22, HFC-152-a y HCFC-124 por lo cual es necesario que el técnico se familiarice con algunos aspectos importantes típicos de este tipo de refrigerantes.



### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=401A
Peso Molecular	94.4
Punto de Ebullición @ 1 Atm, (°F)	-26.5 ▲
Punto de Congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-
Temperatura Crítica (°F)	228.7
Presión Crítica (psia)	600
Densidad Saturada de Líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	74.0
Calor Específico de Líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.30

Calor Específico de Vapor @ Presión Constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb. °F)	0.18
Relación de Calor Específico de Vapor (K=Cp/Cv @ 86°F y 1Atm.	1.15
Flamabilidad y Explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de Grupo de Seguridad, ANSI/SHRAE estándar34-99	A1/A1

## 6.5 Refrigerante R-401B(MP-66).

### Descripción y uso del producto

- Es una alternativa de refrigerantes para reemplazar al CFC-12 en muchos de los sistemas de refrigeración de temperatura media. Estas mezclas contienen hidroclorofluorocarbonos (HCFC's), productos químicos que actualmente están reglamentados por ley en países industrializados. Ambos productos son mezclas de HCFC-22, HFC-152a y HCFC-124.
- El MP66 está diseñado principalmente para reemplazar al CFC-12 como refrigerante de adecuación en refrigeración de transporte. Sin embargo, en casos en que existan relaciones de alta presión, el uso del MP66 puede provocar serias reducciones de capacidad y temperaturas de descarga excesivas.

### ¿SE DEBE UTILIZAR LA MEZCLA MP-66 O EL HFC-134-a?

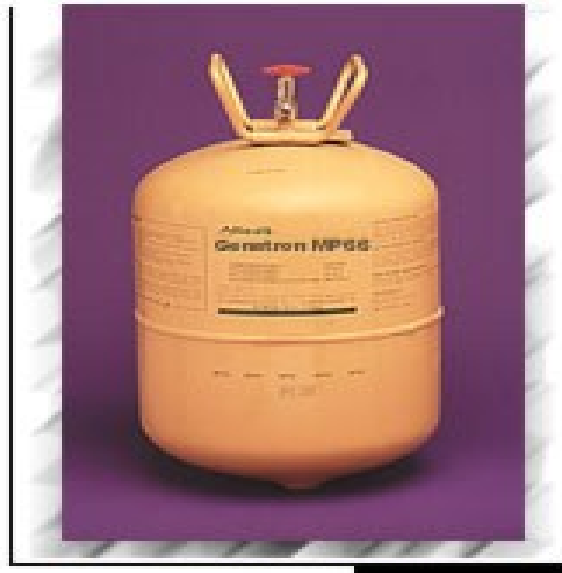
- En la medida de lo posible, la adecuación preferida para el CFC-12 es el HFC- 134 a, un refrigerante que no destruye la capa de ozono y que reemplazará al CFC-12 en la mayoría de las aplicaciones de equipo original.
- Sin embargo, en algunos casos, la adecuación con HFC- 134 a puede ser difícil ya que se debe retirar todo el aceite mineral en el sistema. Para estos casos se pueden preferir mezclas de servicio provisionales tales como los Genetrones MP-39 o MP-66.
- Los técnicos de servicio deben tener en mente que los futuros reglamentos pueden restringir aún más el uso de refrigerantes que



contengan HCFC y pueden imponer el uso de HFC- 134 a para dar servicio a equipos Con CFC-12. MEZCLA MP-66.

### ¿UN SIMPLE REEMPLAZO?

- La mezcla MP-66 no es un simple reemplazo para el CFC-12. Este refrigerante es una mezcla no azeotrópica de HCFC-22, HFC-152-a y HCFC-124, por lo cual es necesario que el técnico se familiarice con algunos aspectos importantes típicos de este tipo de refrigerantes.



### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=401B
Peso molecular	92.9
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	-29.5 ▲
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-
Temperatura crítica (°F)	226.4
Presión crítica (psia)	596.1
Densidad saturada de líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	74.0
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.30
Calor específico de vapor @ Presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.17
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/Cv @ 86°F y 1Atm.	0.15
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar34-99	A1/A1

## 6.6 Refrigerante R-409A.

### Descripción y uso del producto

- Es un refrigerante alternativo diseñado para reemplazar al CFC-12 en sistemas de refrigeración de temperatura media y baja.
- Los sistemas para los cuales se recomienda el uso del R-409A incluyen; exhibidores en supermercados, máquinas de venta de bebidas, enfriadores de agua, congeladores domésticos y comerciales y transportes refrigerados.
- El R-409A incluyen: es una mezcla que contiene hidroclorofluorocarbonos (HCFC's); su uso es actualmente regulado por la ley y su consumo es controlado en los países desarrollados. La mezcla es una combinación de HCFC-22, HCFC-124 y HCFC-142b.
- El R-409A no es un remplazo directo del CFC-12, así que los técnicos de servicio deben familiarizarse con los procedimientos para llevar a cabo las conversiones de equipo.

Dos son los puntos clave que tienen que cuidar son:

1. Los aceites minerales que han sido utilizados tradicionalmente con el CFC-12 son menos miscibles con r-409A que con CFC-12; por lo tanto, para asegurar un buen retorno del aceite, el lubricante que debe ser utilizado es el Alquibenceno.
2. El R-409A es un mezcla que se puede segregar. Por esta razón, es esencial que los sistemas sean cargados del cilindro sólo con líquido y no con vapor.

