
*Serie de material de apoyo técnico
sobre el RETC del UNITAR - Núm. 2*

Orientación para empresas sobre la estimación y presentación de datos del RETC

Agosto de 1998



unitar

United Nations Institute for Training and Research

IOMC

INTER-ORGANIZATION PROGRAMME FOR THE SOUND MANAGEMENT OF CHEMICALS

A cooperative agreement among FAO, ILO, UNEP, UNIDO, UNITAR, WHO and OECD

**Material guía y de apoyo técnico de UNITAR para
el diseño y la implementación de Registros de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
nacionales**

Serie de guías para la implementación de un proyecto de diseño de un RETC nacional*

Implementación del Proyecto de Diseño de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) Nacional: Documento Guía. UNITAR/IOMC, julio de 1997

Suplemento 1: *Preparación de una Evaluación de Infraestructura, Relevante para un RETC Nacional. UNITAR/IOMC, julio de 1997*

Suplemento 2: *Diseño de las Características Clave de un Sistema de RETC Nacional. UNITAR/IOMC, julio de 1997*

Suplemento 3: *Implementando una Prueba Piloto del RETC. UNITAR/IOMC, julio de 1997*

Suplemento 4: *Estructura para una Propuesta Nacional del RETC. UNITAR/IOMC, julio de 1997*

Serie de material de apoyo técnico sobre el RETC

Atención de las preocupaciones de la industria relativas a los Registros sobre Emisiones y Transferencias de Contaminantes. (Núm. 1) UNITAR/IOMC, agosto de 1998

Orientación para empresas sobre la estimación y presentación de datos del RETC (Núm. 2) UNITAR/IOMC, agosto de 1998

Guía para la estimación de emisiones de fuentes no puntuales. (Núm. 3) UNITAR/Ministerio de Vivienda, Planificación Espacial y Medio Ambiente de los Países Bajos/IOMC, agosto de 1998

** Nota: Los documentos que figuran en la serie de guías también están disponibles en español.*

El presente documento es el segundo de una serie de material de apoyo técnico de UNITAR sobre el RETC, que ha sido preparado en el contexto del *Programa de UNITAR de Entrenamiento y Formación de Capacidades para facilitar el Diseño e Implementación de Registros Nacionales de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)*, con el apoyo financiero de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA). El UNITAR quisiera agradecer especialmente la contribución del Instituto de Investigación de New Hampshire a la elaboración del presente documento. El UNITAR da también las gracias al Grupo de Coordinación del RETC por haber contribuido a la revisión del documento, y agradece en particular a la Agencia Suiza para el Medio Ambiente, los Bosques y el Paisaje por las observaciones formuladas en relación con el texto definitivo.

Para más información, sírvase contactar:

Programa para la Gestión de Sustancias Químicas y Desechos
Instituto de las Naciones Unidas para Formación Profesional e Investigaciones (UNITAR)
Palacio de las Naciones
CH-1211 GINEBRA 10
Suiza
FAX +41 22 917 8047
CORREO-E: cwm@unitar.org
SITIO WEB: www.unitar.org/cwm

98D005

Índice

Introducción al documento	5
Introducción al documento	3
Parte A: Introducción para los directivos de empresas	5
1. ¿QUÉ ES UN RETC?	7
2. DETERMINAR SI LA INSTALACIÓN ESTÁ SUJETA A LA OBLIGACIÓN DE PRESENTAR INFORMACIÓN.....	7
3. ¿QUÉ TIPOS DE INFORMACIÓN SON NECESARIOS PARA PREPARAR UN INFORME DESTINADO AL RETC?.....	9
4. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO DE PRESENTACIÓN DE INFORMES PARA EL RETC ...	10
5. UTILIZACIÓN DE LOS DATOS DEL RETC AL MARGEN DE LA PRESENTACIÓN DE INFORMES	13
Parte B: Identificación y evaluación de las emisiones y transferencias de contaminantes para la presentación de informes del RETC	14
1. INTRODUCCIÓN.....	16
2. ¿QUÉ SON LAS EMISIONES AMBIENTALES Y LAS TRANSFERENCIAS FUERA DE LAS INSTALACIONES? UNA INTRODUCCIÓN A ALGUNOS TÉRMINOS CLAVE	16
3. REALIZACIÓN DE UN INVENTARIO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE LAS INSTALACIONES	17
3.1 ¿Se utilizan sustancias notificables en la instalación?	18
3.2 ¿Contienen los productos sustancias notificables?	19
3.3 ¿Utilizan o producen sustancias notificables los procesos de producción empleados para elaborar estos productos?.....	20
3.4 ¿Existen actividades de limpieza o mantenimiento asociadas a estos productos que utilizan sustancias notificables?	22
3.5 ¿Contienen sustancias notificables los materiales utilizados para estos productos o introducidos en la instalación por otros motivos?	23
3.6 Umbrales para la presentación de informes.....	23
4. SELECCIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO ADECUADOS.....	24
5. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN NECESARIA.....	25
6. REALIZACIÓN DE UN ENSAYO EN LÍNEA.....	26
Part C: Métodos para calcular y generar datos para el RETC	29
1. MEDICIÓN DIRECTA	31
1.1 Medición de las emisiones fugitivas en el aire	33
1.2 Medición de las emisiones en el aire de fuentes puntuales.....	34
1.3 Medición de los vertidos en aguas superficiales.....	34
1.4 Medición de las emisiones en la tierra.....	34
2. CONTABILIDAD DE LOS MATERIALES Y BALANCE DE MASA.....	36
2.1 Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de la contabilidad de los materiales	40
2.2 Estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de la contabilidad de los materiales.....	41
2.3 Estimación de los vertidos en aguas superficiales por medio de la contabilidad de los materiales.....	41
2.4 Estimación de las emisiones en la tierra por medio de la contabilidad de los materiales.....	41
3. FACTORES DE EMISIÓN.....	41

3.1	Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de factores de emisión	44
3.2	Estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de factores de emisión	47
3.3	Estimación de los vertidos en aguas superficiales y de las emisiones en la tierra por medio de factores de emisión	47
4.	CÁLCULOS DE INGENIERÍA	47
4.1	Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de cálculos de ingeniería	51
4.2	Estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de cálculos de ingeniería	54
4.3	Estimación de los vertidos en aguas superficiales por medio de cálculos de ingeniería	54
4.4	Estimación de las emisiones en la tierra por medio de cálculos de ingeniería	55
5.	ELEGIR EL MEJOR MÉTODO PARA CALCULAR LAS EMISIONES	55
6.	REFERENCIAS	59
6.1	Publicaciones generales	59
6.2	Publicaciones sobre las emisiones en el aire	60
6.3	Publicaciones sobre los vertidos en aguas superficiales y las emisiones en la tierra	62
6.4	Publicaciones sobre el balance de masa y la contabilidad de los materiales	62
6.5	Publicaciones específicas a la industria.....	63

Introducción al documento

Introducción al documento

Países de todo el mundo están adoptando Registros sobre Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) que incluyen la cantidad y la naturaleza de las sustancias químicas específicas emitidas al medio ambiente y transferidas fuera de las instalaciones, según la información presentada por las propias instalaciones. En los sistemas típicos de RETC, las instalaciones evalúan los datos relativos a las emisiones y las transferencias de contaminantes para los productos químicos notificables, y los transmiten al gobierno, que a continuación los compila en una base de datos y hace pública la información.

Las instalaciones sujetas a la obligación de presentar informes en virtud de dicho sistema pueden considerar la tarea abrumadora y no saber por dónde empezar, o incluso si no están sujetas a esa obligación. ¿Qué tipos de información serán necesarios para calcular las emisiones y transferencias? ¿Cuál es el mejor método para efectuar dichas estimaciones? ¿Dónde pueden las instalaciones encontrar más información sobre la manera de emplear esos métodos? El presente breve documento de orientación pretende dar respuesta a estas interrogantes.

El presente documento está dividido en tres secciones. En la **Parte A** se proporciona orientación para ayudar a los directores de las instalaciones a comprender los requisitos de presentación de datos del RETC, los tipos de información que pueden necesitarse para calcular los datos y dónde puede obtenerse dicha información. En la Parte A también se dan algunas ideas sobre la organización de la recopilación de datos y el proceso de presentación de informes en el ámbito de las instalaciones. En la **Parte B** se brindan orientaciones por etapas para el personal técnico encargado de identificar las emisiones y transferencias y de evaluar los datos del RETC. En la **Parte C** se presenta un compendio de los métodos de que disponen las instalaciones para calcular sus emisiones realizadas en el aire, el agua y la tierra. En el documento se indican las circunstancias en que sería más adecuado utilizar cada método y proporciona algunas orientaciones e ilustraciones básicas para su uso. El presente documento no pretende ser una guía completa, ya que en él no se abordan procesos industriales específicos, ni se recomienda categóricamente la utilización de métodos para determinadas aplicaciones. Tiene por objeto ayudar a las instalaciones a utilizar eficazmente los datos que ya puedan tener a su disposición o ser fácilmente alcanzables con el fin de evaluar las emisiones y transferencias de contaminantes a efectos de presentar datos al RETC.

Anexo al documento figura una lista de referencias seleccionadas que ejemplifican el uso de diversas técnicas de estimación, así como otra información de utilidad. Las referencias mencionadas provienen sobre todo de organizaciones gubernamentales o internacionales, y están disponibles gratuitamente o por un costo reducido. Existen más documentos de los Estados Unidos que de otros países principalmente porque el RETC estadounidense (denominado “Inventario de Emisiones Tóxicas”) existe desde 1987, mientras que la mayoría de los demás países han creado su propio registro más recientemente o aún están esperando adoptarlo.

Parte A: Introducción para los directivos de empresas

1. ¿QUÉ ES UN RETC?

Un Registro sobre Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) es un catálogo o una base de datos sobre las emisiones y transferencias de productos químicos potencialmente nocivos, incluida información sobre la naturaleza y la cantidad de dichas emisiones y transferencias. Los RETC son excepcionales en el sentido de que proporcionan, en un registro único, información sobre las emisiones realizadas en el aire, el agua y la tierra, y sobre las transferencias efectuadas fuera de las instalaciones a diversas empresas intermediarias en la gestión de desechos, en contraste con los requisitos de reporte que cubren un medio únicamente (ej. sólo agua).

Un sistema de RETC puede incluir información sobre fuentes puntuales notificadas por cada instalación, así como sobre las emisiones y transferencias realizadas de fuentes no puntuales como operaciones agrícolas y actividades de transporte. En el caso de los países que incluyen fuentes no puntuales en sus sistemas de RETC, los datos suelen provenir de estimaciones gubernamentales. El presente documento se centra en la estimación de datos de RETC con fuente puntual realizada por las instalaciones.

2. DETERMINAR SI LA INSTALACIÓN ESTÁ SUJETA A LA OBLIGACIÓN DE PRESENTAR INFORMACIÓN

El primer paso que ha de dar el director de una empresa es determinar si la instalación está sujeta a la obligación de presentar información al RETC. Para ello es preciso revisar los criterios de presentación de informes y decidir si estos aplican a la instalación. Si bien dichos criterios varían en función de los sistemas de RETC, existen en general cuatro criterios que han de tomarse en consideración, a saber:

- **Industria** - ¿Qué productos se producen, qué servicios se prestan y qué actividades específicas se realizan? La presentación de informes para el RETC puede ser obligatoria únicamente para determinados sectores económicos o, en su defecto, todos los sectores pueden estar sujetos a excepción de aquéllos que están específicamente exentos. Una sola instalación puede ser operativa en más de una “industria”, lo que puede definirse sobre la base de los ingresos, el nivel de producción o el uso de determinadas sustancias.
- **Tamaño de la instalación** - ¿Cuántos empleados trabajan en la instalación? La admisibilidad para presentar informes puede basarse en un número mínimo de trabajadores o en cualquier otro dato que indique el tamaño de la instalación. El número total de empleados puede o no incluir a los trabajadores ajenos a la producción, como el personal de oficina.
- **Sustancias notificables** - ¿Existen o se generan sustancias notificables en la instalación, en la forma física o el estado químico especificados? Las sustancias notificables pueden variar según el modo de emisión. Pueden ser sustancias particulares (como el tolueno), grupos químicos (compuestos de metales, productos químicos orgánicos volátiles) o tipos

de emisiones (partículas). Se puede especificar una forma física, como humo o polvo, para las sustancias, lo que significa que sólo esa forma está sujeta a la presentación de informes, aun cuando la sustancia está presente en otras formas en la instalación.

- **Umbral** – ¿Es suficiente la cantidad de sustancia notificable encontrada en la instalación para activar la obligación de presentar informes al RETC, teniendo en cuenta los requisitos de reporte basados en el nivel de uso o actividad? Algunos RETC tienen niveles mínimos "de uso" (es decir, un nivel específico de uso) y/o niveles mínimos de desecho que deben alcanzarse para que una instalación esté sujeta a la obligación de presentar informes. El uso total se calcula por medio de la contabilidad de los materiales (véase la Parte B, sección 3.6 y la Parte C, sección 2).

