



MÓDULO 2
PROCESOS INDUSTRIALES



2. PROCESOS INDUSTRIALES

2.1 Introducción

Las emisiones de gases de efecto invernadero son resultado de gran número de actividades industriales que no están relacionadas con la energía. Las principales fuentes de emisiones son los procesos de producción industrial que transforman los materiales por medios físicos o químicos. Durante esos procesos, pueden ocurrir emisiones de diversos gases de efecto invernadero, incluidos CO_2 , CH_4 , N_2O , y PFC.

En algunos casos, las emisiones procedentes de los procesos industriales coinciden con emisiones procedentes de la quema de combustibles, pudiendo resultar difícil decidir si una emisión específica corresponde al sector de la energía o al de los procesos industriales. El criterio empleado para tomar esa decisión se analiza en la Sección 2.1 del Manual de Referencia.

Todas las emisiones, incluidas las emisiones por evaporación, que ocurren en las actividades de transformación energética, se examinan en el capítulo correspondiente a Energía. Por otra parte, las emisiones procedentes de los procesos petroquímicos se examinan en el presente capítulo. Las emisiones de COVDM procedentes del uso de solventes se examinan en el capítulo correspondiente a "Utilización de solventes y otros productos", incluso si tienen su origen en un proceso industrial.

Las emisiones de CO_2 procedentes de la utilización del carbono biológico como materia prima y en los procesos de fermentación no deben ser notificadas en el capítulo correspondiente a los "Procesos industriales", ni en ningún otro sector de las Directrices del IPCC si tienen su origen en fuentes de carbono que forman parte de un ciclo cerrado.

Se reconoce generalmente que los procesos industriales no combustivos que dan por resultado emisiones de N_2O son importantes fuentes antropogénicas de emisiones de N_2O en todo el mundo. Se estima que esa categoría de fuente representa del 10% al 50% de las emisiones antropogénicas de N_2O y del 3% al 20% del total de emisiones de N_2O (IPCC, 1992).

Los procesos industriales como la producción de aluminio, magnesio y halocarburos (por ej. HCFC-22) dan lugar también a emisiones de HFC, PFC y SF_6 . En algunos países, las emisiones de PFC procedentes de los procesos industriales podrían ser una importante fuente nacional de emisiones de gases de efecto invernadero debido a su mayor potencial de calentamiento atmosférico.

Las aplicaciones actuales y previstas de esos compuestos incluyen refrigeración y aire acondicionado, extintores, aerosoles, solventes y producción de espumas. Es de esperar que el consumo de HFC y, en cierto grado, de PFC y SF_6 aumente considerablemente en las próximas décadas debido a su importancia como sustitutos de las sustancias que producen agotamiento de la capa de ozono.

Para una cabal comprensión de las metodologías presentadas en este libro de trabajo es esencial que los compiladores del inventario consulten las secciones afines del Capítulo 2 del Manual de Referencia.

CONTABILIZACIÓN DOBLE

En situaciones en que un país experimenta dificultades para distinguir si una emisión corresponde a energía o a procesos industriales, para evitar la contabilización doble de las emisiones, los encargados del inventario de emisiones deberán asegurar que no se incluyan los mismos datos en ambas categorías.

2.2 Metodología general

La metodología general empleada para estimar las emisiones vinculadas con cada proceso industrial se basa en la multiplicación de los datos de la actividad (por ej., la cantidad de material producido o consumido) por el correspondiente factor de emisión por unidad de consumo/producción, de acuerdo con la fórmula:

$$\text{TOTAL}_{ij} = A_j \times \text{FE}_{ij}$$

en la que

- TOTAL_{ij} = la emisión de procesos (en toneladas) de gas i del sector industrial j
- A_j = la cantidad de actividad o producción de material de procesos en el sector industrial j (toneladas/año)
- FE_{ij} = el factor de emisión asociado con el gas i por unidad de actividad en el sector industrial j (tonelada/tonelada)

La reducción de fórmulas matemáticas más complejas a la forma simplificada de la ecuación presentada *supra* podría requerir varias operaciones matemáticas. En los casos en que son necesarias transformaciones matemáticas, las justificaciones se presentan en el Manual de Referencia.

En el caso de ciertos procesos industriales, en esta publicación se presenta más de una metodología de cálculo. El método simplificado recibe el nombre de *Nivel 1*, y la metodología más detallada se denomina *Nivel 2*. Reconociendo que en muchos casos la disponibilidad de información es el factor principal en la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero, para ciertos procesos industriales se presentan varias opciones correspondientes al *Nivel 1*, por ej., *Nivel 1a*, *1b*, *1c*. Estas opciones se examinan más adelante en mayor detalle.