En este tipo de refrigerante no se encontró la ilustración del tanque de refrigerante.

## Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=409A**
Peso Molecular	97.5
Punto de Ebullición @ 1 Atm, (°F)	-32.4▲
Punto de Congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-
Temperatura Crítica (°F)	228..9
Presión Crítica (psia)	673.1
Densidad Saturada de Líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	74.8
Calor Especifico de Líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.2962
Calor Específico de Vapor @ Presión Constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.169
Relación de Calor Específico de Vapor (K=Cp/Cv @ 86°F y 1Atm.	1.15
Flamabilidad y Explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de Grupo de Seguridad, ANSI/SHRAE estándar 34-99	A1/A

### 6.7 Refrigerante R-22.

Podríamos considerar también al R-22 porque su vigencia es hasta el año 2040.

#### Descripción y uso del producto

- Actualmente es el refrigerante mas utilizado en aplicaciones de baja temperatura.
- Es un refrigerante que opera a más altas presiones pero ofrece menor desplazamiento en el compresor. Su uso principal es para equipos de aire acondicionado de paquete, en aplicaciones residenciales comerciales e industriales.
- Es importante señalar que este refrigerante es un hidroclorofluorocarbono, y aún cuando está regulado por el protocolo de Montreal, su fecha de salida en el mercado mexicano es en el 2040.



### Especificaciones técnicas

Sustitutos (Ver tabla de sustituciones)	
Número ASHRAE	R=22
Peso molecular	86.5
Punto de ebullición @ 1 Atm, (°F)	-41.4
Punto de congelamiento @ 1 Atm, (°F)	-256
Temperatura crítica (°F)	205
Presión crítica (psia)	722
Densidad saturada de líquido @ (86°F) (lbs/cu.ft)	73.3
Calor específico de líquido @ 86°F (Btu/lb.°F)	0.31
Calor específico de vapor @ Presión constante (Cp) @ 86°F y 1 Atm (Btu/lb.°F)	0.20
Relación de calor específico de vapor (K=Cp/Cv) @ 86°F y 1Atm.	1.18
Flamabilidad y explosividad (basadas en ASHRAE estándar 34) ++	Ninguna
Clasificación de grupo de seguridad, ANSI/SHRAE estándar 34-99	A1

**UNIDAD VII**

**REFRIGERANTES LIBRES DE CLORO DESDE EL**  
**2006**

En este capítulo nos basaremos más en la información de la marca ISCEON ya que tiene a nuestra disposición esta clase de información y por recomendaciones de eruditos del tema es la mejor. Refrigerantes DuPont a sido líder durante 75 años, ofreciendo lo mejor en refrigerantes con aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración industrial. Alrededor del mundo estos refrigerantes son confiables en servicios de manufactura, servicio técnico y equipamiento propio, rentable y eficiente en aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado.

DuPont ha sido pionera en muchos de los avances científicos que han hecho posible el aire acondicionado y la refrigeración. Con más de 75 años de liderazgo en la ciencia y la tecnología de los refrigerantes, ofrecemos la más amplia gama de soluciones para los equipos actuales y futuros, y asumimos el compromiso de impulsar The science of Cool™ para liderar la búsqueda de nuevas soluciones de refrigeración que mejoren el confort y la calidad de vida en todo el mundo.

Esta guía contiene información de la línea completa de Refrigerantes DuPont™ ISCEON® Serie 9 para ayudarle a seleccionar el mejor refrigerante DuPont para su aplicación. Además, la información de producto está disponible en nuestra web o a través de su distribuidor local de refrigerantes DuPont.

Actualmente ha desarrollado un software que permite la fácil y rápida generación de datos de refrigerantes, incluyendo propiedades termodinámicas y la teoría del ciclo de refrigeración.

Algunos productos que ofrece son los siguientes:

Aplicación: Aire Acondicionado estacionario.

ISCEON® 39TC®	ISCEON® MO29®	ISCEON® MO49®
ISCEON® MO59C®	Suva® 123	Suva® 124
Suva® 134A	Suva® 236fa	Suva® 407C
Suva® 401A	Freón® 22	

Aplicación: Aire Acondicionado automotriz.

Suva® 134a                      ISCEON® MO49®

Aplicación: Refrigeración.

ISCEON® MO29®	Suva® HP81 (R-402B)	ISCEON® MO59®
ISCEON® 39TC®	ISCEON® MO49C®	ISCEON® MO29®
Suva® HP81(R-402B)	ISCEON® MO59®	ISCEON® MO89C®
Suva® 134a	Suva® MP39(R401A)	Suva® MP66 (R401B)
Suva® HP80 (R402A)	Suva® 404A	Suva® 407C
Suva® 408A	Suva® 409A	Suva® 507
Suva® 95	Freón® 22	Freón® 23
DuPont™ R-403B		

## 7.1 Refrigerante R-423A (39-TC).

### Descripción y uso del producto

ISCEON® 39TC® Reemplaza a R-12 en compresores centrífugos.

### Refrigerante

ISCEON® 39TC® es un refrigerante HFC, no perjudicial para la capa de ozono, ideal para sustituir al R-12 en enfriadoras por centrifugado.

### ASHRAE

R-423A

### Reemplaza a

R-12

### Aplicaciones

Enfriadores centrífugos diseñados para R-12.

