



2.14 Industrias de la pulpa y papel

Introducción

La producción de la pulpa y papel incluye tres pasos principales: reducción a pulpa, blanqueo y producción de papel. El tipo de transformación en pulpa y la cantidad de decolorante utilizado depende del tipo de materia prima y de la calidad deseada del producto final.

Existen dos procesos principales: el método Kraft de reducción a pulpa (con sulfato), el empleado más corrientemente, y la reducción a pulpa con sulfito. Éste último puede ser subdividido en: proceso con bisulfito y proceso semi-químico neutro con sulfito.

Fuentes de los datos

De no contarse con datos de emisión para sitios específicos, las estimaciones de las emisiones pueden basarse en la producción total anual de pulpa de papel seca. La producción debe desglosarse atendiendo al tipo de proceso: Kraft, bisulfito y sulfito neutro.

2.14.1 Metodología para estimar las emisiones de NO_x , COVDM , CO y SO_2

En la Guía EMEP/CORINAIR aparece más información sobre las metodologías más sencillas.

Emisiones	Factor de Emisión (por defecto)	Factor de Emisión (gama de valores)
NO_x	1,5	0,017-1,5
COVDM	3,7	0,1-4,9
CO^*	5,6	ND
SO_2	7	0,005-10

Ref: US EPA 1995,
ND = No disponible

FACTORES DE EMISIÓN

Los Factores de Emisión están basados en la producción de pulpa de papel secada al aire. Las emisiones de SO_2 en las fábricas nuevas pueden ser inferiores a las de las más antiguas (US EPA 1995).

Existen por lo menos cuatro tipos de procesos con bisulfito: los basados en el amonio (NH_3), los basados en el calcio (Ca), los basados en el magnesio (MgO) y los basados en el sodio (Na) (US EPA, 1995). Los factores de emisión de US EPA, 1995 se presentan en la Tabla 2-24,

TABLA 2-24 FACTORES DE EMISIÓN NO COMBUSTIVOS PROCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PULPA Y PAPEL REDUCCIÓN A PULPA CON BISULFITO (KG/TONELADA DE PULPA DE PAPEL SECA)			
Emisión	Tipo de proceso	Factor de Emisión (por defecto)	Factor de Emisión (gama de valores)
SO ₂	NH ₃ , Ca, MgO y Na	30	8-50

2.14.2 Metodología detallada para la estimación de las emisiones de NO_x y SO₂

La metodología preferida supone el empleo de datos procedentes de mediciones continuas que estén disponibles para los NO_x y el SO₂. Esto es factible sólo en fábricas modernas en que hay un número limitado de puntos de medición que deben observarse. En la Guía EMEP/CORINAIR se presentan factores de emisión detallados relacionados con los diferentes procesos.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-12 - INDUSTRIAS DE PULPA Y PAPEL para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

PASO 1 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE NO_x, COVDM Y CO

- 1 Estimar la Cantidad de Pulpa de Papel Secada al Aire Producida anualmente correspondiente al proceso Kraft y anotar el resultado en toneladas en la columna A.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente (Tabla 2-23), en kilogramos de NO_x, COVDM y CO por toneladas de pulpa de papel secada al aire.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de NO_x, COVDM y CO en kilogramos y anotar el resultado en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión a unidades de gigagramos de NO_x, COVDM y CO y anotar esa cifra en la columna D.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE SO₂

- 1 Calcular la Cantidad de Pulpa de Papel Secada al Aire Producida anualmente en toneladas clasificándola atendiendo al proceso



- empleado (Kraft y con bisulfito) y anotar las cifras en las casillas correspondientes de la columna A.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente (Tabla 2-23), en kilogramos de SO₂ por toneladas de pulpa de papel secada al aire.
 - 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de SO₂ en kilogramos y anotar el resultado en la columna C.
 - 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión a unidades de gigagramos de SO₂ y anotar esa cifra en la columna D.
 - 5 Sumar las cifras de la columna D y anotar el resultado en la parte inferior de la columna para obtener el total de Emisiones de SO₂.

2.15 Alimentos y bebidas

Introducción

La producción de bebidas alcohólicas, la panificación y la elaboración de otros productos alimenticios dan lugar a emisiones de COVDM.

Fuentes de los datos

Las estimaciones de las emisiones están basadas en la producción total anual del proceso de elaboración de cada alimento. Es necesario contar con estadísticas nacionales de producción de bebidas alcohólicas desglosadas por categorías, por lo menos para el vino, la cerveza y las bebidas alcohólicas. En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) los números correspondientes a los alimentos y bebidas son: bebidas alcohólicas (40606 - 40608) y panificación y otros productos alimenticios (40605).

En el caso de la panificación y la producción de otros alimentos, son necesarias estadísticas de la producción nacional desglosadas en las categorías indicadas en la Tabla 2-26.

2.15.1 Metodología para estimar las emisiones de COVDM procedentes de las bebidas alcohólicas

Durante la elaboración de cereales y frutas en preparación para los procesos de fermentación ocurren emisiones de COVDM. Los Factores de Emisión indicados a continuación en la Tabla 2-25 se han tomado de la Guía EMEP/CORINAIR y están basados en la producción anual total para cada tipo de bebidas.

CARBONO BIOLÓGICO

En esta sección no se contabilizan las emisiones de dióxido de carbono que ocurren durante ciertas operaciones en la producción de alimentos y bebidas, incluida la extracción de aceite vegetal y la elaboración del tabaco. Esas emisiones pertenecen a la utilización del carbono biológico que, para los efectos de este capítulo, se considera que no da origen a emisiones netas de CO₂.