Fuentes de los datos

En muchos países las emisiones de los procesos industriales de ciertos sectores corresponden a emisiones de unas pocas fábricas para las cuales existen, o se pueden obtener, datos fruto de mediciones. En esos casos, los cálculos de las emisiones deberán basarse en esas cifras, en vez de recurrir a la metodología más generalizada. Incluso en el caso de que no se disponga de mediciones, es preferible basar los cálculos en las cifras para instalaciones específicas.

Muchos de los datos de producción necesarios para los métodos de cálculo de las emisiones presentados en este libro de trabajo se pueden obtener consultando las bases de datos de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). La información contenida en esas fuentes presenta un considerable grado de coincidencia, pero la segunda es más completa. En algunos casos se puede recurrir a las cifras nacionales recopiladas por los ministerios gubernamentales correspondientes. En Canadá, por ejemplo, Estadísticas Canadá mantiene una base nacional de datos. Fuentes similares



de estadísticas normalizadas de producción podrían estar disponibles en publicaciones nacionales de estadísticas.

2.3 Producción de cemento

Introducción

La producción de clínca, producto intermedio del que se obtiene el cemento, da origen a emisiones de dióxido de carbono. Las elevadas temperaturas en los hornos de cemento transforman químicamente las materias primas en clínca de cemento. En un proceso denominado *calcinación* o *calcinamiento*, el carbonato de calcio se calienta, obteniéndose cal y dióxido de carbono.

Las emisiones de SO₂ corresponden al azufre en el combustible y en la arcilla empleada como materia prima. Las emisiones procedentes del empleo de combustible se contabilizan como emisiones energéticas mientras que el SO₂ procedente de la arcilla debe ser contabilizado como emisiones no combustivas.

Fuentes de los datos

Las cifras de la producción internacional de cemento se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). La Asociación Europea del Cemento (CEMBUREAU), asociación mercantil, publica también información (véase CEMBUREAU, 1990, *World Cement Market in Figures and World Statistical Review*). En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) los números correspondientes al cemento son el 30311 y el 40612 (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.3.1 Metodología para estimar las emisiones de CO₂

Como las emisiones de CO₂ ocurren durante la producción de clínca (no la del cemento propiamente dicho), los cálculos de las emisiones deberán basarse en el contenido de cal y la producción de clínca. Sin embargo, en algunos países podría resultar difícil obtener estadísticas sobre la clínca. En esos casos pueden emplearse las estadísticas correspondientes a la producción de cemento.

Para la estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de clínca se aplica a la producción anual de clínca un factor de emisión en toneladas del CO₂ liberado por tonelada de clínca producida.

2.3.2 Metodología para estimar las emisiones de SO₂

Para estimar las emisiones de SO₂ procedentes de la producción de cemento se aplica a la producción anual de cemento un factor de emisión, en función del SO₂ liberado por tonelada de cemento producido. Se ha calculado un factor de emisión no combustivo de 0,3 kg SO₂/tonelada de cemento (la

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*).

Cómo llenar la Hoja de trabajo

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.

Use la HOJA DE TRABAJO 2-1 - PRODUCCIÓN DE CEMENTO para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

PASO 1 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

- 1 Anotar en la columna A la Cantidad de Clinca Producida en toneladas. Si se desconoce, estimar la Cantidad de Cemento Producido.
- 2 En el caso de la producción de clinca, indicar en la columna B el Factor de Emisión de 0,5071 toneladas de CO₂ por tonelada de clinca producida. Si se sabe que la fracción (f) de cal en la clinca no es de 0,646, el factor de emisión puede convertirse de la manera siguiente:
$$\text{Factor de Emisión (t CO}_2\text{/t clinca)} = 0,5701 \times (f) / 0,646$$

En cuanto a la producción de cemento, anotar en la columna B el Factor de Emisión de 0,4985 toneladas de CO₂ por tonelada de cemento producido. Si se sabe que la fracción (f) de cal en el cemento no corresponde a 0,635, el factor de emisión puede convertirse de la manera siguiente:
$$\text{Factor de Emisión (t CO}_2\text{/t cemento)} = 0,4985 \times (f) / 0,635$$
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂ en toneladas de CO₂, y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10³ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO₂, y anotar el resultado en la columna D.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE SO₂

- 1 Estimar la Cantidad de Cemento Producido y anotar esa cifra en toneladas en la columna A de la hoja 2.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión en kg de SO₂/tonelada de cemento. Si no se cuenta con información sobre el contenido de azufre y el grado de absorción, indicar un valor por defecto de 0,3 kg de SO₂/tonelada de cemento.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de SO₂ en kg de SO₂, e indicar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de SO₂, y anotar el resultado en la columna D.



2.4 Producción de cal

Introducción

La producción de cal supone una serie de pasos comparables a los de la producción de clínca de cemento Portland. Éstos incluyen la extracción, trituración y clasificación volumétrica de la materia prima, la calcinación (es decir, el procesamiento a temperaturas muy elevadas ~ 1100 C) de la materia prima para producir cal, la hidratación de la cal en hidróxido de calcio seguida de varias operaciones de transferencia, almacenamiento y manipulación.