## **Ventajas**

- Proporciona una renovación eficaz y económica.
- Refrigerantes de sustitución HFC no perjudicial para la capa de ozono.
- La sustitución sólo necesita un cambio de lubricante de polioléster sin nivelado adicional.
- Evita realizar cambios técnicos caros en los equipos de enfriado existentes.
- Permite la utilización económica y continua del equipo de enfriado existente.

## **Prestaciones**

- Proporciona la capacidad de enfriado necesaria y una eficiencia energética similar al R-12.
- Temperatura y presión de descarga similar al R-12.

## **Lubricante recomendado**

En la mayoría de los sistemas, la actualización sólo requiere cambiar a un lubricante polioléster. ISCEON® 39TC® tolera altos niveles de residuos de aceite mineral en polioléster; por tanto, generalmente no es necesario ningún sistema de nivelado tras el cambio del lubricante original al polioléster.

## **7.2 Refrigerante R-422D (MO-29).**

### **Descripción y uso del producto**

ISCEON® MO29 Sustitución en usos múltiples de R-22, en equipos de expansión directa (acondicionadores de aire y refrigeración de temperaturas media y alta).

### **Refrigerante**

DuPont™ ISCEON® MO29 es un sustituto líder para múltiples objetivos del R-22 en sistemas de enfriado de agua de expansión directa, así como en sistemas de aire acondicionado profesionales y domésticos de temperatura media y baja.

### **ASHRAE**

R422D. Esta es la referencia que ha sido recomendada por ASHRAE, aunque está pendiente de confirmación.



## **Reemplaza a**

R-22

## **Aplicaciones**

Sustitución en usos múltiples de R-22 en equipos de expansión directa (aire acondicionado, sistemas de enfriado de agua y refrigeración en temperatura media y baja).

## **Ventajas**

- Sustitución eficiente y económica.
- Refrigerante de sustitución HFC que no daña la capa de ozono.
- Compatible con lubricantes tradicionales: en la mayoría de los casos no se precisa un cambio de tipo de lubricante.
- Permite seguir utilizando los equipos existentes.

## **Prestaciones**

- Alcanza la capacidad y eficiencia del R-22 en la mayor parte de los sistemas.
- Temperatura de descarga menor frente al R-22 –que puede prolongar la vida del compresor en algunos sistemas.

## **Lubricante recomendado**

DuPont™ ISCEON® MO29 es compatible con lubricantes tradicionales y nuevos, incluidos aceites minerales, alquilbenceno y polioléster. La renovación no requiere el cambio de lubricante en la mayoría de los casos.

## **7.3 Refrigerante R-417A (MO-59).**

### **Descripción y uso del producto**

ISCEON® MO59 El que mejor se adapta a la sustitución de R-22 en sistemas pequeños de aire acondicionado (<15kW).

### **Refrigerante**

ISCEON® MO59 es un refrigerante HFC eficaz y económico, no perjudicial para la capa de ozono, para sustitución del R-22 en aire acondicionado de expansión directa. Es el más adecuado para sustituir al R-22 en sistemas pequeños de aire acondicionado (<15kW).

## **ASHRAE**

R-417A

### **Sustituye a**

R-22

### **Aplicaciones**

- Sistemas de aire acondicionado de Split.
- Nota: se recomienda utilizar ISCEON® MO59 para enfriadores de agua.

### **Ventajas**

- Sustitución eficaz y económica.
- Refrigerante HFC de sustitución no perjudicial para la capa de ozono.
- Compatible con lubricantes tradicionales –en la mayoría de los casos no se precisa el cambio de tipo de lubricante durante la sustitución.
- Permite la utilización continuada del equipo existente.
- Clasificación ASHRAE de seguridad A1 (ver boletín AS-1 y los MSDS).

### **Prestaciones**

- Temperatura y presión de descarga menores que las del R-22 -lo que puede prolongar la vida del compresor.
- En algunos sistemas ha mostrado ahorros de energía.

### **Lubricante recomendado**

ISCEON® MO59 es compatible con lubricantes tradicionales y nuevos, incluidos aceites minerales, alquilbenceno y polioléster. La renovación no requiere el cambio de lubricante en la mayoría de los casos.

## **7.4 Refrigerante R-422A (MO-79).**

### **Descripción y uso del producto**

ISCEON® MO79 El que mejor se adapta en sustitución de las mezclas de series R502, R402, R403. R408.

### **Refrigerante**

ISCEON® MO79 es uno de los principales refrigerantes HFC que no perjudican la capa de ozono, para la sustitución del R-502 y R-402 y de las series R-403 y R-408 que contengan mezclas de refrigerantes con HCFC, en sistemas de refrigeración de expansión directa comerciales e industriales.

## **ASHRAE**

R-422A

### **Sustituye a**

R-22; R-502, HCFC-con mezclas.

### **Aplicaciones**

- El que mejor se adapta a la sustitución de las series de mezclas R-502, R-402, R-403, R-408 en determinadas aplicaciones de baja temperatura.

### **Ventajas**

- Sustitución eficaz y económica -más sencilla que R-404A y R507.
- Refrigerante de sustitución HFC no perjudicial para la capa de ozono.
- Compatible con lubricantes tradicionales –la renovación no requiere el cambio de lubricante en la mayoría de los casos.
- Permite seguir utilizando equipos existentes.
- Efecto potencial sobre el «Global Warming Potential» (GWP) 20% inferior al R-404A y R507.

### **Prestaciones**

- Mejor capacidad de enfriado que el R22 en muchas condiciones operativas y hasta un 15% superior en condiciones de baja temperatura.
- Capacidad de enfriado similar al R-404A y R-507.
- Las pruebas de campo muestran una mejor eficiencia energética que el R-22
- Temperatura de descarga inferior a la del R-22 –lo que prolonga la vida del compresor.