Los RETC varían según los tamaños de las industrias y las instalaciones sujetas a la presentación de datos, algunas de las cuales no prevén niveles mínimos para dicha presentación. Sin embargo, todas ellas cuentan con listas específicas de sustancias notificables, que pueden incluir sustancias aportadas a la instalación, generadas o consumidas *in situ*, o transportadas en forma de producto; se puede tratar de impurezas, productos intermedios, productos de limpieza o ingredientes inertes, los cuales no suelen ser objeto de seguimiento en los procesos normales de mantenimiento de registros.

Habitualmente, las instalaciones se topan con varios problemas a la hora de determinar su situación relativa a la presentación de informes. Muchas instalaciones operan en más de una industria, por ejemplo, en la minería y la fabricación de metales primarios, la refinería de petróleo y la producción de productos químicos, la fabricación de metales primarios y la fabricación de metales, etc. Además, una sustancia puede ser utilizada de diversas maneras en una instalación y, de hecho, también en más de una "industria" con respecto a la presentación de informes (por ejemplo, un producto químico puede utilizarse como limpiador de superficies en las operaciones de fabricación de metales primarios y como componente de recubrimiento en la fabricación de metales). Las normas de presentación de informes para el RETC suelen definir a las industrias sujetas a dicha presentación, ya sea determinando qué industria representa la mayoría de los ingresos de las instalaciones y estableciendo a esa industria como la base para todas las presentaciones de informes para el RETC, o sustancia por sustancia. Otro problema que puede surgir es la necesidad de definir los límites del sistema de cada instalación, por ejemplo, en el caso de que una planta de producción y de tratamiento de desechos sea utilizada conjuntamente por varias instalaciones.

La presentación indebida de informes o el hecho de no presentar informes al RETC puede redundar en sanciones considerables. Por consiguiente, siempre merece la pena investigar si la instalación está sujeta a la presentación de información según la lista de sustancias notificables, salvo que exista la certeza absoluta de que ninguna de esas sustancias está presente en la instalación. También vale la pena repetir esa investigación cada año, en particular si se han introducido cambios en los materiales utilizados o en los requisitos de presentación de informes.

3. ¿QUÉ TIPOS DE INFORMACIÓN SON NECESARIOS PARA PREPARAR UN INFORME DESTINADO AL RETC?

A medida que surgen nuevos RETC, las instalaciones se enfrentan a la posibilidad de reportar datos que quizá no evalúan de manera rutinaria, o que no evalúan en lo absoluto. Afortunadamente, la mayoría de las instalaciones recopilan algunos datos que pueden ser utilizados para calcular las cantidades de emisiones y transferencias para los fines de la presentación de informes al RETC. A este respecto, cabría señalar que la mayoría de los RETC, aunque no todos, requiere únicamente las mejores estimaciones de sus emisiones y transferencias de productos químicos y, por consiguiente, no exige a las instalaciones que realicen tareas de medición o control. En la Parte C del documento se presentan algunos de estos métodos de estimación y se proporcionan referencias a fuentes de información más detallada. Además, las instalaciones afiliadas a empresas en los países donde se presenta información para el RETC pueden obtener orientación específica, de acuerdo a sus operaciones.

Muchos de los datos empleados para calcular las cantidades de emisiones y transferencias ya están disponibles en las instalaciones o pueden obtenerse con un esfuerzo mínimo y por un costo reducido. Entre otros, cabe señalar los siguientes:

- ***Datos existentes sobre las cantidades de emisiones y vertidos directos de sustancias notificables y no notificables, incluidos datos compilados para cumplir con otros requisitos de presentación de informes ambientales.*** Es probable que los datos sobre vertidos de sustancias específicas puedan ser directamente aplicables a la presentación de informes para el RETC. Otros datos ambientales podrían ofrecer información útil para calcular las cantidades emitidas, entre los que cabe señalar los vertidos totales, las concentraciones y las propiedades en relación con la concentración como el pH o la conductividad eléctrica.
- ***Datos generados mediante el control de las condiciones ambientales,*** como las mediciones de las concentraciones en el aire ambiente realizadas con el fin de asegurar el cumplimiento con las normas de seguridad para los trabajadores.
- ***Datos sobre contabilidad de los materiales, en particular: cantidad de sustancias introducidas, producidas y consumidas en las instalaciones, y transportadas en forma de productos, así como datos de inventario para sustancias notificables y no notificables.*** Estos datos pueden utilizarse para calcular el uso total de sustancias con el fin de determinar si la instalación alcanza el nivel mínimo para la presentación de informes, así como la cantidad de emisiones y transferencias.
- ***Datos de procedimiento, incluidos los insumos y resultados para cada proceso de producción, y fuentes específicas de emisiones y transferencias fuera de las instalaciones.*** Esto también abarca un inventario de los equipos, ya que ciertas emisiones fugitivas en el aire pueden calcularse a partir del número de compresores, válvulas y accesorios utilizados en los procesos.

- **Datos ajenos al procedimiento, como las sustancias utilizadas en la limpieza y el mantenimiento.** La mayoría de los productos de limpieza provocan emisiones directas debido a la manera en que son utilizados.
- **Datos generales de ingeniería, incluidos especificaciones de equipos, datos generales de referencia para determinados procesos, y datos relativos a las propiedades físicas y químicas de las sustancias notificables.** Estos datos se emplean para calcular las pérdidas de cantidades y eficacia, especialmente cuando no existen datos de control.
- **Datos sobre las especificaciones de los materiales y los productos, incluidas las fichas de seguridad.** Esta información puede resultar útil para identificar la composición de los materiales y productos químicos empleados en la instalación.
- **Referencias generales sobre estimaciones de emisiones.** La mayoría de las referencias proviene de publicaciones gubernamentales elaboradas por países donde existen sistemas de RETC y están disponibles gratuitamente o por un costo reducido.

No todos estos tipos de datos serán recopilados por los responsables del cumplimiento de las normas ambientales. Es muy probable que el personal encargado del medio ambiente recopile datos para atender otros requisitos de reporte, así como datos resultantes de controles realizados en la instalación. Sin embargo, en otros departamentos o por mediación de otro personal, pueden obtenerse tipos de información adicionales y necesarios para obtener datos destinados al RETC. Por ejemplo, el departamento de compras suele disponer de información sobre los materiales introducidos en la instalación, y la información relativa a los productos enviados estaría disponible en el departamento de envíos o de contabilidad. Los datos de las operaciones de rutina pueden obtenerse del personal encargado de los procesos o productos, ya que se trata de información sobre posibles fuentes de emisiones.

4. ORGANIZACIÓN DEL PROCESO DE PRESENTACIÓN DE INFORMES PARA EL RETC

Una vez que se ha determinado que la instalación ha de presentar informes al RETC, la dirección deberá decidir el modo en que llevará a cabo los procesos de recopilación de información, estimación de los datos y presentación de informes. La creación de un sistema eficaz de recopilación y seguimiento de los datos del RETC no solo garantizará la preparación adecuada de los informes, sino que también facilitará el uso de los datos del RETC para otros fines, por ejemplo, como contribución a los esfuerzos empresariales por reducir los desechos y las emisiones, simplificar el mantenimiento de registros y reducir los costos. A continuación se indican algunas propuestas para organizar un proceso eficaz de presentación de informes para el RETC.

Nombrar a un coordinador encargado de la presentación de informes para el RETC

Habida cuenta de la diversidad de datos que se utilizan en la presentación de informes, suele merecer la pena asignar las responsabilidades de esta tarea a una única persona. Un coordinador único constituye un enlace claro dentro de la instalación, así como con las

entidades exteriores, tales como las agencias gubernamentales que reciben los datos y los ciudadanos de la comunidad circundante que pudieran estar interesados en conocer los registros de emisiones y transferencias de contaminantes de la instalación.

La persona encargada de coordinar el proceso de presentación de informes para el RETC debería estar familiarizada con la instalación, sus procesos y los productos elaborados. Las instalaciones suelen considerar que el director ambiental o el ingeniero de la planta son las personas que poseen este tipo de conocimientos. Las experiencias adquiridas en la presentación de informes ambientales resultan útiles para recopilar y evaluar datos del RETC, pero no son imprescindibles. Lo esencial es que los altos directivos se comprometan a asignar el tiempo, los recursos y la ayuda necesarios.

La coordinación del RETC debería considerarse una tarea a largo plazo por dos motivos importantes. En primer lugar, como sucede con la mayoría de las tareas, la presentación de informes para el RETC es más fácil cada año, por lo que conviene aprovechar esa experiencia. Sin embargo, resulta igualmente importante lograr maximizar la utilidad de los datos del RETC en el marco de la instalación, con el fin tanto de identificar y poner en práctica las oportunidades de reducción, como de evaluar el modo en que los cambios introducidos en las actividades de la instalación han modificado los niveles de emisiones y transferencias de contaminantes de año en año. El cambio frecuente de coordinadores tiende a socavar esos usos potenciales de los datos. En lo que respecta a la rotación en otros ámbitos, como la supervisión de los procesos o productos, se pierde mucha “memoria institucional”, lo que priva a la instalación de los beneficios plenos que aportan los datos del RETC.

Crear un sistema de recopilación/seguimiento de datos

Habitualmente, las instalaciones estiman útil crear un sistema de recopilación sistemática de la información necesaria para presentar informes destinados al RETC y para llevar un seguimiento de dicha información durante el año. Gran parte de la información que se utilizará para generar los informes para el RETC son datos recopilados por distintos departamentos y por motivos distintos al RETC. Por consiguiente, es posible que dichos departamentos/personal necesiten proporcionar un duplicado de los datos para que el coordinador del RETC lo guarde. En algunos casos, tal vez sea necesario modificar los formularios de recopilación de datos que utilizan los distintos departamentos, con el fin de incluir nuevos elementos de información necesarios para la presentación de informes para el RETC.

A medida que se recopilan los datos necesarios, puede resultar útil realizar varias estimaciones experimentales a partir de los datos del año anterior, con miras tanto a poner a prueba el sistema de recopilación y seguimiento de los datos, como a comprobar si han de colmarse lagunas que puedan existir en materia de datos.

Una vez puesto en marcha el sistema de estimación y presentación de datos anuales del RETC, es conveniente que la instalación lleve un seguimiento de esos datos cada año con

objeto de identificar las tendencias, señalar posibles ámbitos que requieren ser mejorados y documentar los progresos logrados en la reducción de emisiones y desechos.

Identificar y calcular las emisiones/transferencias contaminantes

En particular, durante el primer ciclo de presentación de informes, pero también periódicamente cada año, la instalación debería analizar sistemáticamente sus distintos procesos y actividades para identificar todas las emisiones y transferencias potencialmente notificables. En la Parte B del presente documento se sugiere adoptar un proceso por etapas para ayudar al personal de las instalaciones a realizar esta evaluación. A efectos de identificar las emisiones/transferencias notificables, cabe plantearse algunas preguntas fundamentales, a saber:

- ¿Contienen sustancias notificables los productos elaborados en la instalación?
- ¿Utilizan o producen sustancias notificables los procesos de producción empleados para elaborar los productos?
- ¿Existen en la instalación actividades de limpieza o mantenimiento que utilizan sustancias notificables?
- ¿Contienen sustancias notificables los insumos utilizados en la elaboración de los productos o introducidos en la instalación por otros motivos?

Una vez identificadas las posibles emisiones y transferencias, el personal de la instalación deberá seleccionar el método adecuado para calcular la cantidad de dichas emisiones/transferencias. En prácticamente todos los casos, las estimaciones se calcularán mediante más de un método. Sin embargo, mientras algunos métodos de cálculo son más acertados, otros pueden resultar más fáciles de utilizar. El grado de exactitud que ha de tener la estimación depende en parte de la magnitud de las emisiones, la calidad de los datos ya recopilados, los usos previstos de los datos y el juicio del personal de la planta acerca de la precisión de los mismos.

A la hora de escoger los métodos de cálculo, las instalaciones deberían tener presente que no todos los métodos permiten reportar mejoras. Por ejemplo, los factores de emisión para las emisiones fugitivas en el aire dependen únicamente del número de válvulas, accesorios, etc. implicados en el proceso y de las sustancias particulares que fluyen a través de ellos. Si éstos no cambian, los factores de emisión no mostrarán mejoras en las emisiones fugitivas en el aire, aún cuando la instalación haya introducido modificaciones como, por ejemplo, la mejora de la capacitación de los trabajadores sobre manipulación de materiales. Igualmente, las estimaciones en materia de ingeniería pudiesen no reflejar la mejora de la eficacia o la reducción de las emisiones que la instalación haya alcanzado a raíz de la introducción de pequeños cambios en las condiciones de funcionamiento.

Los distintos métodos deberían tomarse en consideración a la luz de estas compensaciones, con el fin de seleccionar las opciones más adecuadas. El cálculo de las emisiones constituye un proceso en transformación: las instalaciones pueden decidir modificar los métodos a medida que descubren cuales son viables y parecen más aptos para proporcionar datos exactos y adaptados a sus necesidades particulares.