Fuentes de los datos

Las cifras de la producción internacional de cal se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) los números correspondientes a la producción de cal y a la producción de dolomita son el 30312 y el 40613 (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.4.1 Metodología para estimar las emisiones de CO₂

En la estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de cal se aplica un factor de emisión, en toneladas de emisiones de CO₂ por tonelada de cal producida, a la producción anual de cal. Los factores de emisión se tabulan en la Tabla 2-1.

Proceso	Componente	Factor de emisión
Horno de cal - alimentado con calcita	CO ₂	0,79 toneladas de CO ₂ /tonelada de cal viva producida
Horno de cal - alimentado con dolomita	CO ₂	0,91 toneladas de CO ₂ /tonelada de cal dolomítica producida

Cómo llenar la Hoja de trabajo

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

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

- 1 Estimar la Cantidad de Cal Producida para cada tipo de cal y anotar ese valor en toneladas en la columna A.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente de la Tabla 2-1 en toneladas de CO₂ por tonelada de cal viva o cal dolomítica producida.

FUENTES DE LOS DATOS

Se debe señalar que los códigos de emisión SNAP y los factores de emisión eran correctos en la fecha de publicación de este *Libro de trabajo*. Los lectores deberán remitirse a la edición más reciente de la Guía de EMEP/CORINAIR donde aparecen los códigos SNAP y los factores de emisión actualizados.

FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión están basados en la cal pura, pero en algunos casos la pureza puede oscilar entre 85% y 95%. En esos casos, las ecuaciones deberán ajustarse para dar cuenta de la pureza de la cal.

- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂ en toneladas, y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10³ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO₂, y anotar el resultado en la columna D.
- 5 Sumar las cifras de la columna D para obtener el total de Emisiones de CO₂ y anotar el resultado en la casilla inferior de la columna.

2.5 Utilización de piedra caliza y de dolomita

Introducción

Las aplicaciones industriales en que se somete a temperaturas elevadas piedra caliza o dolomita dan lugar a emisiones de CO₂.

Fuentes de los datos

Los datos sobre la producción internacional de piedra caliza y dolomita se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). La utilización de piedra caliza y dolomita no forma parte de la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.5.1 Metodología para estimar las emisiones de CO₂

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes de la utilización de piedra caliza se aplica un factor de emisión, en kilogramos de emisiones de CO₂ por tonelada de piedra caliza, al volumen anual de piedra caliza utilizada.

Se parte del supuesto de que el consumo de piedra caliza o de dolomita en toneladas anuales es igual a la suma del material extraído de las minas (o dragado) y del material importado, una vez restado el material exportado. Deberán excluirse de este cálculo la piedra caliza o la dolomita utilizadas en la producción de cemento, cal y magnesio, actividades y procesos agrícolas en que no se genera CO₂.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-3 - UTILIZACIÓN DE PIEDRA CALIZA Y DE DOLOMITA para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

- 1 Estimar la Cantidad de Piedra Caliza o Dolomita Utilizada y anotar esos valores en la columna A en toneladas.
- 2 Para el cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes de la utilización de piedra caliza, indicar en la columna B el Factor de Emisión de 440 kg de CO₂ por tonelada de piedra caliza utilizada. Si se conoce la pureza fraccionaria (f) de la piedra caliza en CaCO₃

UTILIZACIÓN DE PIEDRA CALIZA

El CO₂ procedente del empleo de abonos con cal en la agricultura deberá informarse en el capítulo correspondiente al Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura. La piedra caliza y la dolomita utilizadas en la producción de cemento y cal deberán notificarse en el capítulo correspondiente a las actividades industriales. Esta sección abarca todos los demás usos de la piedra caliza y la dolomita que dan origen a emisiones de CO₂.



por tonelada de materia prima total, el factor de emisión puede convertirse empleando la ecuación siguiente:

$$\text{Factor de Emisión (kg CO}_2\text{/t piedra caliza)} = 440 \times (f)$$

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ procedentes de la utilización de dolomita, anotar en la columna B el factor de emisión de 477 kg de CO₂ por tonelada de dolomita utilizada. Si se conoce la pureza fraccionaria (f) de la dolomita en CaCO₃·MgCO₃ por tonelada de materia prima total, el factor de emisión puede convertirse empleando la fórmula siguiente:

$$\text{Factor de Emisión (kg CO}_2\text{/t dolomita)} = 477 \times (f)$$

- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂ en kilogramos de CO₂, y anotar ese producto en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión a gigagramos de CO₂, y anotar esa cifra en la columna D.
- 5 Sumar los valores en la columna D para obtener el total de emisiones de CO₂ y anotar el resultado en la parte inferior de esa columna.