### **Lubricante recomendado**

ISCEON® MO79 es compatible con lubricantes tradicionales y nuevos, incluidos aceites minerales, alquilbenceno y polioléster. En la mayoría de los casos, no es necesario cambiar el tipo de lubricante con la actualización.

## **7.5 Refrigerante R-413A (MO-49).**

### **Descripción y uso del producto**

ISCEON® MO49Plus™ Sustituye a R-12, R-413A, R-401, R-409<sup>a</sup> en aire acondicionado de automóvil y refrigeración y aire acondicionado fijos ISCEON® MO49Plus™.

### **Refrigerante**

ISCEON® MO49Plus™ es un refrigerante HFC económico no perjudicial para la capa de ozono, para sustitución del R-12 en sistemas de aire acondicionado de automóvil o fijos, y para sistemas fijos de refrigeración de temperatura media de expansión directa.

### **ASHRAE**

R-437A (pendiente).

### **Sustituye**

R-12, R-413A, mezclas con HCFC (p.e. MP39, MP66, R-409A).

### **Aplicaciones**

- Sistemas de aire acondicionado de automóvil diseñados para R-12.
- Sistemas de refrigeración diseñados para R-12, como:
  - Servicios de alimentación.
  - Mostradores de supermercados.
  - Almacenamiento y procesado de alimentos.
  - Neveras y congeladores domésticos.

### **Ventajas**

- Sustitución económica.
- Refrigerante HFC de sustitución no perjudicial para la capa de ozono.
- Compatible con lubricantes tradicionales –en muchos casos, no precisa cambiar el tipo de lubricante.
- Permite mantener equipos existentes.
- Clasificación ASHRAE de seguridad A1 (ver boletín AS-1 y los MSDS).

## **Prestaciones**

- Capacidad de enfriado superior en un 10% al R-12.
- Eficiencia energética similar o ligeramente inferior al R-12.
- Menor temperatura de descarga que el R-12.

## **Lubricante recomendado**

Para sistemas de aire acondicionado en automóviles, ISCEON® MO49Plus™ es compatible con los aceites minerales de los sistemas R-12 anteriores. La renovación no requiere el cambio de lubricante en la mayoría de los casos.

En aire acondicionado R-12 fijo de temperatura media, ISCEON® MO49Plus™ es compatible con lubricantes minerales tradicionales y nuevos, alquilbenceno y polioléster. En la mayoría de los casos, no se precisa cambio de lubricante durante la sustitución.

## **7.6 Refrigerante (MO-89).**

### **Descripción y uso del producto**

ISCEON® MO89 Sustituye a R-13B1 en refrigeración de temperatura muy baja. ISCEON® MO89.

### **Refrigerante**

ISCEON® MO89 es un refrigerante HFC no perjudicial para la capa de ozono, que sustituye al R-13B1 en sistemas de refrigeración de expansión directa de muy baja temperatura.

### **ASHRAE**

Sin asignar

### **Sustituye A**

R-13B1

### **Aplicaciones**

- Refrigeración de muy baja temperatura (inferior a  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $-70^{\circ}\text{C}$ ), que incluyen:
  - Liofilizadores.
  - Congeladores médicos.

– Cámaras ambientales.

### **Ventajas**

- Sustitución eficaz y económica.
- HFC no perjudicial para la capa de ozono.
- Compatible con lubricantes tradicionales y nuevos – la renovación no requiere el cambio de lubricante en la mayoría de los casos.
- Puede rellenarse con el equipo en marcha sin extraer la carga completa de refrigerante.

### **Prestaciones**

- Capacidad de enfriado similar al R-13B1.

### **Lubricante recomendado**

ISCEON® MO89 es compatible con lubricantes tradicionales y nuevos, incluidos aceites minerales, alquilbenceno y polioléster. En muchos casos, no es necesario cambiar el tipo de lubricante con la actualización. Consulte la guía de renovación del ISCEON® MO89 para ampliar la información.

### **Manipulación segura**

Al igual que los refrigerantes a los que sustituyen, los refrigerantes DuPont™ ISCEON® 9 Series son seguros de usar cuando se manipulan de forma adecuada. Sin embargo, cualquier refrigerante puede ser peligroso si se utiliza de modo incorrecto.

Consulte los procedimientos de manipulado en el manual de «Material Safety Data Sheet (MSDS)». Puede completar la información sobre seguridad de los refrigerantes DuPont™ ISCEON® 9 Series en el boletín «Safety of DuPont® Refrigerants (AS-1)».

Para información relativa a Propiedades, Usos, Almacenamiento y Manipulado (PUSH) de los refrigerantes DuPont™ ISCEON® 9 Series, consulte el boletín PUSH adecuado.

## **CONCLUSIONES**

Al analizar este presente trabajo observo que el objetivo central de la tesis se cumplió, ya que se hizo el análisis completo acerca de la aplicación de los refrigerantes con ciertas características y una de sus graves consecuencias: la destrucción de la capa de ozono.

Se hizo un análisis de lo más completa acerca de los refrigerantes, deduciendo su clasificación y los diferentes tipos de estos para poder irnos ubicando de los refrigerantes que dañan la capa de ozono.

La destrucción de la capa de ozono es un peligro para la humanidad ya que al hacer esta investigación, me pude percatar que realmente ha existido un gran daño a esta, pero la naturaleza se cobra con las grandes destrucciones de las obras humanas a través del cambio climático.