TABLA 2-25 FACTORES DE EMISIÓN PARA LOS COVDM PROCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS (KG/HL DE BEBIDAS)	
Bebida	Factor de Emisión
Vino	0,08
Vino tinto	0,08
Vino blanco	0,035
Cerveza	0,035
Bebidas alcohólicas (sin especificar)	15
Whisky de malta	15
Whisky de granos	7,5
Coñac	3,5
Nota: hl = 100 litros	

Los factores de emisión y las fuentes empleadas en esta sección son producto de estudios realizados en Europa. Deberán emplearse siempre los datos más específicos para la región, cuando estos existan. En otras partes del mundo podría haber diferentes procesos y factores de emisión. Se debe señalar que si se conocen las cifras correspondientes a los vinos tinto y blanco, y a las bebidas alcohólicas se debe emplear el factor de emisión específico.

2.15.2 Metodología para estimar las emisiones de COVDM procedentes de la panificación y la elaboración de otros alimentos

Las emisiones de COVDM tienen lugar durante el calentamiento de las grasas y aceites y de los productos alimenticios que los contienen, el horneado de cereales, harina y frijoles, la fermentación durante la panificación, la cocción de hortalizas y carnes, y el secado de residuos. La producción de alimentos está dividida en siete categorías, cada una de las cuales tiene su propio factor de emisión. En Tabla 2-26 se presentan los factores de emisión contenidos en la Guía EMEP/CORINAIR.



Proceso de Producción de Alimentos	Factor de Emisión
Carne, pescado y aves	0,3
Azúcar	10
Margarina y grasas sólidas de cocina	10
Pasteles, bizcochos y cereales para el desayuno	1
Pan	8
Pienso para animales	1
Tostado del café	0,55

Los factores de emisión y las fuentes empleadas aquí se han derivado de estudios realizados en Europa. En otras partes del mundo podrían existir procesos y factores de emisión diferentes.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-13 - PRODUCCIÓN DE BEBIDAS ALCOHÓLICAS para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

PASO I ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE COVDM PROCEDENTES DE LAS BEBIDAS ALCOHÓLICAS

- 1 Estimar la Cantidad de Bebidas Alcohólicas Producidas anualmente en hectolitros (hl), desglosada atendiendo a las categorías de bebidas presentadas en la Tabla 2-25; anotar ese valor en la columna A de la hoja I.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente, en kilogramos de COVDM por hectolitro de bebida producida.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de COVDM en kilogramos y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión a unidades de gigagramos de COVDM y anotar el resultado en la columna D.
- 5 Sumar las cifras de la columna D para obtener el total de emisiones de COVDM, y anotar el resultado en la parte inferior de esa columna.

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la Hoja de trabajo que aparece al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para poder hacer copias adicionales en caso necesario.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE COVDM PROCEDENTES DE LA PANIFICACIÓN Y LA ELABORACIÓN DE OTROS ALIMENTOS

- 1 Estimar la Cantidad Total de Alimentos Producidos anualmente, en toneladas, desglosada atendiendo a las categorías indicadas en la Tabla 2-26 para la elaboración de alimentos y anotar el resultado en la columna A.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente, en kilogramos de COVDM por tonelada de alimento producido.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de COVDM en kilogramos y anotar el producto en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión a unidades de gigagramos de COVDM y anotar esa cifra en la columna D.
- 5 Sumar las cifras de la columna D para obtener el total de Emisiones de COVDM y anotar el resultado en la parte inferior de esa columna.

2.16 Emisiones relacionadas con la producción de halocarburos (HFC, PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)

Introducción

La liberación de materiales en la atmósfera puede ser resultado de emisiones secundarias durante la fabricación, o producto de emisiones fugitivas. Éstas son emisiones para las que no existen medidas de control o contención como, por ej., los escapes de una brida o una junta.

Fuentes de los datos

El tipo de datos necesario depende del nivel de esfuerzo que se ha de realizar y de la precisión necesaria. En el caso de la metodología más sencilla en que se utiliza un factor de emisión, las cifras de producción pueden obtenerse de los fabricantes de productos químicos. En el caso del método más detallado, es necesario contar con información sobre emisiones específicas.

2.16.1 Metodología para estimar las emisiones secundarias

Se estima que las emisiones de HFC-23 derivadas de la fabricación de HCFC-22 equivalen actualmente al 4% de la producción de HCFC-22 suponiendo que no se han adoptado medidas para su atenuación, aunque se han propuesto cifras inferiores.



Se puede emplear ese factor, o una cifra similar calculada tomando en cuenta las circunstancias particulares del país, para estimar las emisiones nacionales de HFC-23 procedentes de la producción total de HCFC-22 en el país (tanto el que podría escaparse como el utilizado como materia prima).

En el Manual de Referencia (Sección 2.16.1) se describe una metodología de Nivel 2 pero en este volumen no se presenta ninguna hoja de trabajo al respecto.

2.16.2 Metodología para estimar las emisiones fugitivas

Las emisiones fugitivas de una sustancia química pueden ocurrir tanto durante su producción como durante su distribución. En esta sección no se abordan las emisiones fugitivas relacionadas con la utilización de las sustancias que ya están incluidas en la sección relativa al consumo (véase la Sección 2.17). En el caso de los procesos relacionados con fluorocarburos, se ha estimado que las emisiones fugitivas representan aproximadamente el 0,5% de la producción total de cada compuesto (PNUMA, 1994).