2.6 Producción y utilización de carbonato sódico

Introducción

Pueden ocurrir emisiones de dióxido de carbono durante la utilización del carbonato sódico, así como durante su producción, dependiendo del proceso industrial empleado.

Las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de carbonato sódico varían considerablemente dependiendo del proceso de fabricación. En la producción de carbonato sódico pueden emplearse cuatro procesos diferentes. Tres de esos procesos, el monohidratado, el sesquicarbonato y la carbonación directa, se consideran procesos naturales. El cuarto, el proceso Solvay, está clasificado como proceso sintético.

Durante el proceso de producción, la trona (el principal mineral empleado en la fabricación de carbonato sódico natural) se calina en un horno rotatorio y se transforma químicamente en carbonato sódico bruto. Como subproductos de ese proceso se generan dióxido de carbono y agua.

Fuentes de los datos

Las cifras de la producción y utilización de carbonato sódico en todo el mundo se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). La producción y utilización de carbonato sódico no están comprendidas en la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) (EMEP/CORINAIR, 1996).

CONTABILIZACIÓN DOBLE

Para evitar la contabilización doble, las emisiones de CO₂ que lleva aparejadas el uso de coque en la producción de carbonato sódico deberá contabilizarse por separado y las emisiones que guardan relación con el uso no energético del coque deberán restarse de los totales en la sección correspondiente a la combustión.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-4 - PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE CARBONATO SÓDICO para anotar los datos correspondientes a este submódulo. No se cuenta con metodología para estimar las emisiones de CO₂ procedentes del Proceso Solvay.

PASO 1 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE CARBONATO SÓDICO [PROCESO NATURAL]

- 1 Estimar la Cantidad de Trona Utilizada y anotar esa cifra en toneladas en la columna A de la hoja 1.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión de 0,097 toneladas de CO₂ por tonelada de trona.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂ en toneladas de CO₂, y anotar el resultado en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10³ para realizar la conversión a unidades de gigagramos de CO₂, y anotar esa cifra en la columna D.

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ PROCEDENTES DE LA UTILIZACIÓN DE CARBONATO SÓDICO

- 1 Estimar la Cantidad de Carbonato Sódico utilizado y anotar ese valor en toneladas en la columna A de la hoja 2.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión de 415 kg de CO₂ por tonelada de carbonato sódico utilizado.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂ en kilogramos de CO₂, y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO₂, y anotar el resultado en la columna D.

2.7 Producción y utilización de productos minerales varios

Introducción

En esta sección se tratan las emisiones de gases de efecto invernadero y las de precursores del ozono y aerosoles resultado de la producción de materiales asfálticos para techos, la pavimentación asfáltica, la fabricación de otros productos minerales como hormigón de piedra pómez, y la fabricación de vidrio.



Fuentes de los datos

Las cifras de la producción internacional de cemento se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) el código para el material asfáltico para techos es el 40610 (el correspondiente al soplado del asfalto es el 60310); el de la pavimentación de caminos es el 40611; y los correspondientes al vidrio plano y a los envases de vidrio son el 33014 y el 33015 respectivamente (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.7.1 Producción de material asfáltico para techos

2.7.1.1 Metodología para estimar las emisiones de COVDM y CO

Las emisiones procedentes de la producción de material asfáltico para techos pueden estimarse a partir de la masa total de productos en todo el país. Los factores de emisión indicados en la Tabla 2-2, tomados de la Guía EMEP/CORINAIR (SNAP 40610) son los valores por defecto.

TABLA 2-2 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO PARA TECHOS (KG/TONELADA DE PRODUCTO)^a		
	Factor de emisión (Saturación con rociado)	Factor de emisión (Saturación sin rociado)
COVDM	0,13 - 0,16	0,046 - 0,049
CO	ND	0,0095
ND = No disponible		
^a No hay cifras disponibles para las emisiones de CO procedentes de un proceso en que la saturación incluya una sección de rociado. Se ha partido del supuesto de que las emisiones serían idénticas a las procedentes de un proceso en que se emplee solamente saturación por inmersión.		

El soplado del asfalto es el proceso de polimerización y estabilización del asfalto para mejorar sus características de resistencia a la intemperie. Esa actividad da origen a emisiones de COVDM. Los valores por defecto para los factores de emisión se indican en la Tabla 2-3, y han sido tomados de la Guía EMEP/CORINAIR. Se da por supuesto que todo el asfalto utilizado en usos diferentes de la pavimentación corresponderá al asfalto soplado.

TABLA 2-3 FACTORES DE EMISIÓN PARA EL PROCESO DE SOPLADO DEL ASFALTO (KG/TONELADA DE PRODUCTO)		
	Factor de Emisión (con postquemador)	Factor de Emisión (ningún control)
COVDM	0,1	2,4

2.7.2 Pavimentación asfáltica

Introducción

Las superficies asfálticas de las carreteras están compuestas de material inerte compactado y ligante asfáltico. En el proceso de fabricación del asfalto y durante las operaciones de revestimiento de las carreteras ocurren emisiones de COVDM, que también se desprenden posteriormente de la superficie de la carretera.