5. UTILIZACIÓN DE LOS DATOS DEL RETC AL MARGEN DE LA PRESENTACIÓN DE INFORMES

Las instalaciones utilizan a menudo los datos del RETC con fines distintos al cumplimiento de requisitos para presentar informes. Conocer el destino de los materiales una vez introducidos en la instalación es la manera más rápida de ahorrar dinero y recursos. Las emisiones y las transferencias realizadas fuera de las instalaciones constituyen materiales que no terminan en productos de la instalación, de modo que la identificación de las fuentes de dichas pérdidas permite señalar el camino hacia el logro de una eficiencia y unos beneficios mejorados. Las grandes cantidades de sustancias del RETC presentes como impurezas en los insumos, que obligan a la instalación a llevar a cabo procesos de eliminación onerosos, fomentan la búsqueda de nuevos proveedores o reformulaciones de productos con el fin de eliminar completamente la necesidad de contar con esas sustancias en la instalación. En algunos casos, los datos relativos a las emisiones pueden utilizarse como base para realizar cálculos de posible exposición y evaluaciones de riesgo para determinadas sustancias. La obtención de datos para el RETC suele aportar otros beneficios también como, por ejemplo, un mejor mantenimiento de registros y un mayor conocimiento del uso de las operaciones y los materiales. Por consiguiente, suele ser conveniente obtener datos sobre el RETC, aunque no sea obligatorio presentar informes al respecto.

Los datos del RETC pueden ser útiles más allá de los límites de la instalación. En la medida en que los datos del RETC se dan a conocer públicamente, pueden servir de base para mejorar el diálogo entre la empresa y las comunidades vecinas. Los datos registrados también constituyen una base de referencia válida respecto de la cual la instalación puede mostrar mejoras en términos de rendimiento ambiental, como la reducción de las emisiones/transferencias o las modificaciones introducidas en la instalación, a raíz de las cuales se elimina el uso de determinadas sustancias del RETC.

Parte B: Identificación y evaluación de las emisiones y transferencias de contaminantes para la presentación de informes del RETC

1. INTRODUCCIÓN

Esta parte del documento tiene por objeto ayudar a los coordinadores de los RETC y a otros encargados de las instalaciones a identificar las emisiones y transferencias notificables, y a generar datos para el RETC. Después de una sección en la que se definen algunos términos fundamentales, se plantean diversas preguntas y se proporcionan orientaciones para ayudar a las instalaciones a servirse de un proceso sistemático para identificar y determinar las emisiones y transferencias contaminantes para los fines de informes del RETC.

2. ¿QUÉ SON LAS EMISIONES AMBIENTALES Y LAS TRANSFERENCIAS FUERA DE LAS INSTALACIONES? UNA INTRODUCCIÓN A ALGUNOS TÉRMINOS CLAVE

Se considera desecho toda sustancia introducida o producida en las instalaciones que no se encuentre en los productos, ni se consuma en el proceso ni se incluya en el inventario. Los desechos se pueden gestionar en las instalaciones, liberar en el medio ambiente o transferir fuera de las instalaciones para fines de reciclaje, recuperación de energía, tratamiento o eliminación. Los RETC llevan un seguimiento de las cantidades y tipos de emisiones ambientales y transferencias de desechos específicos por sustancia realizadas desde cada instalación.

Las emisiones medioambientales son vertidos realizados directamente en el aire, el agua o la tierra, ya sea de manera intencional o no. Dichas emisiones incluyen las emisiones fugitivas en el aire, las emisiones en el aire desde fuentes puntuales, los vertidos en aguas superficiales, la introducción de desechos bajo tierra en pozos profundos, los vertidos directos en la tierra y el almacenamiento en vertederos en las propias instalaciones. En virtud de los sistemas de RETC, las instalaciones han de informar sobre la cantidad de cada sustancia notificable liberada en cada medio ambiente.

- *Las emisiones en el aire* están divididas en emisiones procedentes de fuentes puntuales y las emisiones fugitivas. La diferencia entre estos dos tipos de emisiones reside en la intención. Las emisiones aéreas procedentes de fuentes puntuales provienen de salidas de ventilación, conductos o tubos de equipos concebidos para ser puntos de vertido en el aire. Las emisiones fugitivas en el aire suelen ser no intencionales y se producen como consecuencia de fugas en los equipos o de procedimientos de transferencia o almacenamiento imposibles de controlar. El término “pérdidas” se emplea a menudo para describir las emisiones fugitivas en el aire, como en el caso de las pérdidas en tanques de almacenamiento o de las pérdidas en estanques de retenida. Los vertidos procedentes de la instalación de sistemas de ventilación también se consideran emisiones fugitivas.
- *Los vertidos realizados en aguas superficiales* son emisiones efectuadas en masas de agua como torrentes, lagos, océanos y ríos, entre las que cabe señalar la eliminación directa de desechos del proceso y de tipos de desechos resultantes de la gestión de los mismos en las instalaciones, como el tratamiento de aguas residuales. Los vertidos realizados en estanques de retenida no constituyen vertidos en aguas superficiales, sino una eliminación de desechos en la tierra de la propia instalación siempre y cuando el

estanque de retenida sea el destino final. Los vertidos realizados en las estaciones de tratamiento públicas se consideran generalmente transferencias fuera de las instalaciones más que emisiones.

- **Las emisiones en la tierra** incluyen vertidos de relaves, materia orgánica sólida, lodos y algunos líquidos no acuosos. Dichos vertidos pueden tener su origen en el tratamiento de desechos en las propias instalaciones o en vertidos directos procedentes de procesos de producción. Las emisiones en la tierra también incluyen los vertidos realizados en vertederos de las propias instalaciones, en embalses artificiales y para la biorregeneración del suelo.
- **La inyección bajo tierra** es la introducción intencional de desechos líquidos bajo tierra, en pozos profundos. Si bien existen distintos tipos de pozos, se suele sumar la cantidad total de desechos introducidos en ellos para obtener la cantidad total de desechos introducidos bajo tierra.

Las emisiones medioambientales se producen en todas las fases del ciclo de vida de las materias primas y los productos, incluidos la extracción o generación de materias primas, el transporte a la instalación, el almacenamiento, el procesamiento, el envío del producto, su uso y eliminación. Si bien todas estas fases pueden ser importantes fuentes de emisiones, en el presente documento se estudian únicamente las emisiones realizadas durante el proceso de producción y aquéllas producidas como consecuencia del almacenamiento y la eliminación en las instalaciones.

Las transferencias realizadas fuera de la instalación constituyen desechos que las instalaciones despachan con fines de reciclado, recuperación energética, tratamiento y eliminación. En general, las empresas de gestión de desechos exigen a las instalaciones que señalen la cantidad de químicos específicos presentes en los desechos que salen de sus instalaciones, de modo que estas transferencias sean controladas y enlistadas en las facturas de envío correspondientes.

3. REALIZACIÓN DE UN INVENTARIO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIAS DE LAS INSTALACIONES

Normalmente, los informes del RETC contienen estimaciones de las emisiones realizadas por las instalaciones sobre la base de sus conocimientos de la planta y sus procesos. Rara vez los RETC exigen a las instalaciones medir sus emisiones. Una vez que la instalación ha determinado que está sujeta a presentar informes al RETC (véase la Parte A, sección 2), debería llevar a cabo una evaluación sistemática con miras a identificar las emisiones y transferencias notificables. Realizar un inventario de las emisiones que se realizan en toda una instalación no difiere de realizar otros tipos de inventario: basta con obtener información sobre las emisiones/transferencias y el resto.



3.1 ¿Se utilizan sustancias notificables en la instalación?

La primera tarea consiste en identificar los usos de sustancias notificables en la instalación. Dichas sustancias se producen *in situ* o se introducen, pero las sustancias también pueden estar presentes en forma de impurezas o ingredientes inertes, por lo que pueden pasarse por alto. Si bien la mayoría de los RETC indica con sumo cuidado cuáles son las sustancias notificables, siempre surgen dudas respecto de si es preciso presentar informes sobre determinadas sustancias, a saber:

- *Forma física o estado químico*

Las instrucciones del RETC suelen especificar la forma que han de tener las sustancias notificables como, por ejemplo, el cinc, con la calificación “humo o polvo”. Esto significa que los grandes trozos de cinc llevados a vertederos de la propia instalación no se notificarían al RETC como emisiones en la tierra. Entre otras maneras de calificar la forma cabe señalar “respirable”, “soluble”, “pulverizable” y “aerosol”. El RETC también puede especificar el estado químico, como una determinada valencia de cromo o el estado “orgánico/inorgánico”. Estas calificaciones cobran especial importancia cuando existe un nivel mínimo para presentar informes, ya que una determinada sustancia notificable, en forma de humo o polvo, puede no utilizarse o producirse *in situ* en la cantidad suficiente para estar sujeto a la presentación de informes, pero estar presente abundantemente en otras formas.

- *Metales y compuestos metálicos*

Dependiendo de las características específicas del sistema de RETC, los metales pueden ser notificables como sustancias puras, compuestos o ambos. Cuando se notifican en calidad de compuestos, al RETC se señala únicamente el peso del metal notificable en el compuesto a fin de evitar la doble contabilidad, ya que muchos compuestos de metales contienen más de un metal. El cromato de plomo, por ejemplo, puede ser notificable como compuesto de plomo y como compuesto de cromo, siempre y cuando ambas sean sustancias notificables al RETC. En ese caso, el peso del plomo se notificaría como compuesto de plomo y el peso del cromo, como compuesto de cromo. En virtud de algunos RETC, como el Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes (INEC) del Canadá, el peso de los metales notificables contenidos en los compuestos metálicos se combina con el peso de los metales puros, y se notifica la suma total. En otros sistemas de RETC, como el IET estadounidense, se indica una lista de metales y compuestos metálicos como sustancias independientes, pese a que las emisiones y transferencias de un metal y sus compuestos pudieran estar combinadas en publicaciones de datos públicos.

Una vez establecidas cuáles son realmente las sustancias notificables, el paso siguiente consiste en determinar la cantidad de sustancia presente en la instalación y su ubicación. Para ello, es preciso conocer fundamentalmente el flujo de materiales que se produce dentro de la instalación, a través de los procesos de producción y ajenos a la producción, y fuera de ella, en forma de producto o desecho. Estos conocimientos también constituyen la base para realizar una estimación de las emisiones, de modo que conviene examinar con detenimiento

el funcionamiento de la instalación por esos dos motivos. La mejor manera de lograrlo es analizar cada producto enviado desde las instalaciones y continuar de manera retrospectiva.

3.2 ¿Contienen los productos sustancias notificables?

Los productos pueden contener productos químicos como parte de su formulación o como impurezas. Los componentes de fabricación pueden ser “activos” o “inertes”: básicamente, unos hacen que el producto actúe como corresponde y otros llevan los componentes activos y/o proporcionan características deseables como color, olor, textura, estabilidad, etc. Usualmente, las instalaciones desconocen con exactitud la composición de sus productos. Esto es especialmente cierto en el caso de los productos de consumo, cuyas etiquetas mencionan en general únicamente los principios activos. Las complicaciones surgen cuando los ingredientes inertes varían en cuanto a sustancias o concentraciones – lo que no es una situación inusual, ya que dichos ingredientes inertes suelen ser portadores de principios activos y muchas sustancias distintas pueden funcionar de manera igualmente óptima. En esos casos, el precio suele ser el factor determinante. Las impurezas pueden incluir subproductos de reacción que no fueron suprimidos o sustancias, como solventes, que no forman parte de la fórmula del producto y que permanecen porque su eliminación resulta extremadamente difícil u onerosa. Las impurezas también pueden estar presentes en las materias primas, por lo que pueden permanecer en los productos.

Cuando el producto es un objeto o “artículo”, las sustancias notificables podrían formar parte del producto sin figurar específicamente en la formulación. Por ejemplo, si un taller de metales que también reviste sus productos garantiza a sus clientes que el producto final tendrá determinados color o propiedades de durabilidad exterior, la formulación específica del recubrimiento tal vez no sea para el director del taller tan importante como encontrar el recubrimiento que tenga las propiedades externas necesarias al menor precio posible. Esto también se aplica a lo que no son artículos como los productos petrolíferos, que suelen clasificarse más en función de determinadas características (como el nivel de “octano”) que de contenidos específicos.

Otra fuente de sustancias notificables en los productos es el material de embalaje. A menudo las instalaciones introducen material de embalaje sin conocer específicamente su contenido. Las sustancias notificables podrían estar presentes en adhesivos, recubrimientos y en el propio material de embalaje, entre otros, el cartón ondulado.