Pero afortunadamente no todo se lo estamos dejando a la naturaleza, el ser humano a tratado de tomar conciencia de este problema y a nivel mundial ha lanzado y promovido dos importantes tratados: el protocolo de Montreal y el protocolo de Kioto con sus respectivas enmiendas.

Desafortunadamente uno de los países que más ha contaminado el planeta se resiste a cumplir con estos tratados, a pesar de que en el norte ya se agrando el agujero de la capa de ozono y a este paso dentro de poco toda Canadá y los Estados Unidos sufrirán los devastadores ataques de los rayos ultravioleta. Porque a este paso pronto cubrirá a estos países.

Pero se han hecho muchas cosas positivas, el papel de México a sido promover el buen uso de los refrigerantes financiado por la ONU y los países Europeos que son los que llevan más fuerte la carga financiera.

Actualmente en el mercado de la refrigeración y el aire acondicionado, existen unos nuevos tipos de refrigerantes que parece ser que a la larga serán



considerados como permanentes. Esto lo menciono así por que en algunos años podrían surgir nuevos tipos de refrigerantes y los permanentes de la actualidad podrían desaparecer.

Al hacer un análisis de mercado encontré con dos fabricantes, donde se fabrican los refrigerantes tradicionales, pero siguiendo los tratados de Montreal, se han dejado de fabricar algunos refrigerantes y se han producido nuevos, solo que aquí siento que la marca ISCEON ya tomó cierta delantera en lo referente a los refrigerantes libres de cloro, porque la información que encontré de quimobásicos fue nula.

Al final de esta tesis hice un anexo de tablas y gráficas de los diferentes refrigerantes para que el estudiante de las ingenierías pueda hacer uso de éstas ya que es información actualizada difícil de encontrar en libros especializados.

De último momento. Artículo:

martes 18 de noviembre, 06:00 PM



El químico mexicano Mario Molina fue designado como miembro del equipo de transición del presidente electo Barack Obama como co-líder de los planes para desarrollar la política de ciencia y tecnología del nuevo gobierno.

Molina, nacido en México, naturalizado estadounidense y ganador del Premio Nobel de Química en 1995, es actualmente profesor del Departamento de Química y Bioquímica de la Universidad de California en San Diego (UCSD).

El anuncio fue hecho en el marco de un mensaje enviado este martes por Obama a la Cumbre sobre Cambio Climático que tiene lugar en Los Angeles con 600 científicos, y en el que prometió "un nuevo capítulo de liderazgo de Estados Unidos sobre cambio climático".

"Pocos de los desafíos que enfrenta Estados Unidos y el mundo son más urgentes que combatir el cambio climático, pero con frecuencia Washington ha fracasado en demostrar el mismo tipo de liderazgo. Eso cambiará cuando asuma la presidencia", ofreció Obama.

Molina, de 65 años, es reconocido como uno de los precursores en la investigación sobre la formación de un hoyo en la capa de ozono sobre la Antártica.

El galardón Nobel fue en parte un reconocimiento a su trabajo para clarificar la amenaza que representa los gases de clorofluorocarbono (CFC).

Se espera que su presencia en el equipo de Obama ayude a moldear las políticas del nuevo gobierno para ayudar a mitigar el impacto del calentamiento global, de acuerdo con la USCD.

Obama designó además a Peter Cowhey, otro miembro de la facultad de UCSD, como co-líder del equipo de transición para la integración de la nueva representación comercial de la Casa Blanca.

"Esto es un buen signo de la nueva administración de buscar más allá de la infraestructura de Washington para encontrar la experiencia, el talento y la sabiduría de Peter Cowhey y Mario Molina", destacó la rectora de UCSD, Maryw Anne Fox.

Ni Molina ni Cowhey estuvieron de inmediato disponibles para entrevistas.

## **BIBLIOGRAFIA**

Algunas páginas web consultadas:

[www.theozonehole.com/index.html](http://www.theozonehole.com/index.html)

[www.theozonehole.com.wmo2008](http://www.theozonehole.com.wmo2008)

[www.ecosave.com.mx](http://www.ecosave.com.mx)

[www.quimobásicos.com](http://www.quimobásicos.com)

[www.isceon.com](http://www.isceon.com)

[www.unep.org/ozone](http://www.unep.org/ozone)

[www.unep.ch/ozone](http://www.unep.ch/ozone)

Algunos libros y manuales consultados:

Refrigeración y acondicionamiento de aire.

W. F. Stoecker.

Ed. Mc. Graw Hill. 1965

Termodinámica.

Virgil Moring Faires.

Ed. UTHEA. 1997

Termodinámica Tomo II.

Cengel Yunus A.

Boles Michael A.

Ed. Mc Graw Hill. 1996

Termodinámica Clásica.

Russell y Adebisi.

Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. 1997

Manual de refrigeración industrial.

Principio, diseño y aplicaciones.

Mycom. Mayekawa de México, S.A de C.V.

Manual de refrigeración y aire acondicionado.

Botero Camilo.

Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1995

Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración.

Hernandez Goribar.

Ed. Limusa, 1992.

Principios de refrigeración.

R. Warren Marsh.

C. Thomas Olivo.

Ed. Diana 2ª. Edición.