Ese factor, o un valor similar derivado atendiendo a las circunstancias particulares del país, puede emplearse para estimar las emisiones fugitivas nacionales de cada tipo de HFC y PFC relacionados con la producción nacional.

En el Manual de Referencia (Sección 2.16.2) se describe una metodología de Nivel 2, pero no se han preparado hojas de trabajo al respecto.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-14 - PRODUCCIÓN DE HALOCARBUROS Y HEXAFLUORURO DE AZUFRE - EMISIONES SECUNDARIAS DE HFC Y PFC para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

Se debe señalar que se presenta solamente un método de Nivel 1. Si se cuenta con los datos correspondientes, es preferible el método de Nivel 2 descrito *supra*.

PASO I ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE HFC Y PFC

- 1 Estimar el Total de Halocarburos Producidos anualmente en toneladas del halocarburo específico en cuestión y anotar el resultado en la columna A correspondiente.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente, en kilogramos de HFC o PFC por toneladas de halocarburo.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de Halocarburos en kilogramos y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión a unidades de gigagramos de HFC o PFC y anotar el resultado en la columna D.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE HFC Y PFC

- 1 Estimar el Total de Halocarburos Producidos anualmente en toneladas del halocarburo específico en cuestión, anotando el resultado en la columna A correspondiente.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente, en kilogramos de HFC o PFC por toneladas de halocarburo producido.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de Halocarburos en kilogramos y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión a unidades de gigagramos de HFC o PFC y anotar el resultado en la columna D.

2.17 Emisiones relacionadas con el consumo de halocarburos (HFC, PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6)

Introducción

EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Los hidrocarburos parcial y totalmente fluorados, HFC y PFC, no están controlados por el Protocolo de Montreal ya que no contribuyen al agotamiento de la capa de ozono estratosférica.

Estas sustancias químicas (HFC, PFC, SF_6) son objeto de preocupación debido a su elevado potencial de calentamiento de la Tierra y a su largo período de permanencia en la atmósfera.

Las áreas de aplicación, actuales y previstas, de los HFC y PFC incluyen:

- refrigeración y aire acondicionado
- extinción de incendios y protección contra explosiones
- aerosoles
- limpieza con solventes
- soplado de espuma
- otras aplicaciones¹

Los usos primarios de los SF_6 incluyen:

- conmutadores eléctricos con aislamiento de gas e interruptores automáticos
- extinción de incendios y protección contra explosiones
- otras aplicaciones²

¹ Los HFC y los PFC pueden ser utilizados en equipos de esterilización, en aplicaciones de expansión del tabaco, y como disolventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas.

² El SF_6 puede ser utilizado como medio aislante, sustancia trazadora, en detectores de escapes y en diferentes aplicaciones electrónicas. En la Sección 2.13.6.1 aparecen más detalles sobre el consumo de SF_6 en las fundiciones de magnesio y aluminio.



En la Tabla 2-26 del *Manual de Referencia* se presenta un panorama general de los más importantes HFC y PFC, incluido su campo de aplicación y el potencial de calentamiento de la Tierra relativo al CO₂ (período de integración de 100 años).

Fuentes de los datos

El tipo de datos necesario depende del nivel de esfuerzo que se ha de realizar y de la precisión necesaria. Es necesario conocer por lo menos las cantidades de halocarburos y de SF₆ importados y exportados a granel, así como la producción nacional. Para el siguiente nivel, es necesario conocer las cantidades de esos materiales contenidos en los productos importados y exportados. Los datos sobre la producción y exportación de productos químicos a granel pueden obtenerse de las compañías productoras y/o de las estadísticas nacionales de producción. La información sobre la importación de sustancias químicas a granel y en los productos se puede obtener de los registros de las Aduanas. En algunos casos, los organismos nacionales de protección ambiental mantienen registros de los HFC/PFC destruidos, si corresponde.

Metodología general

En la metodología del Nivel 1 (a y b), las emisiones potenciales de una sustancia química determinada son iguales a la cantidad de sustancia química virgen consumida en el país menos la cantidad de sustancia química recuperada para su destrucción o exportada en el año objeto de estudio. Con el tiempo, todas las sustancias químicas consumidas escapan a la atmósfera si no son destruidas, y a largo plazo (por ej., 50 años), las emisiones potenciales serán iguales a las emisiones reales.

En la metodología de Nivel 2, en los cálculos de las emisiones reales se toma en cuenta el intervalo entre el consumo y la emisión, que puede ser considerable en algunos campos de aplicación, por ej., espumas de alvéolos cerrados, refrigeradores y equipos de extinción de incendios. Ese intervalo obedece al hecho de que una sustancia química se coloca en nuevos productos y con el tiempo se escapa lentamente.

Las estimaciones de las emisiones reales son las más exactas por lo que respecta a las emisiones de años específicos, siempre y cuando se cuente con la información necesaria para su cálculo. De no contarse con los datos esenciales, los cálculos de las emisiones potenciales representan un método más sencillo para lograr estimados razonables de las emisiones.

Los procedimientos descritos a continuación para los HFC/PFC son aplicables también al SF₆.

HFC, PFC Y SF₆

Los HFC son sustancias químicas que contienen solamente hidrógeno, carbono y flúor. Los PFC son sustancias químicas que contienen solamente carbono y flúor. El SF₆ es un gas de efecto invernadero particularmente potente cuyo potencial de calentamiento de la Tierra durante 100 años se eleva a 23.900 y tiene una permanencia en la atmósfera estimada de unos 3.200 años.