La información relativa al contenido de los productos puede obtenerse de diversas fuentes. Se puede exigir que las instalaciones proporcionen fichas de seguridad a sus clientes y/o reciban fichas de seguridad de sus proveedores. Las fichas de seguridad recogen el nombre y la cantidad de las sustancias específicas, ya sea en forma de cantidad o concentración real. Es posible que los datos que figuran en las fichas de seguridad no sean lo suficientemente detallados para incluir las cantidades exactas de las sustancias que contiene un producto, pero al menos indican qué sustancias están presentes. Entre otros datos útiles se incluyen las mediciones de control de calidad realizadas por las instalaciones. Los clientes pueden exigir certificados del contenido del producto, los cuales pueden utilizarse para determinar si dicho producto contiene ciertas sustancias.

Una vez que se ha comprobado que los productos contienen sustancias notificables, es el momento de reunir el mayor número de datos posible sobre la cantidad de productos despachados a lo largo del año. Esos datos serán útiles para llevar la contabilidad de los materiales en la instalación y para calcular los niveles totales de uso y/o la generación de desechos.

La mejor manera de averiguar si se usan o producen sustancias en un proceso es inspeccionando la planta.

Preguntas que requieren respuesta:

- *¿Qué productos se elaboran?*
- *¿Contienen dichos productos sustancias notificables en calidad de componentes de formulación?*
- *¿Contienen dichos productos sustancias notificables por tratarse de impurezas, como subproductos no eliminados, solventes o catalizadores?*
- *¿Existe alguna sustancia que constituya un ingrediente inerte?*
- *¿Está presente alguna sustancia en los materiales de embalaje?*
- *¿Se exige alguna documentación que incluya la lista de sustancias contenidas en los productos, como fichas de seguridad o mediciones del control de la calidad requeridas por clientes?*
- *¿Se dispone de algún tipo de evaluación interna de estos productos que permita determinar si contienen sustancias notificables, como la supervisión del control de los procesos o de la calidad?*

3.3 ¿Utilizan o producen sustancias notificables los procesos de producción empleados para elaborar estos productos?

Aun cuando un producto no contenga sustancias notificables, éstas pueden ser generadas por el proceso de producción y eliminadas antes de despacharse el producto. También se pueden producir y utilizar sustancias en un solo proceso, como productos intermedios de reacción. Además, también pueden ser utilizadas de manera que no formen parte del producto final, como solventes o catalizadores.

Los procesos que no permiten elaborar un producto, como el tratamiento de las aguas residuales, también pueden hacer uso de sustancias notificables que no provienen necesariamente de procesos de producción. El almacenamiento también puede considerarse un proceso independiente si no se incluye en determinados procesos de producción.

La mejor manera de averiguar si se utilizan o producen sustancias en un proceso es inspeccionando la planta, analizando cada equipo y corriente de agua, y consultando al personal de la planta que maneja los equipos y procesos. También es una buena ocasión para comprobar si los diagramas de tuberías e instrumentación están actualizados. El procedimiento básico consiste en comprobar cada pieza de los equipos e identificar la procedencia de los flujos de entrada y el destino de los flujos de salida, así como los materiales que contienen. Toda medición realizada en flujos intermedios, como las

evaluaciones del control del proceso, podría ser útil para determinar si en el proceso se generan o usan sustancias notificables. El agrupamiento de las fichas de lotes es igualmente importante, sobre todo si el mismo equipo elabora diferentes productos. Las fichas de lotes detalladas pueden ofrecer información sobre la cantidad de material aportado a cada lote, así como la cantidad de material producido. También pueden proporcionar otra información valiosa como, por ejemplo, los procedimientos de vaciado, que deberá tomarse en cuenta en el flujo del material a través de la instalación.

La inspección de la planta también brinda una excelente oportunidad para tomar nota de las fuentes de emisiones, desde piezas de los equipos de un proceso hasta toda la planta. De lo contrario, pueden pasarse por alto importantes fuentes de emisiones, en particular cuando los productos químicos pasan de un medio a otro en el procesamiento – como la absorción del vapor de una corriente de aire al agua. Así ocurre en particular con los equipos de control de la contaminación. En el caso de las emisiones fugitivas en el aire, las fuentes pueden ser válvulas, accesorios, bombas y compresores, las cuales se pueden contar y registrar para ser utilizadas junto con factores de emisión. La evaporación procedente del tratamiento de aguas residuales y tanques de almacenamiento también provoca emisiones fugitivas en el aire. Entre otras fuentes puntuales de emisiones en el aire cabe señalar todas las salidas de ventilación de los equipos. Habitualmente, los vertidos en aguas superficiales y las emisiones en la tierra provienen de puntos de vertido discretos que deberían ser también identificados.

Por último, también debería aprovecharse la inspección para recopilar información que pueda utilizarse para calcular las posibles emisiones, entre la que cabe indicar los datos sobre los desechos despachados de las instalaciones, los datos de inventario, los vertidos controlados para la obtención de permisos y demás datos sólidos que permitan calcular cantidades o concentraciones de sustancias específicas. Los datos de control sirven para inspeccionar la planta y verificar que no se ha pasado por alto ninguna fuga. En esta fase deberían recopilarse otros datos relativos a la exposición de los trabajadores, los informes sobre accidentes y vertidos, y demás mediciones internas en materia de concentraciones (véase *infra* la sección 1 de la Parte C sobre la Medición Directa).

Preguntas que requieren respuesta:

- *¿Qué procesos de producción se utilizan para elaborar cada producto?*
- *¿Se utilizan sustancias notificables en los procesos ajenos a la producción, como el almacenamiento y el tratamiento de aguas residuales?*
- *¿Se añaden al proceso sustancias notificables que se consumen por completo?*
- *¿Se producen sustancias notificables en el proceso?*
- *¿Se elaboran sustancias notificables como productos intermedios (producidos y consumidos en el proceso)?*
- *¿Se utilizan como solventes, catalizadores o con otros fines sustancias notificables que no están contenidas en el producto final?*
- *¿Se han identificado posibles fuentes de emisiones?*
- *¿Cuáles son los límites del sistema de la instalación? ¿Tiene repercusiones para la identificación de sustancias notificables/transferencias la manera en que se definen dichos límites?*

- *¿Se han recopilado todas las posibles fuentes de datos sobre sustancias específicas? ¿Se dispone de fichas de producción de lotes?*
- *¿Se han reunido todos los datos operativos, incluidos los períodos de inactividad en la producción, y otros datos relativos a los vertidos y a las exposiciones de los trabajadores?*

3.4 ¿Existen actividades de limpieza o mantenimiento asociadas a estos productos que utilizan sustancias notificables?

Generalmente en las actividades de limpieza y mantenimiento se emplean sustancias notificables, las cuales suelen terminar en emisiones en el aire, si no se recuperan, y en transferencias fuera de las instalaciones, si se recuperan. Si bien los solventes orgánicos se utilizan a menudo para limpiar la maquinaria y vaciar los lotes, los usuarios de los productos de limpieza no siempre tienen conocimiento de los contenidos. Lo mismo sucede con los aceites lubricantes. A menudo, las instalaciones subcontratan las actividades de limpieza y mantenimiento a empresas locales sin tener mucha idea de qué productos se utilizan realmente en la instalación. Además de este problema, las empresas subcontratadas para el mantenimiento pueden no llevar un registro exhaustivo de las tareas realizadas en la instalación, y las instalaciones cambian a menudo de productos de limpieza en función de los precios o la eficacia.

Habida cuenta de que casi la totalidad de los productos de limpieza y mantenimiento se introducen en las instalaciones, se plantean los mismos problemas de identificación con otros materiales aportados (véase la sección 3.5 *infra*). La excepción reside en que los limpiadores se utilizan en cantidades tan reducidas que pueden no estar comprendidos en las prácticas habituales de compras. Se puede pedir a un empleado que compre una botella de un líquido de limpieza, por ejemplo, y de costar un precio inferior al mínimo estipulado por la instalación para ser registrado, dicha compra podría no quedar consignada.

En caso de duda sobre las prácticas de limpieza y mantenimiento, la mejor manera de averiguar si se utilizan sustancias notificables consiste en llevar un seguimiento de la limpieza y el mantenimiento, y comprobar si cada producto utilizado es una sustancia notificable.

Preguntas que requieren respuesta:

- *¿Los servicios de limpieza y mantenimiento se realizan in situ o se subcontratan?*
- *¿Contienen los productos de limpieza y mantenimiento sustancias notificables?*
- *¿Se realizan compras adicionales de productos de limpieza y mantenimiento que no figuran en el sistema habitual de compras?*
- *¿Se incluye en el presente marco el vaciado de recipientes entre lotes o en el contexto del proceso de producción?*

3.5 ¿Contienen sustancias notificables los materiales utilizados para estos productos o introducidos en la instalación por otros motivos?

Si bien es posible que las sustancias notificables no sean los principales componentes de los materiales introducidos en la instalación, pueden estar presentes en pigmentos, solventes u otros portadores. Las fichas de seguridad procedentes de los fabricantes pueden utilizarse para identificar las sustancias en los materiales introducidos. Además, algunas instalaciones estiman que merece la pena realizar sus propias pruebas con los materiales introducidos, con objeto de obligar a los proveedores a ceñirse a sus especificaciones. Si está previsto, por ejemplo, que un proveedor proporcione carbón con un determinado contenido de azufre, conviene poder examinar las características del carbón rápidamente antes de quemarlo a fin de comprobar que el contenido de azufre es correcto. Esta medida permite a la instalación devolver el carbón deficiente incluso sin tener necesidad de descargarlo del camión o el vagón del tren. Otra opción fácil de utilizar consiste en proporcionar a los proveedores una lista de sustancias notificables y preguntar si sus productos contienen alguna de ellas y, en caso afirmativo, con qué concentración. Los proveedores suelen estar dispuestos a proporcionar este tipo de información siempre y cuando no se le pida dar a conocer formulaciones completas. En caso de no estar dispuestos a dar información, las instalaciones deberían estudiar la posibilidad de acudir a otros proveedores.

En algunos casos, no resulta fácil definir los materiales que se aportan a la instalación. Por ejemplo, las instalaciones papeleras que utilizan papel recuperado como insumo no siempre conocen el contenido del papel recuperado que compran a los proveedores. Muy a menudo, el papel recuperado se clasifica según la cantidad de papel de oficina “blanco” que contiene la mezcla, es decir, conviene que la proporción de papel “blanco” sea lo más elevada posible para precisar menos blanqueo. Resultaría costoso para las instalaciones realizar múltiples pruebas para determinar si el papel recuperado contiene sustancias notificables. No obstante, las distintas instalaciones, las asociaciones industriales y los proveedores podrían colaborar en la caracterización del papel recuperado por un costo relativamente reducido para todos. Gracias al acceso a esa información, las instalaciones pueden decidir que vale la pena pagar más por papel recuperado que no contenga sustancias notificables.

Preguntas que requieren respuesta:

- *¿Se dispone de información sobre el contenido de cada producto que se introduce en la instalación, por ejemplo, a partir de fichas de seguridad u otra información sobre control de calidad?*
- *¿Se puede obtener de los proveedores información sobre el contenido?*
- *¿Son exactas las facturas de los proveedores?*

3.6 Umbrales para la presentación de informes

Algunos RETC exigen a las instalaciones que informen sobre cualquier sustancia presente en ellas, independientemente de la cantidad de que se trate o de la finalidad de la sustancia. El RETC de Noruega es un ejemplo de registro que carece de umbrales: las instalaciones sometidas a la presentación de informes deben señalar las emisiones procedentes de todas las

sustancias notificables, aun cuando dichas emisiones sean nulas o la cantidad utilizada sea reducida. No obstante, la presentación de informes para el RETC suele basarse en la cantidad de sustancia utilizada en el año de presentación de informes de que se trate, es decir, comúnmente existe un umbral de uso para informar sobre una determinada sustancia. El INEC del Canadá tiene un umbral de uso de 10.000 kilogramos. Si el uso de una sustancia alcanza ese umbral, deben señalarse todas las emisiones y transferencias, aun cuando sean equivalentes a cero.

El uso se calcula como sigue:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} \\ \text{sustancia} & + & \text{sustancia} & + & \text{sustancia} & - & \text{sustancia} & = & \text{sustancia} \\ \text{indicada en} & & \text{introducida} & & \text{producida} & & \text{indicada en} & & \text{utilizada} \\ \text{el inventario} & & \text{en la} & & \text{en la} & & \text{el inventario} & & \text{durante el} \\ \text{a principios} & & \text{instalación} & & \text{instalación} & & \text{a finales de} & & \text{año} \\ \text{de año} & & \text{durante el} & & \text{durante el} & & \text{año} & & \end{array}$$

El uso también puede calcularse a partir de otra información sobre el proceso:

$$\begin{array}{ccccccccc} \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} & & \text{cantidad de} \\ \text{sustancia} & + & \text{sustancia} & + & \text{sustancia} & = & \text{sustancia} \\ \text{despachada como} & & \text{consumida en} & & \text{generada como} & & \text{utilizada} \\ \text{o en forma de} & & \text{la instalación} & & \text{desecho} & & \text{durante el año} \\ \text{producto durante} & & \text{durante el año} & & \text{durante el año} & & \\ \text{el año} & & & & & & \end{array}$$

En algunos casos existen distintos umbrales para determinados tipos de usos. El IET estadounidense, por ejemplo, tiene un umbral de presentación de informes sobre uso más elevado, que asciende a 25.000 libras de sustancias producidas o procesadas en la instalación, y un umbral más reducido, de 10.000 libras, para las sustancias utilizadas de otra manera, como solventes o ayudas a la producción.