2.7.2.1 Metodología para estimar las emisiones de COVDM

FACTOR DE CONVERSIÓN

Si se desconocen las toneladas de asfalto utilizadas en las tareas de pavimentación, pero sí la superficie pavimentada, puede emplearse un factor de conversión de 100 kg de asfalto/m² de superficie vial.

Las emisiones de COVDM dependen del tipo de asfalto (de curado lento, mediano o rápido) y de la cantidad de diluyente. Se propone un factor de emisión por defecto de 320 kg de COVDM por tonelada de superficie pavimentada (las fuentes se indican en el *Manual de Referencia de las Directrices del IPCC revisadas en 1996 para los inventarios de los gases de efecto invernadero*). La cantidad de diluyente utilizada en los países cálidos generalmente es inferior a la empleada en los países fríos, por lo que cabe esperar factores de emisión inferiores en los países cálidos.

2.7.3 Producción de otros productos minerales

Introducción

Varios otros procesos de producción de minerales podrían dar origen a emisiones de contaminantes. Esos procesos no son probablemente fuentes apreciables a escala mundial, pero pueden ser significativos a escala nacional o local. Por lo general se cuenta con información limitada sobre las emisiones de esos procesos.



2.7.3.1 Metodología para estimar las emisiones procedentes de otros productos minerales (COVDM y SO₂)

Producción de hormigón de piedra pómez

La producción de hormigón de piedra pómez es similar a la del cemento ya que las emisiones de SO₂ obedecen a la utilización de combustible y al contenido de azufre en la arcilla. Un 45% del SO₂ generado en el proceso es secuestrado en el producto. Deberá adoptarse un factor de emisión de unos 0,5 kilogramos de SO₂/tonelada de producto cuando no se disponga de información específica para las instalaciones (las fuentes se indican en el *Manual de Referencia de las Directrices del IPCC revisadas en 1996 para los inventarios de los gases de efecto invernadero*).

Producción de vidrio

Durante la producción de vidrio pueden ocurrir emisiones de COVDM. Se ha derivado un factor de emisión de 4,5 kg por tonelada de producto (las fuentes se indican en el *Manual de Referencia de las Directrices del IPCC revisadas en 1996 para los inventarios de los gases de efecto invernadero*).

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-5 - PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES VARIOS para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

PASO I ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE COVDM PROCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO PARA TECHOS

- 1 Estimar la Cantidad Producida de Material Asfáltico para Techos y anotar ese valor en toneladas en la columna A de la hoja 1.
- 2 En el caso de los procesos de saturación, anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente indicado en la Tabla 2-2,

En cuanto a los procesos de soplado del asfalto, anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente de la Tabla-2-3.
- 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 10⁶ para realizar la conversión en 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 CO DURANTE LA PRODUCCIÓN DE MATERIAL ASFÁLTICO PARA TECHOS

- 1 Estimar la Cantidad de Material Asfáltico para Techos Producida y anotar ese valor en toneladas en la columna A de la hoja 2.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente indicado en la Tabla 2-2.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO en kilogramos de CO, y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO, y anotar el resultado en la columna D.

PASO 3 ESTIMAR LAS EMISIONES DE COVDM PROCEDENTES DE LA PAVIMENTACIÓN ASFÁLTICA

- 1 Estimar la Cantidad de Material de Pavimentación Utilizado para cada Fuente de Emisión en un año y anotar ese valor en toneladas en la columna A de la hoja 3.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión de 320 kg de COVDM por tonelada de asfalto utilizado en las tareas de pavimentación.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de COVDM en kilogramos de COVDM, y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión en unidades de gigagramos de Emisiones de COVDM, y anotar el resultado en la columna D.
- 5 Sumar las cifras de la columna D para obtener el total de COVDM y anotar el resultado en la parte inferior de ese columna.

PASO 4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE COVDM PROCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE VIDRIO

- 1 Estimar la Cantidad de Vidrio Producido por tipo de vidrio y anotar esa cifra en toneladas en la columna A de la hoja 4.
- 2 Indicar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente a la producción de vidrio (valor por defecto de 4,5 kg de COVDM por tonelada de producto), en kilogramos de COVDM por tonelada de producto producido.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de COVDM en kilogramos de COVDM y anotar ese 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 los valores en la columna D para obtener el total de Emisiones de COVDM y anotar el resultado en la parte inferior de esa columna.