## **ANEXOS**

TABLA DE PRESION-TEMPERATURA DE CLOROFLUOROCARBONOS								
TEMP. °C	TEMP. °F	11	114	12	500	502	13	503
-101.1	-150.0			29.6	29.5	29.1	20.9	16.9
-95.5	-140.0			29.4	29.2	28.5	16.8	11.1
-90.0	-130.0			29.1	28.8	27.8	11.5	3.5
-84.4	-120.0			28.6	28.3	26.7	4.5	3.1
-78.8	-110.0		29.7	27.9	27.5	25.3	2.1	9.3
-73.3	-100.0	29.7	29.5	27.0	26.9	23.3	7.6	16.9
-67.7	-90.0	29.6	29.3	25.8	24.9	20.6	14.3	26.3
-62.2	80.0	29.5	29.0	24.1	22.9	17.2	22.5	37.7
-56.6	70.0	29.4	28.6	21.9	20.3	12.7	32.3	51.3
-51.1	60.0	29.1	28.0	19.0	17.0	7.2	43.9	67.3
-45.5	50.0	28.8	27.1	15.4	12.8	0.2	57.6	86.1 107.8
-40.0	40.0	28.3	26.1	11.0	7.6	4.1	73.3	119.9 132.8
-37.2	35.0	28.0	25.4	8.4	4.6	6.5	82.2	146.7 161.4
-34.4	30.0	27.7	24.7	5.5	1.2	9.2	91.6	177.1 193.9
-31.6	25.0	27.4	23.8	2.3	1.2	12.1	101.7	211.6 230.5
-28.8	20.0	26.9	22.9	0.6	3.2	15.3	112.5	250.5 271.7
-26.1	15.0	26.5	21.8	2.5	5.4	18.8	123.9	294.1 317.8
-23.3	10.0	25.9	20.6	4.5	7.8	22.6	136.1	342.8 369.3
-20.5	5.0	25.3	19.3	6.7	10.4	26.7	149.1	397.2 426.6
-17.7	0.0	24.6	17.8	9.2	13.3	31.1	162.9	457.5 490.2
-15.0	5.0	23.9	16.2	11.8	16.4	35.9	177.4	524.5 560.7
-12.2	10.0	23.0	14.4	14.7	19.7	41.0	192.8	598.7
-9.4	15.0	22.1	12.4	17.7	23.3	46.5	209.1	
-6.6	20.0	21.0	10.2	21.1	27.2	52.5	226.3	
-3.8	25.0	19.8	7.8	24.6	31.4	58.8	244.4	
-1.1	30.0	18.5	5.1	28.5	36.0	65.6	263.5	
1.6	35.0	17.1	2.2	32.6	40.8	72.8	283.6	
4.4	40.0	15.5	0.4	37.0	46.0	80.5	304.8	
7.2	45.0	13.8	2.1	41.7	51.6	88.7	327.1	
10.0	50.0	12.0	3.9	46.7	57.5	97.4	350.4	
12.7	55.0	9.9	5.9	52.1	63.8	106.6	375.0	
15.5	60.0	7.7	8	57.8	70.6	116.4	400.9	
18.3	65.0	5.3	10.3	63.8	77.7	126.7	428.1	
21.1	70.0	2.7	12.7	70.2	85.3	137.6	456.8	
23.8	75.0	0.1	15.3	77.0	93.4	149.1	487.2	
26.6	80.0	1.6	18.2	84.2	101.9	161.2	519.4	
29.4	85.0	3.2	21.2	91.7	110.9	174.0		
32.2	90.0	4.9	24.4	99.7	120.5	187.4		
35.0	95.0	6.8	27.8	108.2	130.5	201.4		
37.7	100.0	8.8	31.14	117.0	141.1	216.2		
40.5	105.0	10.9	35.3	126.4	152.2	231.7		
43.3	110.0	13.2	39.4	136.2	163.9	247.9		
46.1	115.0	15.7	43.8	146.5	176.3	264.9		
48.8	120.0	18.3	48.4	157.3	189.2	282.7		
51.6	125.0	21.1	53.3	168.6	202.7	301.3		
54.4	130.0	24.0	58.4	180.5	216.9	320.6		
57.2	135.0	27.1	63.9	192.9	231.8	341.2		
60.0	140.0	30.5	69.6	205.9	247.4	362.6		
62.7	145.0	34.0	75.6	219.5	263.7	384.9		
65.5	150.0	37.7	82.0	233.7	280.7	408.4		