Algunos RETC también tienen un umbral de generación de desechos para las sustancias utilizadas en cantidades que generan pequeñas cantidades de desechos. Para el año 1995 de presentación de informes, el IET estadounidense añadió un nuevo umbral basado en la generación de desechos, a saber: las instalaciones que generan menos de 500 libras de desechos de una sustancia notificable no deben informar sobre dicha sustancia al RETC salvo que el uso total supere un millón de libras. En ese caso, la generación de desechos se calcula sumando las emisiones, las transferencias realizadas fuera de las instalaciones y la cantidad de desechos gestionados en las instalaciones durante el año.

4. SELECCIÓN DE MÉTODOS DE CÁLCULO ADECUADOS

La selección de métodos de estimación de las emisiones procedentes de instalaciones industriales depende en gran medida del tipo y de la calidad de los datos ya recopilados por la instalación o que son fácilmente accesibles. Frecuentemente, las instalaciones recopilan datos

de distintos tipos para sus operaciones diarias. Algunos flujos de desechos se miden directamente, pero no es habitual medir cada uno de ellos. Es por ello que las instalaciones también se basan en otros tres métodos para evaluar las emisiones: *contabilidad de los materiales*, *factores de emisión* y *estimaciones de ingeniería*. Una sola estimación de emisión notificada al RETC puede ser una combinación de cualquiera de estos métodos o de todos ellos.

Las estimaciones obtenidas a partir de distintos métodos dan resultados diferentes, y las instalaciones escogen los métodos en función de sus conocimientos sobre la planta, su grado de confianza en los datos recopilados y los usos previstos de los datos, distintos de la presentación de informes para el RETC. Antes de presentar informes al IET en 1987, pocas instalaciones en los Estados Unidos calculaban las emisiones fugitivas en el aire. Una instalación sujeta a dicha presentación de informes trató de utilizar el método de contabilidad de los materiales, pero estimó que la incertidumbre que conllevaba la medición de los flujos de productos y otras pérdidas hacía que la cantidad de emisiones fugitivas en el aire fuera relativamente elevada. Un ingeniero de una empresa química indicó que el uso de factores de emisión reducía a la mitad la cantidad de emisiones fugitivas en el aire, en comparación con las estimaciones de balance de masa. Más adelante, cuando la empresa implantó un programa destinado a controlar sus emisiones fugitivas en el aire procedentes de equipos y tuberías, la estimación se redujo en un 50 por ciento adicional – según la elección del método de estimación. Cualquiera de los métodos hubiera permitido obtener una estimación lo suficientemente exacta para el RETC, pero la instalación también quería utilizar los datos para otros fines que requerían mayor precisión. Estos otros usos eran, en última instancia, lo que motivaba la decisión de controlar las emisiones fugitivas en el aire.

5. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN NECESARIA

La identificación de las emisiones y transferencias en la instalación constituye el punto de partida para la generación de datos del RETC. La inspección y la identificación de datos descritas en la sección 3 *supra* son útiles en este proceso, al igual que la recopilación de la información que será necesaria para aplicar los métodos de estimación. En esta fase, la instalación debería recopilar datos de funcionamiento de los equipos, incluidas las especificaciones de los fabricantes para los equipos de control de los procesos y la contaminación. El rendimiento de diseño, la tasa de eliminación o la eficiencia de los tratamientos pueden ser variables útiles para calcular las emisiones, especialmente ante la falta de datos de control. Por otra parte, también es importante recopilar información sobre las propiedades físicas y químicas de las sustancias notificables utilizadas en la instalación. Especialmente importantes son propiedades como la densidad y la presión de vapor a lo largo de un abanico de temperaturas. Estos datos se utilizan para calcular factores de emisión y para los cálculos de ingeniería, como para evaluar las pérdidas en tanques.

En esta fase, puede ser necesario identificar más fuentes. Las especificaciones del diseño de equipos permitirán identificar fuentes ya conocidas para piezas específicas de equipos. Otras dos referencias técnicas proporcionan listas completas de fuentes de diversos tipos de equipos y procesos. En general las dos publicaciones, ambas de la EPA estadounidense, tituladas

Estimating Releases and Waste Treatment Efficiencies for the Toxic Chemical Release Inventory Form y *Emission Factors for Equipment Leaks of VOC and HAP*, son suficientemente exhaustivas para realizar estimaciones de las emisiones en toda la planta (véanse las Referencias). La primera es una guía general que contiene numerosos ejemplos de cálculos, tipos de fuentes de emisión (algunos de los cuales se pasan frecuentemente por alto) y demás datos útiles. La segunda es la principal referencia para estimar emisiones fugitivas en el aire procedentes de fugas en válvulas, accesorios, bombas y compresores. La EPA estadounidense también ha elaborado orientaciones para industrias en particular (véanse las Referencias).

6. REALIZACIÓN DE UNA PRUEBA

Una manera de saber si se ha recopilado información suficiente para calcular emisiones para el RETC es tratar de calcular emisiones para el año previo. Este cálculo de prueba permite identificar fuentes de emisiones y datos en la instalación, y brinda la oportunidad de crear una nueva colección de datos y registros, en su caso, antes de la presentación de informes. Las importantes emisiones imprevistas pueden contribuir a poner de manifiesto maneras de ahorrar gastos, contrarrestando los costos de los equipos de control o de recuperación.

Es posible que las pequeñas instalaciones no recopilen regularmente datos que les permitirían presentar informes al RETC. Para las instalaciones que se encuentran en esa situación, el problema relativo a la presentación de informes para el RETC parece insuperable. Sin embargo, con escasos registros coherentes, se pueden calcular datos del RETC incluso para años anteriores siempre y cuando la instalación lleve registros, como se ilustra en el siguiente ejemplo de caso.

Ejemplo de caso: Cálculo de las emisiones de una pequeña tienda de pinturas

Parte 1: Identificar emisiones/transferencias notificables y recopilar la información necesaria

Una pequeña tienda de pinturas con atomizador está procurando calcular sus emisiones correspondientes al año anterior y determinar qué tipos de información adicional serán necesarios para calcular las emisiones correspondientes al año en curso. La situación es típica, a saber: la pintura se almacena en tanques de almacenamiento situados en la propia planta y se bombea a cabinas de pulverización, y la instalación utiliza distintos tipos de pintura según la aplicación.

- < El primer paso consiste en analizar la producción del año anterior y concluir cuántas tareas pueden agruparse debido al tipo de pintura utilizada o a la similitud de los tipos de unidades pintadas. El objetivo es agrupar los distintos tipos de tareas o “bloques de tareas” en el menor número posible y, a continuación, recopilar datos sobre la cantidad de piezas de trabajo despachadas durante el año.
- < El siguiente paso consiste en determinar los tipos de pintura utilizada en cada bloque de tareas a fin de comprobar su contenido en sustancias notificables. Si no se puede acceder fácilmente a esta información, conviene ponerse en contacto con el proveedor para obtener información sobre las sustancias empleadas en sus pinturas y sus concentraciones. Los proveedores suelen estar dispuestos a facilitar esta información, ya que no se les pide que divulguen formulaciones completas.
- < Es preciso evaluar las fuentes de emisiones en el proceso de pintura. Las tiendas de pintura suelen registrar sobre todo emisiones en el aire. Las fuentes incluyen, entre otras, la evaporación procedente del producto pintado, la neblina de pulverización, los contenedores abiertos, y las válvulas y juntas de los equipos. Las válvulas, las juntas y los compresores deberían ser identificados para ser utilizados con los factores de emisión para calcular las emisiones fugitivas en el aire. Toda pintura que no acabe en el producto es un desecho que, salvo que existan controles de contaminación, constituye una emisión. En caso de haber cabinas de pulverización individuales, probablemente exista un sistema común de ventilación para ellas – los vertidos procedentes de las salidas de ventilación serán fuentes puntuales de emisiones en el aire. En caso contrario, si la ventilación del edificio se ocupa de esto, todas las emisiones serán emisiones fugitivas en el aire. Las materias sólidas de la pintura constituirían emisiones en la tierra de ser eliminadas en la propia instalación.
- < También es necesario identificar las posibles emisiones durante los procesos de limpieza y mantenimiento. ¿Cómo se limpian los equipos de pintura entre lotes? ¿Se realizan tareas de mantenimiento rutinarias durante los períodos de inactividad? Todo solvente utilizado para limpiar los circuitos de alimentación de pintura y las boquillas acaba siendo emitido en el aire si no se recupera.
- < ¿Se recopilan otros datos que podrían utilizarse para calcular las emisiones, por ejemplo, información sobre la exposición de los trabajadores? ¿Se miden las concentraciones de solventes orgánicos dentro de las cabinas de pulverización? ¿Se dispone de datos sobre derrames de pintura o limpiadores?

**Parte C: Métodos para calcular y generar
datos para el RETC**

1. MEDICIÓN DIRECTA

Las instalaciones suelen analizar la composición de los flujos de desechos por motivos ajenos a la presentación de informes para el RETC, entre los que cabe señalar: el control de procesos, la medición de la exposición de los trabajadores o el cumplimiento de requisitos gubernamentales. En el Recuadro 1 se indican algunas consideraciones generales acerca del uso de la medición directa en la presentación de informes para el RETC.

Mediciones de control del proceso:

- muestreo en línea de concentración en proceso o flujos de salida para controlar el proceso
- muestreo en línea de propiedades directamente relacionadas con la concentración, como el pH o la conductividad eléctrica

Mediciones de la exposición de los trabajadores:

- medición directa de la concentración ambiental de diversos productos químicos en la planta
- registro de vertidos y fugas, y de lo que se ha hecho con esos materiales

Mediciones de permisos gubernamentales o de cumplimiento:

- emisiones en el aire de determinados productos químicos procedentes de equipos de control de la contaminación u otras salidas de ventilación
- cantidad de productos químicos en los vertidos realizados en aguas superficiales procedentes del tratamiento de aguas residuales o de vertidos directos a aguas superficiales
- cantidad de productos químicos eliminados en vertederos o embalses artificiales dentro de las instalaciones
- vertidos realizados en pozos de inyección

Muy a menudo estas mediciones pueden utilizarse directamente para calcular emisiones. Siempre y cuando el monitoreo de datos se realice con frecuencia para tomar en cuenta las variaciones normales en las condiciones de funcionamiento a lo largo del año, la concentración media puede utilizarse con la tasa de flujo media para calcular la emisión anual. Si las condiciones de funcionamiento son relativamente estables, la cantidad total de productos químicos en el flujo de desecho se obtiene como sigue:

$$\begin{array}{l} \text{concentración} \\ \text{media} \end{array} \quad \times \quad \text{tasa de flujo media} \quad \times \quad \begin{array}{l} \text{tiempo de} \\ \text{funcionamiento} \\ \text{durante el año} \end{array} \quad = \quad \begin{array}{l} \text{cantidad total de} \\ \text{productos químicos en} \\ \text{el flujo de desecho} \end{array}$$

Aun cuando las condiciones de funcionamiento no sean estables, pueden seguir utilizándose las mediciones siempre y cuando la instalación confíe en que en los datos de control se han tenido en cuenta todas las condiciones. Por ejemplo, la concentración de vapor que sale del condensador de una columna de destilación puede variar considerablemente con los cambios estacionales en la temperatura del agua de refrigeración. En este caso, las emisiones anuales

pueden evaluarse fraccionando el cálculo en períodos más cortos (por ejemplo, en trimestres o meses), calculando las emisiones totales para cada período de tiempo y sumando los resultados para el año.

Recuadro 1. Estimación de las emisiones por medición directa

La medición directa suele utilizarse para calcular emisiones en el aire con fuentes puntuales, vertidos en aguas superficiales y emisiones en la tierra. La medición de las emisiones fugitivas en el aire es más complicada y se realiza con menor frecuencia.

Ventajas

- + Las instalaciones suelen medir los flujos de desechos, las emisiones y los flujos del proceso por motivos distintos a la presentación de informes para el RETC.
- + Si los datos de control son óptimos, la medición directa es probablemente la manera más exacta de calcular las emisiones.
- + La medición directa es el método que más probabilidades tiene de dar resultados imprevistos, lo que no sólo da una estimación más exacta de las emisiones, sino que alerta al personal de la planta sobre cambios producidos en las condiciones de funcionamiento.
- + No siempre es necesario controlar un producto químico específico si se utiliza solamente una sustancia notificable (por ejemplo, un producto químico orgánico). También se pueden controlar determinadas propiedades, como el pH o la conductividad eléctrica, que guardan relación con la concentración.
- + La medición directa de emisiones puede cumplir con los requisitos de control gubernamentales en materia de permisos y cumplimiento.