PASO 5 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE SO_2 PROCEDENTE DEL HORMIGÓN DE PIEDRA PÓMEZ

- 1 Estimar la Cantidad Producida de Hormigón de Piedra Pómez y anotar ese valor en toneladas en la columna A.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente a la producción de hormigón de piedra Pómez (valor por defecto de 0,5 kg de SO_2 por tonelada de producto), en kilogramos de SO_2 por tonelada de producto producido.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de SO_2 en kilogramos de SO_2 y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión en unidades de gigagramos de SO_2 y anotar el resultado en la columna D.

2.8 Producción de amoníaco

Introducción

En la mayoría de los casos, el amoníaco anhidro se produce mediante el reformaje catalítico al vapor de gas natural (mayormente CH_4) u otros combustibles sólidos. El gas natural es utilizado como materia prima en la mayoría de las fábricas, mientras que en el proceso de oxidación parcial pueden ser utilizados otros combustibles (por ej., petróleos pesados). El hidrógeno se separa del combustible por medios químicos y se combina con nitrógeno para producir amoníaco (NH_3). El carbono restante se emite con el tiempo en forma de CO_2 .

Durante la producción de amoníaco pueden ocurrir también emisiones de NO_x , COVDM, CO y SO_2 .

Fuentes de los datos

Por lo general, en cada país hay sólo unas cuantas fábricas de amoníaco, y se recomienda calcular las emisiones sobre la base de datos específicos para cada fábrica y/o métodos para fuentes puntuales. Las cifras de la producción internacional se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) el número correspondiente a la producción de amoníaco es el 40403 (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.8.1 Metodología para estimar las emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ dependen de la cantidad y la composición del gas (o del petróleo) empleado en el proceso. Se da por supuesto que todo el carbón se emitirá a la atmósfera.

CONTABILIZACIÓN DOBLE

Para evitar la contabilización doble, las cantidades de petróleo o gas utilizadas deberán restarse de la cantidad indicada en el capítulo correspondiente al uso energético y no energético en el capítulo Energía.

El método más exacto de estimación será el basado en el consumo de gas. El contenido de carbono del gas natural puede variar, por lo que se recomienda que se determine para cada fábrica. Por ejemplo, los datos correspondientes a Canadá (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*) indican valores de 812 m³ gas/tonelada de NH₃ y 0,525 kg de carbono/m³ de gas.

Si no estuviera disponible el consumo de gas, una alternativa sería calcular las emisiones a partir de la producción de amoníaco. El factor de emisión recomendado es de 1,5 toneladas de CO₂ por tonelada de NH₃ producido, excluyendo el gas utilizado como combustible (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*). El gas utilizado como combustible deberá excluirse en caso de que se utilicen datos diferentes para los factores de emisión. Esa cifra depende del contenido de carbono en la materia prima.

El CO₂ procedente de la producción de amoníaco puede emplearse también para la producción de urea o de hielo seco. Ese carbono se almacenará solamente durante un breve período. Por lo tanto, no deberá contabilizarse la fijación intermedia de CO₂ en los procesos de fabricación secundaria y en los productos.

2.8.2 Metodología para estimar las emisiones de COVDM, CO y SO₂

Los factores de emisión por defecto para las emisiones no controladas en las fábricas se indican en la Tabla 2-4.

TABLA 2-4 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE AMONÍACO (KG/TONELADA DE PRODUCTO)		
TOC ^a	CO	SO ₂
4,7	7,9	0,03
^a Total de compuestos orgánicos.		

La producción de amoníaco puede ser fuente de NO_x. Sin embargo, como no se dispone de datos para calcular las emisiones de NO_x, en esta publicación no se recomienda un método para estimar esas emisiones.

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-6 - PRODUCCIÓN DE AMONÍACO para anotar los datos correspondientes a este submódulo. Se presentan dos métodos para



estimar las Emisiones de CO₂: Nivel 1a - Estimación basada en el Gas Consumido y Nivel 1b - Estimación basada en la Producción de Amoníaco.

Nivel 1a - Estimación Basada en el Gas Consumido

PASO 1 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

- 1 Calcular la Cantidad de Gas Consumido en m³ durante la producción de amoníaco y anotar esa cifra en la columna A de la hoja 1. De no contarse con esos datos, pasar al Nivel 1b: Estimación basada en la Producción de Amoníaco.
- 2 Anotar en la columna B el Contenido de Carbono del Gas, en unidades de kg de carbono por m³ de gas.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B y la Relación de Conversión de la columna C (la relación de los pesos moleculares del CO₂ y el carbono), para obtener las Emisiones de CO₂ en kg de CO₂, y anotar esa cifra en la columna D.
- 4 Dividir la columna D por 10⁶ para realizar la conversión a unidades de gigagramos de CO₂, y anotar esa cifra en la columna E.

Nivel 1b - Estimación Basada en la Producción de Amoníaco

PASO 2 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂

- 1 Obtener una estimación de la Cantidad de Amoníaco Producido en toneladas y anotar esa cifra en la columna A de la hoja 2.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente en toneladas de CO₂ por tonelada de amoníaco producido. El factor de emisión por defecto es 1,5 t CO₂/t de NH₃ producido.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂ en toneladas de CO₂, y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10³ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO₂, y anotar el resultado en la columna D.