EMISIONES POTENCIALES Y REALES

Las emisiones de procesos industriales pueden estimarse de dos maneras; como emisiones potenciales, Nivel 1 (a y b), y como emisiones reales, Nivel 2. La metodología del Nivel 1b es preferible a la del Nivel 1a.

2.17.1 Metodología para estimar las emisiones de Nivel Ia y de Nivel Ib

Como el consumo neto de una sustancia química es igual a la suma de la producción y las importaciones una vez restadas las exportaciones, la fórmula de cálculo para el método básico (Nivel I) es la siguiente:

$$\text{Emisiones potenciales} = \text{Producción} + \text{Importaciones} - \text{Exportaciones} - \text{Destrucción}$$

Las emisiones secundarias que ocurren durante la producción de HFC/PFC y las emisiones fugitivas relacionadas con la producción y distribución deben calcularse por separado, como se describe en la Sección 2.16.

La producción se refiere a la producción de nuevas sustancias químicas solamente y no al reprocesamiento del fluido recuperado.

Hay dos versiones de la metodología de Nivel I (a y b) dependiendo de si se toman en cuenta los HFC/PFC en los productos. Se presentan dos versiones porque es de esperar que en muchos países podría haber dificultades para obtener los datos para las importaciones y exportaciones de HFC/PFC en los productos, por lo menos a corto plazo. La metodología de Nivel Ib es preferible si se cuenta con los datos correspondientes.

Nivel Ia

REFRIGERACIÓN, EXTINTORES DE INCENDIOS Y DISOLVENTES

Las unidades de refrigeración, los extintores de incendios y los disolventes contienen generalmente mezclas de HFC/PFC. La fracción de cada sustancia química debe considerarse por separado. Las unidades de refrigeración incluyen: refrigeradores, congeladores, unidades de aire acondicionado de ventana, unidades divididas, congeladores, etc.

En el Nivel Ia, en el cálculo de las emisiones potenciales se consideran solamente las sustancias químicas importadas o exportadas a granel. Se aplican las siguientes definiciones:

$$\begin{aligned} \text{Importaciones} &= \text{HFC/PFC importados a granel} \\ \text{Exportaciones} &= \text{HFC/PFC exportados a granel} \end{aligned}$$

La aplicación del método del Nivel Ia podría conducir a subestimar o sobrevalorar las posibles emisiones, dependiendo de si la mayoría de los productos que contienen HFC/PFC son importados o exportados.

Nivel Ib

El método del Nivel Ib es una extensión del correspondiente al Nivel Ia e incluye los HFC/PFC contenidos en diversos productos importados y exportados. Se aplican las siguientes definiciones:

$$\begin{aligned} \text{Importaciones} &= \text{Sustancia química importada a granel} + \text{cantidad de sustancia química importada en productos que contienen HFC/PFC} \\ \text{Exportaciones} &= \text{Sustancia química exportada a granel} + \text{cantidad de sustancia química exportada en productos que contienen HFC/PFC} \end{aligned}$$

PRODUCTOS A BASE DE ESPUMAS

En esta categoría están incluidas las espumas, aislantes o no, en diversos productos como refrigeradores, paneles aislantes, espumas moldeadas in situ, asientos de auto para bebés, muebles, ropa de cama, material de embalaje, etc.



Deberán considerarse los siguientes tipos de productos:

- unidades de refrigeración y aire acondicionado
- productos a base de espumas
- extintores de incendios
- disolventes
- latas de aerosol

En la mayoría de estos artículos se emplean mezclas de halocarburos que deben evaluarse por separado ya que su potencial de calentamiento atmosférico varía considerablemente.

2.17.2 Nivel 2: Metodología avanzada para la estimación de emisiones

El método avanzado, de Nivel 2, contiene *los cálculos de las emisiones reales para cada sustancia química*. Éste es el método preferido si se cuenta con los datos necesarios para el cálculo. Se recomienda establecer rutinas para notificar las emisiones de HFC/PFC de acuerdo con el método del Nivel 2.

Para utilizar esta metodología se debe emplear el método de “abajo arriba” o el de “arriba abajo”. En el método de “abajo arriba”, se calcula o se estima el consumo de cada HFC y PFC atendiendo al número de equipos o de usos a un nivel detallado, por ej., refrigeradores, otros equipos fijos de refrigeración y aire acondicionado, espuma flexible, espuma rígida, etc., para establecer el volumen que sirva de base para el cálculo de las emisiones. En el método de “arriba-abajo” las emisiones se estiman sobre la base de la distribución del consumo y las características de emisión relacionadas con los diferentes procesos y equipos, tomando en cuenta también las prácticas corrientes de servicio y recuperación.

En la Tabla 2-27 se presentan ejemplos de la distribución actual del uso de HFC/PFC en diferentes campos de aplicación en algunos países. Como los HFC y PFC han hecho su aparición en el mercado sólo recientemente, el tamaño relativo de cada campo variará con el tiempo y deberá ser actualizado.

TABLA 2-27
EJEMPLO DE DISTRIBUCIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE HFC/PFC POR CAMPO DE APLICACIÓN (1994)

País	Refrigeración y aire acondicionado	Soplado de espuma	Solvente	Extintores de incendios	Propulsor de aerosoles	Otras aplicaciones
Noruega	99%	<1%	0%	<1%	0%	0%
Suecia	90%	5%	0%	0%	5%	0%
Reino Unido	76%	12%	0%	7%	5%	0%

Las fuentes se citan en el *Manual de Referencia de las Directrices del IPCC revisadas en 1996 para los inventarios de los gases de efecto invernadero*.