Inconvenientes

- La medición directa puede ser costosa y requerir equipos, capacitación del personal, mantenimiento y seguimiento.
- A menudo las instalaciones terminan teniendo que analizar grandes cantidades de datos.
- No se pueden controlar todas las emisiones; no siempre se dispone de tecnología práctica.
- Si los datos de control no son fiables (no son representativos de las condiciones de funcionamiento), la medición directa puede generar estimaciones deficientes.

Cómo comenzar

- < La normativa oficial puede proveer técnicas de medición. Se puede consultar al organismo que recopila datos de control para obtener información sobre técnicas de control específicas. La EPA estadounidense, las asociaciones industriales y las sociedades de ingeniería son también buenas fuentes (véanse las Referencias).
- < A menudo los vendedores de equipos pueden proporcionar información sobre mediciones. Los monitores pueden ser relativamente baratos y fáciles de usar.
- < Puede consultarse a los fabricantes de equipos para recibir consejos sobre la medición de los flujos de entrada y de salida para determinadas piezas de equipos.

En general, las instalaciones estiman que es preferible realizar pocas mediciones en puntos de vertido estratégicos en la planta, que realizar muchas mediciones en flujos de procesos intermedios. Cada medición contiene una determinada cantidad de errores, y muchos errores de medición combinados pueden dar lugar a importantes incertidumbres en el cálculo final.

1.1 Medición de las emisiones fugitivas en el aire

Por naturaleza, las emisiones fugitivas en el aire son difíciles de medir. Habida cuenta de que provienen de diversas fuentes, la medición directa puede ser costosa y llevar mucho tiempo. Sin embargo, es posible que las instalaciones ya recopilen datos de control que puedan utilizarse para calcular las emisiones fugitivas en el aire. Por ejemplo, las concentraciones ambiente de determinados productos químicos pueden controlarse en diversos lugares de la planta para evaluar la exposición de los trabajadores. En ese caso, las concentraciones pueden utilizarse junto con la tasa de circulación del aire en el sistema de ventilación de la planta para obtener una estimación de las emisiones fugitivas en el aire. No siempre es necesario contar con un monitor especializado en determinados productos químicos si está presente una sola sustancia notificable o si el producto químico que la instalación desea medir es único. Una empresa farmacéutica que utiliza cloroformo como único solvente orgánico en un proceso de extracción puede controlar la cantidad total de hidrocarburos para medir la concentración ambiental de cloroformo.

Las instalaciones también pueden medir las fugas corrientes procedentes de válvulas, accesorios, bombas, compresores e incluso de piezas de equipos del proceso. Se han desarrollado métodos de medición específicos, muchos de los cuales están a disposición del público en general. La publicación *Emission Factors for Equipment Leaks of VOC and HAP* de la EPA estadounidense ofrece instrucciones generales para medir las tasas de fuga (véanse las Referencias). En el caso de las válvulas, los accesorios y las bombas pequeñas, los equipos se introducen en bolsas o se mantiene precintados. Se utiliza una bomba de muestreo para retirar el material del precinto a intervalos regulares y se lleva un registro de las mediciones de concentración de los muestreos. Las tasas de fuga pueden calcularse a partir de estas mediciones. Éste es esencialmente el procedimiento que se sigue para crear factores de emisión (véase la sección 3 *infra*).

El control de las fugas de los equipos permite obtener una buena estimación de las emisiones fugitivas en el aire y, según los procesos, puede resultar rentable. No es necesario controlar cada válvula de la planta, por ejemplo, pero deberían realizarse suficientes mediciones sobre cada tipo de válvula a fin de obtener una media razonable para cada tipo de válvula (válvulas de compuerta, válvulas de globo, etc.). La tasa de fugas puede depender del caudal que pasa por el equipo o de los productos químicos que se utilizan, de modo que deberían tomarse estas variaciones en consideración en las mediciones, al menos lo suficiente para determinar que la tasa de fuga es independiente de los productos químicos o del caudal.

Dado que la edad y la condición de los equipos también influyen en la cantidad de emisiones fugitivas, las instalaciones acostumbra a controlar las fugas detectables (en oposición a las emisiones fugitivas normales) con un dispositivo “rastreador”. Se trata de un monitor portátil que se coloca junto a la pieza de un equipo para que indique rápidamente la presencia de

determinados tipos de productos químicos por encima de un umbral establecido. Las fugas detectables imprevistas indican que el equipo ha de ser reparado o reemplazado, y si siguen registrándose durante demasiado tiempo, las mediciones de la tasa media de fuga para dicha pieza no serán exactas. Si el dispositivo “rastreador” no detecta fugas (o si las fugas en exceso se reparan rápidamente), la tasa media de fuga será una buena estimación de las emisiones fugitivas en el aire.

1.2 Medición de las emisiones en el aire de fuentes puntuales

Las emisiones en el aire de fuentes puntuales suelen ser flujos de salida de vapor procedentes de determinadas piezas de equipos. Debido a que tienen lugar en puntos de vertido conocidos y suelen confinarse antes de ser vertidas, resultan más fáciles de controlar que las emisiones fugitivas en el aire. La colocación de puertos de muestreo y medidores de flujo en algunos lugares adecuados permite obtener estimaciones de las emisiones en el aire de fuentes puntuales en toda la planta, sobre todo si los flujos de vapor contienen únicamente unos pocos productos químicos. Aun cuando no se puedan controlar las emisiones de cada producto químico, el control de la totalidad de las emisiones en el aire de fuentes puntuales puede servir de base para calcular cada componente: por ejemplo, las emisiones totales de los componentes orgánicos volátiles (COV) deberían ser el resultado de la suma de cada COV. Las emisiones en el aire de fuentes puntuales son las emisiones en el aire que controlan las instalaciones con mayor frecuencia por motivos distintos a la presentación de informes para el RETC, a saber, para controlar el proceso o cumplir con la normativa gubernamental.

1.3 Medición de los vertidos en aguas superficiales

La mayoría de las instalaciones cuenta únicamente con un solo punto de vertido, lo que facilita el control de los vertidos en aguas superficiales en comparación con la medición de otras emisiones (al menos desde el punto de vista de la recopilación de muestras). Si el flujo de aguas residuales contiene una sola sustancia notificable, el control puede ser una opción razonable de método de estimación. También pueden medirse otros indicadores de concentración, como el pH o la conductividad eléctrica, a fin de calcular los vertidos en aguas superficiales. La medición es una práctica bastante habitual, ya que a menudo se exige a las instalaciones que controlen los vertidos en aguas superficiales en lo que atañe a diversos programas gubernamentales, o con miras a informar sobre la eficacia del tratamiento del agua.

1.4 Medición de las emisiones en la tierra

Al igual que ocurre en los vertidos en aguas superficiales, las instalaciones suelen tener un solo flujo de desechos que se vierte en la tierra en la propia instalación, lo que convierte a la medición en una tarea conveniente si el flujo de desechos contiene pocas sustancias notificables. También suelen controlar estos flujos de desechos por otros motivos. Por ejemplo, las instalaciones pueden medir la concentración en lodos con objeto de determinar la eficacia del tratamiento de las aguas residuales, sobre todo cuando se trata de grandes volúmenes de aguas residuales con concentraciones de contaminantes reducidas. Asimismo, pueden controlar los estanques de retenida directamente con miras a medir la exposición de

los trabajadores, ya que las concentraciones de los productos químicos pueden ser elevadas. Si las emisiones en la tierra constituyen vertidos directos procedentes de piezas de los equipos, como filtros, estanques de decantación u operaciones de deshidratación de lodos, puede controlarse la concentración de cada producto químico en los flujos de desechos con el fin de determinar el rendimiento del proceso. El control es un método de estimación habitual en muchas instalaciones debido a las inquietudes que plantea el espacio dedicado a los vertederos: las instalaciones desean saber con exactitud cuánto material se deposita en ellos para la planificación comercial futura de los espacios de vertederos y operaciones alternativas.

Ejemplo A: Estimación de los vertidos en aguas de superficie por medio de la medición directa

Tarea: Las plantas utilizan los datos de control para determinar los vertidos de compuestos de cadmio procedentes del cadmiado después del tratamiento. El proceso de tratamiento en la instalación recibe compuestos de cadmio del agua de lavado, utilizada para limpiar las piezas acabadas y de la solución empleada para el cadmiado.

Descripción del proceso e inventario de los equipos: Si bien la planta realiza operaciones discontinuas que ascienden a 2.000 horas por año, las operaciones de tratamiento se llevan a cabo de manera continua (24 horas al día, 350 días al año). El personal de la planta controla los vertidos totales de cadmio de manera continua para velar por el cumplimiento de los permisos. Los datos de control indican que la concentración media de cadmio es de $6 \cdot 10^{-3}$ g/litro durante 1.500 horas al año e inferior al límite cuantitativo de $1 \cdot 10^{-6}$ g/litro el resto del tiempo (éstas son mediciones del cadmio únicamente y no incluyen otras sustancias presentes en los compuestos de cadmio). La tasa media de flujo de vertidos no varía y asciende a $0,4 \cdot 10^6$ galones al día.

Cómo comenzar: Ha de calcularse la cantidad de vertidos cuando exista una concentración mensurable.

$$(6 \cdot 10^{-3} \text{ g/litro}) * (1 \text{ libra}/453,59 \text{ g}) * (0,4 \cdot 10^6 \text{ galones/día}) * (1 \text{ día}/24 \text{ horas}) * (1.500 \text{ horas/año}) * (1 \text{ litro}/0,264 \text{ galones}) = 1.252,6 \text{ libras/año}$$

Para proceder con prudencia, conviene partir del supuesto de que el nivel de vertidos asciende la mitad del límite cuantitativo cuando no existen vertidos mensurables.

$$(0,5 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \text{ g/litro}) * (1 \text{ libra}/453,59 \text{ g}) * (0,4 \cdot 10^6 \text{ galones/día}) * (1 \text{ litro}/0,264 \text{ galones}) * ((350 \text{ días/año} - (1.500 \text{ horas/año} * 1 \text{ día}/24 \text{ horas})) = 0,48 \text{ libras/año}$$

Esta cantidad adicional es bastante reducida, pero hace que los vertidos totales asciendan aproximadamente a 1.254 libras/año. La cantidad real notificada al RETC dependerá del número de cifras relevantes exigido. La mayoría requiere únicamente dos cifras relevantes, de modo que se notificarían 1.300 libras.

2. CONTABILIDAD DE LOS MATERIALES Y BALANCE DE MASA

En la contabilidad de los materiales se examinan los insumos y los productos correspondientes a toda la instalación para calcular las emisiones totales (véase la [Figura 1](#) en el Anexo). En la contabilidad de los materiales, los insumos y los productos suelen corresponder a cantidades de las que las instalaciones llevan un seguimiento por motivos comerciales e incluir cantidades de material introducido en las instalaciones, cantidades registradas en el inventario y cantidades de productos despachados (véase el [Recuadro 2](#)). Toda contabilidad de los materiales en las instalaciones, correspondiente a un producto químico A, abarcaría los siguientes insumos y productos:

Insumos

Cantidad de producto químico A introducida en la instalación durante el año

Cantidad de producto químico A que figuraba en el inventario a principios de año

Cantidad de producto químico A producida en la instalación durante el año

Productos

Cantidad de producto químico A despachada en forma de producto durante el año

Cantidad de producto químico A que figuraba en el inventario a finales de año

Cantidad de producto químico A consumida en la instalación durante el año

Emisiones totales de producto químico A registradas en la instalación durante el año

Transferencias totales de producto químico A realizadas fuera de la instalación (como desecho) durante el año

En esta contabilidad de los materiales para toda la instalación, la cantidad de producto químico A consumido en la instalación (utilizado como reactante o transformado en otra sustancia) durante el año incluye el consumo ajeno a la producción, como el tratamiento en la instalación o la recuperación energética. La cantidad producida incluye la producción no intencional, por ejemplo, de subproductos de reacción. Las emisiones totales de producto químico A son la suma de las emisiones fugitivas en el aire, las emisiones en el aire de fuentes puntuales, los vertidos en aguas superficiales, las inyecciones subterráneas y las emisiones en la tierra.

Las instalaciones evalúan muchas de las cantidades utilizadas en la contabilidad de los materiales o en el balance de masas de los equipos correspondientes a toda la instalación por diversos motivos, por ejemplo, para el control de la calidad de los productos:

- en los registros de seguridad de los materiales se puede exigir que se lleve un seguimiento de la concentración de productos químicos en productos como los farmacéuticos;

- los clientes pueden insistir en controlar periódicamente los productos para garantizar el cumplimiento de las especificaciones;
- las instalaciones pueden analizar las materias primas con el fin de evitar la contaminación o comprobar que los proveedores cumplen con las especificaciones de entrega;
- se pueden controlar las concentraciones de determinados flujos del proceso como parte del control del proceso;
- pueden utilizarse registros y manifiestos de envío para identificar las cantidades introducidas en la instalación, despachadas en forma de producto o transferidas fuera de la instalación como desechos;
- puede hacerse un seguimiento de las transferencias de desechos realizadas fuera de las instalaciones, ya que las empresas de gestión de desechos suelen insistir en conocer la composición de los desechos introducidos en sus instalaciones.