PASO 3 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE COVDM, CO Y SO₂

- 1 Obtener una estimación de la Cantidad de Amoníaco Producido en toneladas, y anotar en la columna A de la hoja 3 las cifras correspondientes a COVDM, CO y SO₂.

- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente para CO₂, CO y SO₂ indicado en la Tabla 2-4, en kg por tonelada de amoníaco producido.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de CO₂, CO y SO₂ en kg, y anotar en la columna C la cifra correspondiente a cada uno de esos gases.
- 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión en unidades de gigagramos de CO₂, CO y SO₂, y anotar el resultado en la columna D.

2.9 Producción de ácido nítrico

Introducción

En la producción de ácido nítrico (HNO₃) se genera óxido nitroso (N₂O) como subproducto de la oxidación catalítica del amoníaco (NH₃) a elevadas temperaturas.

Fuentes de los datos

Cada país tiene por lo general sólo unas cuantas fábricas que producen ácido nítrico; por lo tanto, normalmente están disponibles cifras de las mediciones de las emisiones. Esos datos toman en cuenta el efecto de toda tecnología de reducción de las emisiones instalada en las fábricas específicas. En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) el número correspondiente a la producción de ácido nítrico es el 40402 (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.9.1 Metodología para estimar las emisiones de N₂O

Las emisiones deberán calcularse a partir de los datos de producción del ácido nítrico en el país, y de las cifras específicas de emisión basadas en la tecnología empleada realmente. En la Tabla 2-5 se presentan ejemplos de factores de emisión de las plantas de producción de ácido nítrico, basados en mediciones. Las tasas de emisión dependen de la tecnología y de las condiciones de operación.

FACTORES DE EMISIÓN

Cuando no se cuenta con datos de mediciones, las emisiones se calculan multiplicando el factor de emisión por la cantidad producida. Deberán seleccionarse factores de emisión específicos cercanos al máximo de la gama apropiada.



TABLA 2-5 FACTORES DE EMISIÓN PARA EL N ₂ O PROCEDENTE DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO	
	Factor de emisión por kg N ₂ O/tonelada de ácido nítrico
EE.UU.	2.9 ^a
Noruega:- fábricas modernas, integradas	<2
- fábricas de presión atmosférica	4-5
- fábricas de presión media	6-7,5
Japón	2,2-5,7

^a Se ha informado de factores de emisión de hasta 19 kg N₂O/tonelada de ácido nítrico en fábricas no equipadas con tecnología de reducción catalítica no selectiva (las fuentes se citan en la *NGGI Reference* en el *Manual de Referencia* de las *Directrices del IPCC revisadas en 1996 para los inventarios de los gases de efecto invernadero*).

2.9.2 Metodología para estimar las emisiones de NO_x

El ácido nítrico es producto de la oxidación catalítica del amoníaco. Además de las emisiones de N₂O descritas anteriormente, podría haber emisiones no combustivas de NO_x.

Las emisiones se estiman a partir de la cantidad de ácido nítrico producida. El factor de emisión se multiplica por la producción de ácido nítrico. En la Tabla 2-6 se presentan estimaciones de los factores de emisión para los NO_x. Cuando se desconozcan los detalles del proceso y la tecnología deberá emplearse un valor de 12,0 kg de NO_x/tonelada de ácido nítrico.

TABLA 2-6 FACTORES DE EMISIÓN PARA LOS NO _x PROVENIENTES DE LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO	
Proceso	Factor de emisión kg NO _x /t ácido nítrico
Producción de ácido fuerte	0,1 - 1
Proceso a baja presión	10 - 20

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-7 - PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N₂O Y NO_x

- I Calcular la Cantidad Producida de Ácido Nítrico en toneladas y anotar esa cifra en la columna A.

- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente a cada tipo de emisiones en kg por tonelada de ácido nítrico producida. En la Tabla 2-5 se indican los factores de emisión pertinentes para el N_2O y en la Tabla 2-6 los correspondientes a los NO_x .
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de N_2O y NO_x en kg y anotar en la columna C la cifra para cada uno de esos gases.
- 4 Dividir la columna C por 10^6 para realizar la conversión en unidades de gigagramos para cada uno de esos gases, y anotar el resultado en la columna D.

2.10 Producción de ácido adípico

Introducción

El ácido adípico es un ácido dicarboxílico fabricado a partir de una mezcla de ciclohexanona/ciclohexanol que es oxidada por el ácido nítrico. El N_2O se genera como subproducto de la etapa de oxidación.

La producción de ácido adípico da origen también a emisiones de NO_x , COVDM y CO. Las emisiones procedentes de la producción de ácido adípico varían considerablemente dependiendo del nivel de control de emisiones empleado.