En cualquier campo de aplicación pueden emplearse varios tipos de fluido HFC/PFC. Deberán recogerse o estimarse las cifras de consumo, y deberá determinarse el tipo de HFC/PFC utilizado.

A) Equipos de Refrigeración y Aire Acondicionado

A los efectos de la estimación de las emisiones, los sistemas de refrigeración y aire acondicionado se clasifican en tres categorías, atendiendo a sus características emisoras:

- i) Refrigeradores y congeladores domésticos;
- ii) Otros equipos fijos de refrigeración y aire acondicionado, incluidos:
 - almacenes frigoríficos;
 - refrigeración de alimentos para la venta al por menor;
 - refrigeración de procesos industriales;
 - aparatos comerciales e industriales tales como: máquinas expendedoras refrigeradas, máquinas para venta de hielo, deshumidificadores y fuentes de agua fría;
 - transporte refrigerado, incluidos los camiones, trenes y barcos con compartimientos refrigerados; y
 - equipos comerciales y residenciales de aire acondicionado, incluidos congeladores, bombas de calor, equipos de aire acondicionado de ventana, y equipos centrales de aire acondicionado.
- iii) Equipos móviles de aire acondicionado para automóviles de pasajeros, camiones, autobuses y trenes.

USO DE HFC EN REFRIGERANTES

El HFC-134a es el principal fluorocarburo sustituto del CFC-12 en muchas aplicaciones de refrigeración y aire acondicionado incluidos los refrigeradores, congeladores y equipos móviles de aire acondicionado. Otros HFC pueden ser utilizados también en aplicaciones de refrigeración, sobre todo como componentes de mezclas. Los mismos incluyen HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-143a, y HFC-152a.

UTILIZACIÓN DE PFC EN REFRIGERANTES

El PFC-218 se utiliza como componente de las mezclas refrigerantes. El PFC-116 puede ser utilizado en una mezcla como sustituto del R-503.

A continuación se presentan métodos para estimar las tasas medias de emisión para los sectores mencionados *supra*.

La cantidad de refrigerante emitido durante el ensamblaje del sistema está relacionada con la cantidad cargada atendiendo a la siguiente fórmula empírica:

ECUACIÓN I

$$E_{\text{ensamblaje, } t} = E_{\text{cargado, } t} \cdot (k/100)$$

en la cual:

- $E_{\text{ensamblaje, } t}$ = emisiones durante la fabricación/montaje del sistema en el año t
- $E_{\text{cargado, } t}$ = cantidad de refrigerante cargado en nuevos sistemas en el año t
- k = pérdidas durante el ensamblaje expresadas como porcentaje de la cantidad cargada

La cantidad cargada ($E_{\text{cargada, } t}$) debe incluir todos los sistemas que son cargados en el país, incluidos los destinados a la exportación. No deberán tomarse en cuenta los sistemas que son importados precargados.



Las *Fugas anuales de las existencias*, incluida la ventilación durante el servicio se calcula con la :

ECUACIÓN 2

$$E_{\text{operación}, t} = E_{\text{existencias}, t} \cdot (x/100)$$

en la cual:

- $E_{\text{operación}, t}$ = emisiones de HFC/PFC durante la operación del sistema en el año t
- $E_{\text{existencias}, t}$ = cantidad de HFC/PFC almacenada en los sistemas existentes en el año t
- x = tasa anual de fugas expresada como porcentaje del total de HFC/PFC cargado en las existencias, en porcentaje.

A la hora de calcular el “banco” de refrigerante ($E_{\text{existencias}, t}$) deberán tomarse en cuenta todos los sistemas en operación en el país (de producción nacional e importados).

La cantidad de refrigerante que escapa de los sistemas desechados depende de la cantidad de refrigerante remanente en el momento de su eliminación, y de la porción recuperada.

Para estimar las emisiones en el momento de la eliminación del sistema, se aplica la siguiente fórmula de cálculo:

ECUACIÓN 3

$$E_{\text{eliminación}, t} = E_{i \text{ carga}, (t-n)} \cdot (y/100) \cdot (100 - z)/100$$

$$E_{\text{eliminación}, t} = E_{i \text{ carga}, (t-n)} \cdot Q$$

en la cual:

- $E_{\text{eliminación}, t}$ = cantidad de emisiones de HFC/PFC en el momento de la eliminación del sistema en el año t
- $E_{i \text{ carga}, (t-n)}$ = cantidad de HFC/PFC cargada inicialmente en los nuevos sistemas instalados en el año $(t-n)$
- n = vida útil media del equipo, en años
- y = cantidad de HFC/PFC en los sistemas en el momento de su eliminación, como porcentaje de la carga inicial
- z = cantidad de HFC/PFC recuperado expresado como porcentaje de la carga real (“eficiencia de recuperación”), en porcentaje
- Q = emisiones de HFC/PFC cuando el sistema se elimina, expresadas como porcentaje de la cantidad de sustancia química originalmente cargada en el sistema, en porcentaje ($Q = y(100-z)/100$)

A la hora de estimar la cantidad de refrigerante cargado originalmente en los sistemas ($E_{i, \text{cargado}}(t-n)$), deberán tomarse en cuenta tanto los sistemas cargados en el país (para el mercado interno) como los sistemas importados ya cargados. En el caso de los sistemas destinados a la exportación no deberá tomarse en cuenta la primera carga. Por ejemplo, para el cálculo de las emisiones para 1995 de equipos que tienen una vida útil de 15 años, es necesario contar con información sobre la cantidad de HFC/PFC cargados en 1980 (1995-15). Para determinar el total de emisiones en el año t se suman las emisiones durante el ensamblaje, durante los años que estuvieron en operación y en el momento de su eliminación:

ECUACIÓN 4

$$E_{\text{total}, t} = E_{\text{ensamblaje}, t} + E_{\text{operación}, t} + E_{\text{eliminación}, t}$$

En la Sección 2.17.4.2 del *Manual de Referencia* aparece más información sobre los métodos de “arriba abajo” y de “abajo arriba”, así como sobre la derivación de los factores utilizados en las Ecuaciones 1 a 4,

i) Refrigeradores y congeladores domésticos

DATOS DE ACTIVIDAD DE REFRIGERANTES

Por lo general se cuenta con estimaciones razonables del número de refrigeradores y congeladores fabricados, así como del número de unidades importadas y exportadas. La cantidad de refrigerante almacenada en las existencias puede calcularse multiplicando el número de unidades por el volumen medio de carga.

TABLA 2-28
PARÁMETROS DE CÁLCULO PARA LOS REFRIGERADORES Y CONGELADORES DOMÉSTICOS

Parámetro	Definición	Valor por defecto	Comentario
k	pérdidas durante el ensamblaje en % de la cantidad cargada	2%	gama de valores: 2-5%
x	tasa anual de fugas como % de la carga total de HFC/PFC en las existencias	1%	
n	vida útil media del equipo	15 años	
y	cantidad de HFC/PFC en los sistemas en el momento de su eliminación como porcentaje de la carga inicial	90%	
z	cantidad de HFC/PFC recuperado como porcentaje de la carga real (“eficiencia de recuperación”)	50%	0% si no hubiera prácticas de recuperación

Esos valores son típicos para los países industrializados y podrían ser diferentes en los países en desarrollo.

ii) Otros equipos fijos de refrigeración y aire acondicionado

TABLA 2-29 PARÁMETROS DE CÁLCULO PARA OTROS EQUIPOS FIJOS DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO			
Parámetro	Definición	Valor por defecto	Comentario
k	perdidas durante el ensamblaje expresadas como porcentaje de la cantidad cargada	2-5%	2-3% para los construidos en fábricas 4-5% para los construidos sobre el terreno
x	tasa anual de fugas como porcentaje de la carga total de HFC/PFC en las existencias	17%	3% si se utilizan válvulas y accesorios de montaje mejorados
n	vida útil media del equipo	15 años	
y	cantidad de HFC/PFC en los sistemas en el momento de su eliminación expresada como porcentaje de la carga inicial	90%	
z	cantidad de HFC/PFC recuperada expresada como porcentaje de la carga real ("eficiencia de recuperación")	0%	80% si se utilizan prácticas de recuperación

La carga de refrigerante puede variar considerablemente, dependiendo del tamaño y del diseño del sistema. La gama de valores siguiente indica los órdenes de magnitud.

- Aire acondicionado residencial: 2 a 3 kg
- Refrigeración de transportes: 8 kg
- Refrigeración de alimentos al por menor: 10 a 230 kg
- Congeladores: 75 a 900 kg
- Refrigeración de procesos industriales: 340 a 9100 kg
- Aparatos comerciales e industriales: 0,10 a 0,50 kg

Para aplicar el método de abajo arriba, es necesario contar con valores medios fiables para los volúmenes de carga del sistema en cada país a fin de llegar a estimaciones útiles.

iii) Equipos móviles de aire acondicionado (MAC)

TABLA 2-30 PARÁMETROS DE CÁLCULO PARA LOS EQUIPOS MÓVILES DE AIRE ACONDICIONADO			
Parámetro	Definición	Valor por defecto	Comentario
k	pérdidas durante el ensamblaje como porcentaje de la cantidad cargada	4-5%	
x	tasa anual de fugas expresada como porcentaje de la carga total de HFC/PFC en las existencias	30%	10% con juntas y mangueras mejoradas
n	vida útil media del equipo	12 años	11 años (autos pequeños) a 15 años (camiones)
y	cantidad de HFC/PFC en los sistemas en el momento de su eliminación, expresada como porcentaje de la carga inicial	75%	
z	cantidad de HFC/PFC recuperado, expresada como porcentaje de la carga real ("eficiencia de recuperación")	0%	80% si se emplean prácticas de recuperación

Las cargas típicas de refrigerante en los equipos móviles de aire acondicionado son de 1,2 kg/unidad en el caso de los autos y de 1,5 kg/unidad en el de los camiones. Los equipos móviles de los autos nuevos pueden tener una carga inferior, por ej., 800 g, cifra típica para los autos de pasajeros japoneses.

B) Soplado de espuma

i) Espumas de alvéolos abiertos

La fabricación de espumas esponjosas de alvéolos abiertos dan lugar a emisiones de HFC y PFC, que representan el 100% de la cantidad total del producto químico utilizado como agente para el soplado. Como resultado de ello, las emisiones totales de HFC o PFC en el año t correspondientes a las espumas de alvéolos abiertos pueden calcularse de la manera siguiente:

Emissiones de HFC o PFC en el año $t = 100\%$ de la cantidad de HFC o PFC vendida para el soplado de espuma de alvéolos abiertos en el año t

ii) Espuma de alvéolos cerrados

En el caso de las espumas de alvéolos cerrados, se libera solamente un 10% del agente de soplado durante el soplado de la espuma, ya que el resto del producto químico está contenido en el aislamiento. La cantidad que permanece en la espuma se libera lentamente durante su vida útil, que oscila entre 20 y 25 años. Por consiguiente, las emisiones de HFC o PFC procedentes de la espuma aislante en el año t se calculan de la manera siguiente:



$$\begin{aligned}
 & \text{Emisiones de HFC o PFC en el año } t \\
 & = \\
 & 10\% \text{ de la cantidad total de HFC o PFC utilizada en la fabricación de} \\
 & \quad \text{nueva espuma aislante en el año } t \\
 & + \\
 & 4,5\% \text{ de la cantidad de la carga original de HFC o PFC soplada en la} \\
 & \quad \text{espuma aislante fabricada entre el año } t \text{ y el año } t-20
 \end{aligned}$$

La cantidad total de HFC o PFC contenida en las existencias actuales de espuma aislante puede calcularse como el producto de la cantidad total de espuma aislante en uso en el año t y la carga media del producto químico contenida en cada tonelada de espuma aislante instalada.

Si se toman medidas para controlar las emisiones procedentes del soplado de la espuma mediante reciclado o control de fugas podría ser necesario aplicar otra fórmula. Véase el *Manual de Referencia*, Sección 2.17.4.3.

C) *Extintores de incendios*

El total de las emisiones de halones puede estimarse como el 60% del total del halón 1211 contenido en los nuevos extintores de incendios portátiles instalados cada año, y como el 35% del total del halón 1301 contenido en los nuevos equipos de extinción de incendios por saturación instalados cada año. Las cantidades restantes del producto químico, 40% en el caso de los extintores de incendios portátiles y 65% en el de los extintores por saturación, respectivamente, se viene a añadir a las existencias de productos químicos para extinción de incendios. A medida que se reemplazan los halones, se pueden calcular las emisiones de HFC y PFC como sigue:

$$\begin{aligned}
 & \text{Emisiones de HFC o PFC en el año } t \\
 & = \\
 & 60\% \text{ de la cantidad total de HFC o PFC utilizados en nuevos equipos} \\
 & \quad \text{portátiles de extinción de incendios a base de halocarburos instalados} \\
 & \quad \text{durante el año } t
 \end{aligned}$$

UTILIZACIÓN DE HFC Y PFC EN LOS EXTINTORES DE INCENDIOS

Los HFC y PFC son posibles sustitutos del Halón 1211 en los extintores de incendios portátiles y del Halón 1301 en los sistemas fijos de extinción de incendio por saturación. Los posibles sustitutos incluyen: HFC-23, HFC-125, HFC-227ea, PFC-410, y PFC-614,

UTILIZACIÓN DE SF₆ EN EXTINTORES DE INCENDIOS

Algunos de los nuevos substitutos de los halones en los extintores de incendios contienen hexafluoruro de azufre, SF₆, probablemente mezclado con HFC. Si los productos contienen SF₆, éste se escapa a la atmósfera al igual que los HFC o PFC. Por consiguiente, las ecuaciones para la estimación de las emisiones de HFC y PFC procedentes de los equipos de extinción de incendios son también válidas para el SF₆, ya que tienen que ser ajustadas para tomar en cuenta la proporción del SF₆ en la mezcla original. Las emisiones de SF₆ se calculan atendiendo a la proporción de esa sustancia química en la mezcla.

Asimismo, las emisiones en el año t correspondientes a los equipos de extinción por saturación pueden calcularse así:

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de HFC o PFC en el año } t \\ & = \\ & 35\% \text{ de la cantidad total de HFC o PFC utilizados en nuevos equipos fijos} \\ & \text{de extinción de incendios a base de halocarburos instalados en el año } t \end{aligned}$$

D) Aerosoles

Las emisiones procedentes de los aerosoles se modelan atendiendo a la ecuación siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de HFC en el año } t \\ & = \\ & 50\% \text{ de la cantidad de HFC contenidos en los aerosoles vendidos en el} \\ & \text{año } t \\ & + \\ & 50\% \text{ de la cantidad de HFC contenida en los aerosoles vendidos en el año} \\ & t-1 \end{aligned}$$

Ese cálculo da cuenta del lapso de seis meses desde la compra hasta su uso.

E) Disolventes

Las sustancias químicas empleadas como agentes limpiadores se emiten durante su utilización, o poco después, y generalmente representan 100% del total utilizado. En esta metodología se da por supuesto que los disolventes, en promedio, se utilizan dentro de los seis meses posteriores a su venta.

UTILIZACIÓN DE HFC Y PFC COMO DISOLVENTES

Los HFC y PFC pueden emplearse como substitutos del CFC-113 en aplicaciones como limpieza de metales, electrónica, y limpieza de equipos de precisión, así como para sustituir los aerosoles limpiadores. Los compuestos que pueden utilizarse incluyen: HFC-43-10, PFC-614, PFC-512, PFC-612, PFC-716, y PFC-819,

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de HFC o PFC en el año } t \\ & = \\ & 50\% \text{ de la cantidad de HFC o PFC} \\ & \text{vendidos para su uso en aplicaciones como disolventes en el año } t \\ & + \\ & 50\% \text{ de la cantidad de HFC} \\ & \text{vendidos para su uso en aplicaciones como disolventes en el año } t-1 \end{aligned}$$

F) Otras aplicaciones

Por lo que respecta a otras aplicaciones, se da por supuesto que todos los HFC y PFC se liberan en un plazo de 6 meses después de su producción. Las emisiones en el año t pueden calcularse de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} & \text{Emisiones de HFC o PFC en el año } t \\ & = \\ & 50\% \text{ de la cantidad de HFC/PFC vendidos para otras aplicaciones en el} \\ & \text{año } t \\ & + \\ & 50\% \text{ de la cantidad de HFC/PFC vendidos en el año } t-1 \end{aligned}$$

OTROS USOS DE LOS HFC Y PFC

Otras aplicaciones en que los HFC y los PFC pueden sustituir al CFC y al HCFC incluyen los equipos de esterilización, las aplicaciones de expansión del tabaco, y como disolventes en la fabricación de adhesivos, revestimientos y tintas. Los compuestos específicos incluyen: HFC-125, HFC-134a, y HFC-227 ea.