Las fichas de lotes o los registros de producción suelen ser la base del balance de masa de los equipos o de la contabilidad de los materiales en el ámbito del proceso. Usualmente, las fichas de lotes contienen la cantidad de productos químicos incluidos en cada lote, la cantidad de producto generado y la cantidad de productos químicos restantes colocados en el inventario. Si el producto reúne las especificaciones habituales, los operadores pueden rastrear, sobre la base de lo indicado en el lote, los diversos desechos que no terminaron en un lugar u otro. Por ejemplo, si en la ficha de lote de un fabricante de pinturas se indica que no se han contabilizado 100 libras de xileno en el peso de la pintura producida en dicho lote, es probable que el xileno se haya propagado como emisión fugitiva en el aire, siempre y cuando la pintura contuviera la cantidad de xileno adecuada. La suma de las cantidades de emisiones realizadas en la instalación, calculadas a partir de las fichas de lotes para el año, da una estimación óptima de las emisiones.

También se puede realizar un cálculo de la contabilidad de los materiales o un balance de masa para cada pieza de los equipos. El balance de masa de los equipos se refiere al cálculo de las cantidades de material contenido en los flujos de entrada y de salida de las piezas de los equipos de que se trate. Los insumos incluyen todo el material generado en el equipo, como los productos de reacción (ya sea de manera intencional o no intencional), así como la cantidad de productos químicos específicos contenidos en los flujos de entrada. Asimismo, los productos incluyen todos los materiales consumidos en los equipos, como la cantidad consumida por reacción o destruida en el tratamiento, además de los flujos de desechos, del proceso y de productos. Dado que el número total de insumos debe ser equivalente al número total de productos, todo material contabilizado en los insumos, pero no en los productos, constituye una emisión fugitiva ambiental. Los balances de masa se realizan para la masa total y para cada producto químico (componentes de los balances de masa). El balance de masa para un producto químico A en una vasija de reactor contendría los siguientes insumos y productos (véase la Figura 2 en el Anexo):

Insumos	Productos
Cantidad de producto químico A en todos los flujos de entrada al reactor	Cantidad de producto químico A presente en el flujo de producto y otros flujos de salida del reactor
Cantidad de producto químico A producido por reacción dentro del reactor	Cantidad de producto químico A consumido por reacción dentro del reactor Cantidad total de producto químico A emitido del reactor

Recuadro 2. Estimación de las emisiones por medio de la contabilidad de los materiales y el balance de masa

Los métodos de balance de masa y de contabilidad de los materiales se emplean cada día en la mayoría de las plantas. Todas las emisiones pueden calcularse por medio de estas técnicas, ya sea a partir de piezas de los equipos o para toda la instalación.

Ventajas

- + En teoría, se puede calcular prácticamente todo el inventario de emisiones de las plantas por medio del balance de masa y la contabilidad de los materiales.
- + Dado que el balance de masa y la contabilidad de los materiales son ejercicios matemáticos, los costos de capital son reducidos.
- + Además de los datos de control del proceso, ya se dispone de mucha información necesaria sobre insumos y productos para realizar el balance de masas y la contabilidad de los materiales, a partir de los datos relativos al funcionamiento y los fondos:
 - las facturas de recepción y las fichas sobre seguridad de los materiales proporcionan información sobre la cantidad de productos químicos introducidos en la instalación durante el año;
 - los recibos de envío y las fichas sobre seguridad de los materiales proporcionan información sobre la cantidad de productos químicos despachados en forma de productos;
 - a menudo se lleva un seguimiento de la cantidad de productos químicos que se almacena en los inventarios de las instalaciones;
 - las fichas de lotes y los registros de producción brindan información sobre los insumos y los productos para los balances de masa relativos a los equipos y al proceso.

Inconvenientes

- Las emisiones estimadas por medio del balance de masa y la contabilidad de los materiales son tan exactas en tanto los demás insumos y productos de la ecuación también lo sean.
- Los pequeños errores o incertidumbres en las cantidades de insumos o productos pueden representar grandes diferencias en las cantidades de emisiones estimadas por medio de este método.
- Si la cantidad de emisiones es pequeña, el balance de masa y la contabilidad de los materiales podrían no calcularla.
- Es probable que las emisiones estimadas por medio del balance de masa no cumplan con los requisitos de control gubernamentales, aunque sean aceptables a efectos de la presentación de informes para el RETC.

Cómo comenzar

- Se puede obtener información general sobre la realización de balances de masa en las publicaciones estándar sobre ingeniería química. Varios ejemplos de estimación de las emisiones por medio del balance de masa se ilustran en la publicación *Estimating Releases and Waste Treatment Efficiencies for the Toxic Chemical Release Inventory Form* de la EPA estadounidense (véanse las Referencias).
- Si bien no existen guías exhaustivas sobre la contabilidad de los materiales, el Departamento de Protección Ambiental de New Jersey recopila datos sobre la contabilidad de los materiales en las instalaciones y dispone de recursos al respecto. Las asociaciones industriales y las sociedades de ingeniería también son buenas fuentes (véanse las Referencias).

Las emisiones totales procedentes del reactor incluyen fugas líquidas, emisiones fugitivas y flujos de desechos, por ejemplo, de válvulas destinadas a reducir la presión (salvo que se considere que dicho material forma parte del flujo de salida). Diversos balances de masa sobre todas las piezas de un equipo durante un proceso permiten estimar las emisiones totales resultantes de dicho proceso. A su vez, dichos balances de masa del proceso pueden sumarse para toda la planta, para calcular cada flujo de desecho y las emisiones de la planta en el aire, el agua y la tierra.

El objetivo es terminar con una sola cantidad incierta en cada balance de masa o contabilidad de los materiales, y confiar razonablemente en todas las demás cantidades, independientemente de que hayan sido medidas o estimadas por medio de otros métodos. Probablemente no sea exagerado afirmar que la mayoría de las instalaciones quisiera que la contabilidad total de sus materiales encontrase un equilibrio del 5-10 por ciento. Lamentablemente, suele ser difícil determinar con tanta exactitud los insumos y productos, de modo que las incertidumbres al respecto pueden ocultar pequeñas cantidades de emisiones en los balances de masa. Por consiguiente, la contabilidad de los materiales y el balance de masa son los métodos más adecuados cuando existen grandes pérdidas en el proceso en comparación con el uso (por ejemplo, en el caso de un baño de solvente con sustanciales pérdidas en la evaporación).

2.1 Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de la contabilidad de los materiales

La mejor manera de calcular las emisiones fugitivas por medio del balance de masa o la contabilidad de los materiales sería comenzar cuantificando todos los demás insumos, productos y emisiones. Aquello sobrante en este cálculo serían las emisiones fugitivas en el aire. Si las emisiones fugitivas en el aire para una determinada pieza del equipo o toda la instalación son cuantiosas en comparación con las demás emisiones, puede llevarse a cabo el balance de masa o la contabilidad de los materiales. Sin embargo, toda variación en la cantidad de insumos o productos, como la cantidad de productos químicos introducidos en la instalación, puede repercutir enormemente en el cálculo de la cantidad de emisiones fugitivas en el aire, tanto en términos numéricos como porcentuales. Por ejemplo, una gran empresa farmacéutica en New Jersey había utilizado facturas de recepción para determinar la cantidad de material introducido en la instalación. Los productos distintos de las emisiones fueron adecuadamente identificados, especialmente la cantidad de productos despachados, ya que tuvieron que realizarse mediciones para cumplir con la normativa federal. Posteriormente, la instalación decidió verificar al azar la cantidad de material recibido y comprobó que el proveedor había entregado un 20 por ciento menos de material que el indicado en las facturas. Esto suponía una diferencia muy superior al 20 por ciento en las estimaciones de las emisiones fugitivas en el aire obtenidas por medio del balance de masa, lo que se traducía en decenas de miles de libras en el transcurso de un año. Se trata de un ejemplo extremo, pero incluso un pequeño error del 5 por ciento, en un importante flujo de entrada o de salida, puede provocar un incremento o una disminución desproporcionados en las estimaciones de emisiones fugitivas en el aire realizadas por medio de la contabilidad de los materiales.

2.2 Estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de la contabilidad de los materiales

En algunas instalaciones, las emisiones en el aire de fuentes puntuales pueden ser suficientemente cuantiosas para ser calculadas por medio del balance de masa o la contabilidad de los materiales, sobre todo si las emisiones fugitivas en el aire son pequeñas en comparación y pueden calcularse por medio de otro método. Las emisiones en el aire de fuentes puntuales pueden ser el único elemento desconocido en un balance de masa de los equipos cuando existe una salida de ventilación. Cuando las emisiones en el aire de fuentes puntuales son mucho mayores que las emisiones fugitivas en el aire, las pequeñas incertidumbres relativas a otros flujos de entrada y de salida tendrán escasa incidencia.

2.3 Estimación de los vertidos en aguas superficiales por medio de la contabilidad de los materiales

La misma precaución para estimar las emisiones en el aire de fuentes puntuales, por medio del balance de masa y la contabilidad de los materiales, aplica a los vertidos en aguas superficiales. Si la cantidad de vertidos químicos es pequeña en comparación con otras emisiones u otros insumos y productos, el balance de masa puede no ser el método que convenga utilizar o calcularla con exactitud. Esto es especialmente cierto cuando la instalación vierte aguas residuales tratadas: la cantidad de sustancias notificables en los flujos de aguas residuales vertidas puede ser tan pequeña que ni siquiera pueda medirse la concentración, y puede quedar oculta por las incertidumbres presentes en otros insumos y productos. Por otra parte, cuando los vertidos de aguas superficiales fluyen de una determinada pieza del equipo, el balance de masa de los equipos puede ser el mejor método para calcular la cantidad.

2.4 Estimación de las emisiones en la tierra por medio de la contabilidad de los materiales

También en este caso, las instalaciones han de tomar en consideración la cantidad relativa de emisiones en la tierra y las incertidumbres relativas a otros insumos y productos, a la hora de decidir si conviene estimarlas en primer lugar por medio del balance de masa o la contabilidad de los materiales. Tómese de nuevo el ejemplo del tratamiento de las aguas residuales: sería difícil calcular la cantidad de productos químicos presentes en el tratamiento del lodo si la cantidad de productos químicos vertidos en las aguas superficiales es pequeña. Sin embargo, si los vertidos en la tierra se producen desde una determinada pieza del equipo, como un filtro prensa o una centrifugadora, puede convenir realizar un balance de masa de los equipos.

3. FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión son, como su nombre indica, factores que se multiplican por la tasa de flujo, la cantidad de producción u otras medidas para revelar la existencia de emisiones, normalmente emisiones en el aire. Las instalaciones pueden calcular factores de emisión para

su propio uso basándose en mediciones, o basarse en los datos publicados respecto de los factores de emisión. Los factores de emisión pueden depender de tasas de flujo o de productos químicos, y deberían seleccionarse con cuidado para ajustarse a la situación. Se utilizan en su mayoría para calcular las emisiones en el aire, aunque la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha publicado algunos factores de emisión para el vertido en aguas superficiales y para la eliminación en la tierra de determinados procesos en: *Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution* y en el sistema de estimación USES de los Países Bajos (véanse las Referencias).

Los datos disponibles relativos a los factores de emisión para las emisiones en el aire abarcan desde tasas de fuga para válvulas y accesorios hasta factores de emisión para procesos o plantas en su totalidad. Algunas instalaciones utilizan un factor de emisión de proceso o planta para calcular sus emisiones totales en el aire y, a continuación, se sirven de los factores de emisión de tasa de fuga para calcular emisiones fugitivas – la diferencia reside en las emisiones en el aire de fuentes puntuales.

Ejemplo B: Estimación de las emisiones en el aire por medio de la contabilidad de los materiales

Tarea: Se trata de utilizar información sobre la contabilidad de los materiales para calcular las emisiones totales de fosgeno en el aire procedentes de una planta de procesamiento. El fosgeno se produce en la instalación y, posteriormente, se utiliza para crear el producto. Además, la instalación compra fosgeno para mantener un pequeño inventario en caso de que la producción de fosgeno presente problemas.

Recopilación de datos sobre toda la planta: Para proceder al cálculo, se precisan los siguientes elementos:

- Cantidad de fosgeno introducido en la instalación durante el año – disponible en los registros de compra;
- Cantidad de fosgeno que figuraba en el inventario a principios y a finales del año – disponible en los registros del inventario o calculable si el inventario se mantiene constante;
- Cantidad de fosgeno producido en la instalación – disponible en los registros de producción;
- Cantidad de fosgeno consumido en la instalación – disponible en los registros de producción o basándose en la cantidad de producto elaborado.

Cómo comenzar: El inventario de los registros de la planta permite obtener los siguientes datos:

La planta compró 432.000 libras de fosgeno durante el año.