Fuentes de los datos

Las cifras de producción internacional se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). En la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) el número correspondiente a la producción de ácido adípico es el 40521 (EMEP/CORINAIR, 1996).

TECNOLOGÍA DE ATENUACIÓN

Las tecnologías disponibles tienen diferentes niveles de eficiencia. Toda reducción de las emisiones de N_2O debida a la instalación de sistemas de atenuación deberá evaluarse para cada planta específica siempre que sea posible.

2.10.1 Metodología para estimar las emisiones de N_2O

La producción de ácido adípico da origen a emisiones de N_2O a razón de 300g de N_2O /kg de ácido adípico producido (en el caso de las emisiones no atenuadas).

2.10.2 Metodología para estimar las emisiones de NO_x , COVDM y CO

En la Guía EMEP/CORINAIR se indica que las emisiones de N_2O podrían estar acompañadas de emisiones de NO_x , COVDM y CO, pero no se proponen factores de emisión en la actualidad. Los factores de emisión de la US EPA se indican en la Tabla 2-7 (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*).



TABLA 2-7 FACTORES DE EMISIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO (KG/TONELADA DE PRODUCTO)		
NO _x	COVDM	CO
8,1	43,3	34,4

Cómo llenar la Hoja de trabajo

Use la HOJA DE TRABAJO 2-8 - PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO para anotar los datos correspondientes a este submódulo.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N₂O, NO_x, COVDM Y CO

- 1 Calcular la Cantidad de Ácido Adípico Producido en toneladas y anotar esa cifra en la columna A.
- 2 Anotar en la columna B el Factor de Emisión correspondiente, en kg de cada uno de esos gases por tonelada de ácido adípico producido. En cuanto al N₂O, puede emplearse un valor por defecto de 300 kg de N₂O/t de ácido adípico producido. Por lo que respecta a los NO_x, COVDM y CO, véase la Tabla 2-7 en que se indican los valores por defecto para los Factores de Emisión.
- 3 Multiplicar la columna A por la columna B para obtener las Emisiones de N₂O, NO_x, COVDM y CO en kg y anotar esa cifra en la columna C.
- 4 Dividir la columna C por 10⁶ para realizar la conversión a unidades de gigagramos de N₂O, NO_x, COVDM y CO, y anotar el resultado para cada contaminante en la columna D.

2.11 Producción de carburo

Introducción

La producción de carburo puede dar origen a emisiones de CO₂, CH₄, CO y SO₂.

Fuentes de los datos

Las cifras de la producción mundial se pueden obtener de las Naciones Unidas (1988) y del US Bureau of Mines (1988). La fabricación de carburo no está incluida en la Standard Nomenclature for Air Pollution (SNAP) (EMEP/CORINAIR, 1996).

2.11.1 Metodología para estimar las emisiones de CO₂ y CH₄ procedentes de la producción de carburo de silicio

Emisiones de CO₂

En la producción de carburo de silicio, el CO₂ es liberado como subproducto de la reacción entre el cuarzo y el carbono. El coque de petróleo se utiliza como fuente de carbono. Un valor típico del factor de emisión es de 2,3 toneladas de CO₂/tonelada de coque, tomando como base las fábricas noruegas.

Emisiones de CH₄

El coque de petróleo utilizado en este proceso puede contener compuestos volátiles que forman CH₄. Parte de ese CH₄ escapará a la atmósfera, en particular durante la puesta en marcha. Sobre la base de mediciones realizadas en fábricas noruegas se han propuesto factores de emisión de 10,2 kg de CH₄/tonelada de coque de petróleo y de 11,6 kg de CH₄/tonelada de carburo producido.

2.11.2 Metodología para estimar las emisiones de CO₂ procedentes de la producción de carburo de calcio

El carburo de calcio se obtiene calentando carbonato de calcio (CaCO₃) y reduciendo más tarde la cal (CaO) con carbono (por ej., coque de petróleo). Ambos pasos dan origen a emisiones de CO₂.

En la Tabla 2-8 se presentan los factores de emisión para el cálculo de las emisiones.

CARBURO DE CALCIO

Se debe señalar que en la fábrica de carburo podría no producirse CaO (cal). En ese caso, las emisiones del paso del CaO deberán notificarse como emisiones procedentes de la producción de cal (Sección 2.4), debiendo informarse solamente las emisiones del paso de reducción y de la utilización del producto como emisiones provenientes de la fabricación de carburo de calcio.

Las emisiones pueden calcularse atendiendo a la utilización de materias primas (piedra caliza y coque). La piedra caliza contiene aproximadamente 98% de CaCO₃. Para producir 1 tonelada de carburo son necesarios 1750 kg de piedra caliza (o 950 kg de CaO) y 640 kg de agente reductor (incluidos 20 kg de electrodos de carbono).