Presiones de vapor en psig.  
Vacio en pulgadas de mercurio

REFRIGERANTES ALTERNATIVOS								
		Burbuja	Rocío	Burbuja	Rocío	Burbuja	Rocío	
		(liq.)	(vap.)	(liq.)	(vap.)	(liq.)	(vap.)	
TEMP. °C	TEMP. °F	134a	MP39	MP39	MP66	MP66	409A	409A
-40.0	-40.0	14.7	3.8	12.5	7.2	11.3	5.2	13.2
-37.2	-35.0	12.3	2.3	10.1	4.0	8.7	1.9	10.7
-34.4	-30.0	9.7	0.7	7.3	0.4	5.9	0.9	7.9
-31.6	-25.0	6.8	1.1	4.3	1.8	2.7	2.9	4.8
-28.8	-20.0	3.6	3.1	0.9	3.9	0.4	5.1	1.4
-26.1	-15.0	0.0	5.3	1.4	6.3	2.3	7.4	1.2
-23.3	-10.0	2.0	8.9	3.4	8.9	4.4	10.0	3.2
-20.5	-5.0	4.1	10.3	5.6	11.7	6.7	12.9	5.5
-17.7	0.0	6.5	13.2	8.0	14.8	9.3	16.0	8.0
-15.0	5.0	9.1	16.3	10.6	18.2	12.0	19.3	10.6
-12.2	10.0	12.0	19.7	13.5	21.9	15.0	22.9	13.6
-9.4	15.0	15.1	23.3	16.7	25.9	18.3	26.8	16.8
-6.6	20.0	18.4	27.3	20.1	30.2	21.8	31.0	20.0
-3.8	25.0	22.1	31.6	23.8	34.9	25.7	35.5	24.0
-1.1	30.0	26.1	36.2	27.8	39.9	29.8	40.4	28.0
1.6	35.0	30.4	41.1	32.2	45.3	34.3	45.6	32.4
4.4	40.0	35.0	46.4	36.8	51.0	39.1	51.1	37.1
7.2	45.0	40.0	52.1	41.9	57.2	44.3	57.1	42.1
10.0	50.0	45.4	58.2	47.3	63.8	49.9	63.4	47.6
12.7	55.0	51.2	64.7	53.1	70.8	55.9	70.1	53.4
15.5	60.0	57.4	71.6	59.4	78.3	62.3	77.3	59.6
18.3	65.0	64.0	79.0	66.0	86.3	69.1	84.9	66.2
21.1	70.0	71.1	86.9	73.2	94.8	76.4	92.9	73.2
23.8	75.0	78.6	95.2	80.8	103.7	84.2	101.5	80.7
26.6	80.0	86.7	104.0	88.9	113.2	92.5	110.5	88.7
29.4	85.0	95.2	113.4	97.5	123.2	101.3	120.0	97.2
32.2	90.0	104.3	123.3	106.7	133.7	110.6	130.0	106.2
35.0	95.0	113.9	133.7	116.4	144.8	120.6	140.6	115.7
37.7	100.0	124.1	144.7	126.8	156.4	131.1	151.7	125.8
43.3	110.0	146.3	168.5	149.2	181.5	153.9	175.7	147.6
48.8	120.0	171.1	194.8	174.3	209.0	179.4	202.1	171.9
54.4	130.0	198.7	223.7	202.2	238.9	207.6	231.1	198.9
60.0	140.0	229.2	255.3	233.1	271.5	238.8	262.7	228.6
65.5	150.0	262.8	289.8	267.1	306.6	273.2	297.1	261.3

\* Vacío en pulgadas de mercurio



Pressure-Temperature Guide – SI  
Dew Point — Saturated Vapor (kPa – abs)

Temp. °C	ISCEON®	ISCEON®	ISCEON®	ISCEON®	ISCEON®	ISCEON®	Temp. °F
	MO29 R-422D	39TC® R-423A	MO49 R-413A	MO49Plus™ R-437A*	MO59 R-417A	MO79 R-422A	
-40	93	45	56	59	76	123	-40
-39	98	48	59	62	80	129	-38
-38	103	50	62	65	84	135	-36
-37	108	53	66	69	88	141	-35
-36	113	56	69	72	92	148	-33
-35	119	59	73	76	97	155	-31
-34	125	62	76	80	102	162	-29
-33	131	65	80	84	107	169	-27
-32	137	68	84	88	112	177	-26
-31	143	72	88	92	117	184	-24
-30	150	75	93	97	123	193	-22
-29	156	79	97	101	128	201	-20
-28	163	82	102	106	134	210	-18
-27	171	86	106	111	140	218	-17
-26	178	90	111	116	147	228	-15
-25	186	95	117	122	153	237	-13
-24	194	99	122	127	160	247	-11
-23	203	104	127	133	167	257	-9
-22	211	108	133	139	175	267	-8
-21	220	113	139	145	182	278	-6
-20	229	118	145	151	190	289	-4
-19	239	124	152	158	198	300	-2
-18	248	129	158	165	206	312	0
-17	258	135	165	172	215	324	1
-16	269	140	172	179	224	336	3
-15	280	146	179	186	233	349	5
-14	291	153	187	194	242	362	7
-13	302	159	194	202	252	376	9
-12	314	165	202	210	262	390	10
-11	326	172	210	219	272	404	12
-10	338	179	219	227	283	418	14
-9	351	186	228	236	294	433	16
-8	364	194	237	246	305	449	18
-7	377	202	246	255	316	465	19
-6	391	210	255	265	328	481	21
-5	405	218	265	275	340	498	23
-4	420	226	275	286	353	515	25
-3	435	235	286	296	366	532	27
-2	450	244	296	307	379	550	28
-1	466	253	307	319	393	569	30
0	482	262	319	330	407	587	32
1	499	272	330	342	421	607	34
2	516	282	342	355	436	627	36
3	533	292	355	367	451	647	37
4	551	303	367	380	467	668	39
5	569	313	380	394	482	689	41
6	588	324	394	407	499	711	43
7	607	336	407	421	516	733	45
8	627	347	421	436	533	756	46
9	647	359	436	451	550	779	48
10	668	372	450	466	568	803	50

\* Properties calculated using REFPROP Ver 8.0, Std Ref Data Program, NIST 2007.