Emisiones de hexafluoruro de azufre (SF₆)

El SF₆ se emplea como medio aislante en equipos eléctricos de alta tensión, tales como conmutadores eléctricos con aislamiento de gas (GIS) e interruptores automáticos.

La utilización de SF₆ en la producción de aluminio y de magnesio se aborda en el *Manual de Referencia*, Sección 2.13.8.

Se puede dar por supuesto que las emisiones anuales totales del SF₆ utilizado en conmutadores eléctricos con aislamiento de gas y en interruptores automáticos representan aproximadamente un 1% de la cantidad total de SF₆ contenida en los equipos. Por otra parte, si se da por supuesto que esos equipos eléctricos tienen una vida útil de 30 años, se deduce que un 70% del SF₆ permanecerá en el equipo una vez retirado y se escapará más tarde cuando se proceda a su eliminación. Por lo tanto, el total de las emisiones correspondientes a esos equipos puede calcularse como sigue:

Emisiones de SF ₆ en el año t
=
1% de la carga total de SF ₆ contenida en los equipos existente en el año t
+
70% de la cantidad de equipo fabricado en el año $t-30$

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use las HOJAS DE TRABAJO 2-15 - CONSUMO DE HALOCARBUROS Y HEXAFLUORURO DE AZUFRE - NIVEL Ia Y NIVEL Ib para anotar los datos correspondientes a este submódulo. Cada módulo individual deberá evaluarse por separado.

USO DE LA HOJA DE TRABAJO

- Copie la Hoja de trabajo que aparece al final de esta sección para completar el inventario.
- No escriba en el original de la hoja de trabajo para poder hacer copias adicionales en caso necesario.

PASO I ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE HFC Y PFC - NIVEL Ia Y NIVEL Ib

- 1 Estimar la Cantidad de Halocarburos Producidos anualmente en toneladas del halocarburo específico en cuestión y anotar el resultado en la columna A de la hoja I.
- 2 Estimar el Total Anual de Halocarburo Importado y Exportado a Granel en el país, en toneladas del halocarburo específico en cuestión, y anotar esos valores en las columnas B y C, respectivamente.
- 3 Estimar el Total Anual de Halocarburo Destruído en toneladas del halocarburo específico en cuestión que fue destruido y anotar el resultado en la columna D.
- 4 Sumar las columnas A y B, restar la columna C, restar la columna D y anotar el resultado en la columna E; esta cifra representa las Emisiones Potenciales de Halocarburos a Granel.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE HFC Y PFC - NIVEL 1b

- 1 Estimar el Total Anual de Unidades Importadas (cifras positivas) o Exportadas (cifras negativas) de los diferentes tipos de productos que contengan el halocarburo específico en cuestión, y anotar los resultados en la columna F.
- 2 Estimar la Cantidad Total de Material por Unidad para cada tipo de producto en kg y la fracción de halocarburo en el material (en porcentaje) del halocarburo en cuestión y anotar los resultados en las columnas G y H, respectivamente.
- 3 Multiplicar las columnas F, G y H para calcular los kg de cada halocarburo, convertir en toneladas dividiendo por 10^3 para obtener las Emisiones Potenciales de Halocarburo en los Productos, y anotar esa cifra en la columna I.
- 4 Sumar las cifras de la columna I para obtener el total de las Emisiones Potenciales de Halocarburos en los Productos, y anotar el resultado en la casilla inferior de esa columna.

PASO 3 RESUMEN DE LAS EMISIONES DE HFC Y PFC - NIVEL 1a Y NIVEL 1b

- 1 Anotar los totales de las columnas E e I en las columnas apropiadas J y K, respectivamente; sumar esas dos columnas y anotar el resultado en la columna L.
- 2 Dividir la columna L por 10^3 para realizar la conversión a unidades de gigagramos de HFC o PFC y anotar en la columna M esa cifra, que corresponde al total de Emisiones Potenciales de Halocarburos.

HOJA DE TRABAJO

Puede emplearse la misma hoja de trabajo para los refrigeradores y los congeladores domésticos, otros equipos fijos de refrigeración y de aire acondicionado y los equipos móviles de aire acondicionado. Cada una de las hojas de trabajo deberá duplicarse para dar cuenta de cada HFC y PFC objeto de evaluación.

PASO 4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE HFC Y PFC - ENSAMBLAJE DE REFRIGERADORES NIVEL 2

- 1 Estimar la Cantidad en toneladas de HFC/PFC Cargada en los Nuevos Sistemas en el Año t (año del inventario) y anotar la cifra en la columna A de la hoja 4.
- 2 Anotar en la columna B el valor correspondiente de k Pérdidas durante el Ensamblaje respecto de la cantidad cargada, expresada como porcentaje.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B (véase la Ecuación 1), y anotar el producto en la columna C.
- 4 Dividir el resultado de la columna C por 10^3 y anotar el resultado en la columna D.