Pressure-Temperature Guide – SI  
Bubble Point — Saturated Liquid (kPa – abs)

Temp. °C	ISCEON® MO29 R-422D	ISCEON® 39TC® R-423A	ISCEON® MO49 R-413A	ISCEON® MO49Plus™ R-437A*	ISCEON® MO59 R-417A	ISCEON® MO79 R-422A	Temp. °F
10	740	381	503	508	639	841	50
11	762	393	518	525	658	866	52
12	784	407	535	541	678	892	54
13	808	420	551	558	699	918	55
14	831	434	568	576	720	944	57
15	856	448	585	594	742	971	59
16	880	463	603	612	763	999	61
17	906	478	621	631	786	1027	63
18	931	493	640	650	809	1056	64
19	958	509	659	670	832	1086	66
20	985	525	678	690	856	1116	68
21	1012	541	698	710	881	1146	70
22	1040	558	718	731	906	1178	72
23	1069	575	739	753	931	1210	73
24	1098	592	760	775	957	1242	75
25	1128	610	782	797	984	1276	77
26	1158	629	804	820	1011	1310	79
27	1189	648	826	843	1038	1344	81
28	1221	667	850	867	1067	1380	82
29	1253	686	873	892	1095	1415	84
30	1286	706	897	917	1125	1452	86
31	1320	727	922	942	1155	1490	88
32	1354	748	947	968	1185	1528	90
33	1389	769	972	994	1216	1566	91
34	1424	791	998	1021	1248	1606	93
35	1460	813	1025	1049	1280	1646	95
36	1497	836	1052	1077	1313	1687	97
37	1535	859	1080	1106	1347	1729	99
38	1573	883	1108	1135	1381	1772	100
39	1612	907	1136	1165	1416	1815	102
40	1651	932	1166	1195	1451	1859	104
41	1692	957	1196	1226	1487	1904	106
42	1733	983	1226	1258	1524	1950	108
43	1775	1009	1257	1290	1562	1996	109
44	1817	1036	1289	1323	1600	2044	111
45	1860	1063	1321	1356	1639	2092	113
46	1905	1091	1354	1390	1679	2141	115
47	1949	1120	1387	1425	1719	2191	117
48	1995	1148	1421	1460	1760	2242	118
49	2042	1178	1456	1496	1802	2294	120
50	2089	1208	1491	1533	1844	2346	122
51	2137	1238	1527	1570	1887	2400	124
52	2186	1270	1564	1608	1931	2454	126
53	2236	1301	1601	1646	1976	2510	127
54	2286	1334	1639	1686	2022	2566	129
55	2338	1367	1678	1726	2068	2624	131
56	2390	1400	1717	1767	2115	2682	133
57	2444	1434	1757	1808	2163	2742	135
58	2498	1469	1798	1850	2212	2802	136
59	2553	1505	1839	1893	2261	2864	138
60	2609	1541	1881	1937	2312	2926	140
61	2666	1577	1924	1981	2363	2990	142
62	2724	1615	1968	2027	2415	3055	144
63	2783	1653	2012	2073	2468	3121	145
64	2843	1691	2057	2119	2522	3188	147
65	2904	1731	2103	2167	2577	3257	149

**Bubble Point — Saturated Liquid (kPa – abs)**

Temp. °C	ISCEON® MO29 R-422D	ISCEON® 39TC® R-423A	ISCEON® MO49 R-413A	ISCEON® MO49Plus™ R-437A*	ISCEON® MO59 R-417A	ISCEON® MO79 R-422A	Temp °F
-------------	---------------------------	----------------------------	---------------------------	---------------------------------	---------------------------	---------------------------	------------

-40	93	45	56	59	76	123	-40
-39	98	48	59	62	80	129	-38
-38	103	50	62	65	84	135	-36
-37	108	53	66	69	88	141	-35
-36	113	56	69	72	92	148	-33
-35	119	59	73	76	97	155	-31
-34	125	62	76	80	102	162	-29
-33	131	65	80	84	107	169	-27
-32	137	68	84	88	112	177	-26
-31	143	72	88	92	117	184	-24
-30	150	75	93	97	123	193	-22
-29	156	79	97	101	128	201	-20
-28	163	82	102	106	134	210	-18
-27	171	86	106	111	140	218	-17
-26	178	90	111	116	147	228	-15
-25	186	95	117	122	153	237	-13
-24	194	99	122	127	160	247	-11
-23	203	104	127	133	167	257	-9
-22	211	108	133	139	175	267	-8
-21	220	113	139	145	182	278	-6
-20	229	118	145	151	190	289	-4
-19	239	124	152	158	198	300	-2
-18	248	129	158	165	206	312	0
-17	258	135	165	172	215	324	1
-16	269	140	172	179	224	336	3
-15	280	146	179	186	233	349	5
-14	291	153	187	194	242	362	7
-13	302	159	194	202	252	376	9
-12	314	165	202	210	262	390	10
-11	326	172	210	219	272	404	12
-10	338	179	219	227	283	418	14
-9	351	186	228	236	294	433	16
-8	364	194	237	246	305	449	18
-7	377	202	246	255	316	465	19
-6	391	210	255	265	328	481	21
-5	405	218	265	275	340	498	23
-4	420	226	275	286	353	515	25
-3	435	235	286	296	366	532	27
-2	450	244	296	307	379	550	28
-1	466	253	307	319	393	569	30
0	482	262	319	330	407	587	32
1	499	272	330	342	421	607	34
2	516	282	342	355	436	627	36
3	533	292	355	367	451	647	37
4	551	303	367	380	467	668	39
5	569	313	380	394	482	689	41
6	588	324	394	407	499	711	43
7	607	336	407	421	516	733	45
8	627	347	421	436	533	756	46
9	647	359	436	451	550	779	48
10	668	372	450	466	568	803	50

\* Properties calculated using REFPROP Ver 8.0, Std Ref Data Program, NIST 2007.