Los datos del inventario no están disponibles, pero el personal de la planta calcula que el inventario se mantiene relativamente constante en 30.000 libras al día.

Los datos relativos a la producción de fosgeno indican que la planta produjo 805.000 libras de fosgeno durante el año.

No se dispone de datos sobre la cantidad de fosgeno consumido en la instalación, pero la planta produce un solo producto con una especificación de producto constante. Los registros de envío indican que la cantidad de producto elaborado debería haber consumido 1.229.000 libras de fosgeno.

Han de sumarse los insumos y restarse los productos:

432.000 libras compradas + 30.000 libras de inventario inicial + 805.000 libras producidas – 30.000 libras de inventario final – 1.229.000 libras consumidas = 8.000 libras de fosgeno no contabilizadas.

Cabe suponer que esas 8.000 libras constituyen emisiones totales en el aire en caso de no existir ningún sistema de control de la contaminación en la instalación. Si las emisiones provienen de ventiladores del proceso, la cantidad total sería notificada como emisiones en el aire de fuentes puntuales.

Si bien existen numerosos tipos de factores de emisión publicados, no todos sirven para todos los procesos. Las instalaciones suelen emplear datos sobre procesos o productos químicos similares para calcular las emisiones, sobre todo cuando no se dispone de datos óptimos sobre el balance de masa o la contabilidad de los materiales. Aun cuando pueda realizarse un balance de masa fiable, las instalaciones pueden seguir utilizando factores de emisión para comprobar que sus resultados son razonables. El otro inconveniente es que, habida cuenta de que los factores de emisión dependen de los equipos, salvo que se introduzcan cambios en los equipos, las emisiones estimadas por factores de emisión no mostrarán los efectos de los proyectos de reducción como la mejora en el manejo de los materiales.

3.1 Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de factores de emisión

Los factores de emisión constituyen el método más habitual para estimar emisiones fugitivas en el aire, y probablemente sean el instrumento más rápido para observar fugas de accesorios, válvulas, bombas y otros equipos (véase el [Recuadro 3](#)). La mayoría de los factores de emisión publicados en relación con las tasas de fuga son independientes de la tasa de flujo y dependen únicamente del tipo de productos químicos utilizados, de modo que los factores de emisión son también convenientes.

Para calcular las emisiones fugitivas en el aire, las instalaciones deben en primer lugar preparar un inventario de todas las bombas, los compresores, las válvulas, los accesorios, las bridas y de equipos similares que se emplean en ellas. Una vez identificados los factores de emisión adecuados, ha de realizarse una sencilla multiplicación para calcular la tasa de fuga. Para calcular la tasa de fuga en el caso de las válvulas, por ejemplo, hay que multiplicar el número total de válvulas por el factor de emisión de válvulas. Para obtener la tasa de fuga de cada producto químico se ha de multiplicar la tasa de fuga total de las válvulas por la fracción de peso de dicho producto químico en los flujos que atraviesan las válvulas. Por medio de un cálculo similar para cada una de las fuentes, las instalaciones pueden calcular la tasa de fuga de cada producto químico notificable en toda la planta.

En la publicación *Emission Factors for Equipment Leaks of VOC and HAP* de la EPA, se enumeran factores de emisión para muchas piezas de equipos comunes (véanse las Referencias). Dichos factores de emisión se obtuvieron de mediciones de tasas de fuga realizadas en las instalaciones de la industria fabricante de productos químicos orgánicos sintéticos. No dependen de la tasa de flujo, pero son específicos a cada producto químico hasta el punto que los líquidos están divididos en “ligeros” y “pesados” en función de la presión de vapor. Los factores de emisión en el caso de los gases son los mismos independientemente del producto químico de que se trate. Algunos de factores de emisión son diferentes en el caso de tratarse de fuentes “con fuga” y “sin fuga” – la definición de fuga se basa en mediciones medias obtenidas del “embolsado” de los equipos. Si los paquetes y los sellos se conservan adecuadamente, cabe suponer que carecen de fugas. Cuando exista alguna duda, es preferible suponer que tienen fugas y utilizar los factores de emisión de fugas, en caso de estar disponibles.

En el mejor de los casos, los factores de emisión para las tasas de fuga son valores medios y abarcan un amplio abanico de condiciones de funcionamiento. Además, pueden existir

muchos conjuntos de factores de emisión publicados para las mismas aplicaciones, por lo que pueden no ser adecuadas para todas las instalaciones. Por ejemplo, una importante empresa petrolera estadounidense que cuenta con refinerías en el Estado de Washington y en el sur de California decidió calcular las emisiones fugitivas en el aire por medio de factores de emisión. La normativa local en el sur de California requería el uso de determinados factores de emisión elaborados para la región, mientras que la refinería implantada en el Estado de Washington utilizaba factores de emisión elaborados por la EPA estadounidense. Se calculó que las emisiones fugitivas en el aire de la refinería de California eran más de un 50 por ciento inferiores a las de la refinería de Washington, a pesar de que ambas refinerías tenían condiciones de funcionamiento similares ese año. Debido a que este tipo de discrepancias figuran en las fuentes publicadas, las instalaciones suelen decidir elaborar sus propios factores de emisión por control. No siempre está clara la distinción entre nombrar la estimación una medición directa o un cálculo de factor de emisión, pero la implicación es que la medición directa se realiza más a menudo que la medición única para calcular un factor de emisión.

Recuadro 3. Estimación de las emisiones por medio de factores de emisión

Pese a que se dispone de algunos factores de emisión para los vertidos en aguas de superficie y las emisiones en la tierra, se utilizan en su mayoría para calcular las emisiones en el aire, sobre todo emisiones fugitivas en el aire como fugas de válvulas, accesorios, bombas y compresores.

Ventajas

- + Los factores de emisión son rápidos y fáciles de utilizar.
- + Los factores de emisión más comúnmente utilizados requieren sólo dos informaciones: el número de válvulas, accesorios, bombas y compresores, y los productos químicos que fluyen a través de ellos.
- + Los factores de emisión son sumamente útiles para calcular pequeñas cantidades de emisiones que pudieran pasar desapercibidas por medio del balance de masa.
- + La estimación de las emisiones a partir de factores de emisión puede ser bastante exacta si se lleva a cabo para los productos químicos adecuados en determinados procesos.
- + Los factores de emisión en procesos y plantas pueden proporcionar un límite superior para las emisiones en el aire, aun cuando se utilice otro método de estimación.

Inconvenientes

- La mayoría de los factores de emisión publicados respecto de las tasas de fuga se aplica únicamente a los productos químicos orgánicos. Existen muy pocos datos sobre los factores de emisión respecto de los productos químicos inorgánicos.
- La mayoría de los factores de emisión publicados respecto de las tasas de fuga se basaba en mediciones realizadas en la industria de los productos químicos orgánicos sintéticos y no puede aplicarse a otros procesos.
- La mayoría de los datos sobre los factores de emisión publicados parte de la base de que se realizan actividades normales y de que las fugas no son detectables, motivo por el cual tal vez no sean adecuados.
- Existen distintas fuentes publicadas de factores de emisión para la misma aplicación, cada una de las cuales da resultados diferentes.
- Con la salvedad de que permite contar determinadas piezas de los equipos, el uso de factores de emisión no requiere en cierto modo que se identifiquen las fuentes, es decir, que las fuentes más importantes podrían pasarse por alto. Por otra parte, las emisiones calculadas por medio de factores de emisión no cambian salvo que se modifiquen los equipos o las sustancias, de manera que los proyectos de reducción de las emisiones podrían pasar desapercibidos.

Cómo comenzar

- < Es preciso disponer de un inventario sobre válvulas, accesorios, bombas y compresores, aun cuando las referencias respecto de los factores de emisión no estén a mano.
- < Es necesario acordarse de medir las fugas detectables – existen datos relativos a los factores de emisión para los equipos que tienen fugas así como para las fugas registradas en las operaciones normales.
- < Existen dos fuentes importantes de datos sobre factores de emisión de la EPA estadounidense: la publicación *Emission Factors for Equipment Leaks of VOC and HAP* y AP-42. El sistema de estimación USES y la publicación de la OMS son fuentes más recientes y utilizan unidades SI (véanse las Referencias).
- < Muchas empresas, al igual que algunas asociaciones industriales, han elaborado factores de emisión para su uso particular.

3.2 Estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de factores de emisión

Dado que las emisiones en el aire de fuentes puntuales suelen ser específicas a los equipos, rara vez se utilizan factores de emisión. Esto se debe a que los equipos de control de la contaminación casi nunca son los mismos de una instalación a otra, mientras que las válvulas de globo son las mismas en todo el mundo. No obstante, se observan dos excepciones. La primera ocurre cuando las instalaciones utilizan factores de emisión desarrollados por fabricantes de equipos para sus ventiladores de salida. Estos factores de emisión dependen habitualmente de la tasa de flujo y de la carga química, de modo que en ese sentido resultan eficaces. La segunda excepción se produce cuando se utilizan factores de emisión del proceso para calcular las emisiones totales en el aire, a las que se restan a continuación las emisiones fugitivas en el aire. Por ejemplo, si la tasa media de emisión en el aire de una planta productora de anhídrido ftálico está disponible en libras emitidas por cada libra de anhídrido ftálico producida, pueden calcularse las emisiones totales en el aire. Si las emisiones fugitivas en el aire se calculan a partir de factores de emisión de la tasa de fuga, pueden restarse de las emisiones totales en el aire para obtener una estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de factores de emisión. El manual AP-42 de la EPA contiene una gran variedad de factores de emisión del proceso para numerosos tipos de fabricación (véanse las Referencias).

3.3 Estimación de los vertidos en aguas superficiales y de las emisiones en la tierra por medio de factores de emisión

Si bien la OMS ha publicado recientemente factores de emisión para un reducido número de procesos que implican realizar vertidos en aguas superficiales y emisiones en la tierra, no se dispone de datos sobre los factores relativos a dichas emisiones para la mayoría de las aplicaciones. Los fabricantes de equipos pueden proporcionar factores de emisión específicos para cada pieza de los equipos.

4. CÁLCULOS DE INGENIERÍA

Se utilizan tres tipos básicos de cálculos de ingeniería para calcular las concentraciones y emisiones (véase el Recuadro 4). Los cálculos de ingenierías más comunes son correlaciones publicadas para emisiones fugitivas en el aire creadas para pérdidas en tanques, pérdidas en estanques de retenida y pérdidas en procesos de tratamiento de aguas residuales. Dichas correlaciones son de utilización corriente, ya que resulta difícil medir las pérdidas por evaporación.

El segundo tipo de cálculo de ingeniería consiste en utilizar especificaciones de los equipos, como la tasa de eliminación, la eficacia, el rendimiento o la velocidad de secado para calcular las emisiones. Estos tipos de cálculos se emplean a menudo para calcular las emisiones en el aire de fuentes puntuales procedentes de equipos de control de la contaminación. Las

especificaciones de los equipos pueden ser valores reales, obtenidos a partir de mediciones o del fabricante; o pueden ser valores medios, publicados para los tipos de equipos y procesos en uso. Por ejemplo, si se crea una cámara de filtros destinada a eliminar el 99 por ciento de las partículas por peso de un flujo de aire, el 1 por ciento restante se emite en el aire. Si se conoce o puede calcularse la composición química de las partículas, dichos valores pueden utilizarse para estimar las emisiones en el aire de cada producto químico.

Ejemplo C: Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de factores de emisión

Tarea: Estimar las emisiones fugitivas en el aire de una planta de procesamiento de polímeros. La planta produce planchas de polímeros con varias formulaciones. En las formulaciones se utiliza metiletilcetona o una mezcla equivalente de tolueno y xileno como solventes, y existe una línea especial para cada solvente. Las planchas de polímeros se introducen en una secadora continua tras ser extrudidas y enrolladas. Las secadoras funcionan con una presión ligeramente negativa para evitar fugas. Los conductos de escape de las secadoras se comprimen a una presión superior a la atmosférica y se introducen en condensadores independientes, en los cuales se extrae el solvente puro o la mezcla de solventes y se reenvía al proceso. El vapor del solvente restante se utiliza en la recuperación energética en la instalación o se quema en el quemador.

La planta dedica 4.000 horas al año a cada línea. La fracción de peso del solvente en los flujos de escapes de las secadoras tiene una media de 0,01, y la eficacia de los condensadores es del 80 por ciento.

Descripción del proceso e inventario de los equipos: Cada línea de escape de las secadoras está directamente dirigida a un compresor. Existe una válvula de seguridad para el gas inmediatamente después del compresor y dos válvulas en línea antes del condensador. Existen 18 válvulas para líquidos después del condensador en las líneas dirigidas a los tanques de almacenamiento y de vuelta al proceso, y otras 12 válvulas para gas desde el condensador hacia el almacenamiento y al quemador. Se parte de la base de que los sellos del compresor tienen fugas pero que todas las demás fuentes de emisiones fugitivas no tienen fugas.

Cómo comenzar: La publicación *Emission Factors for Equipment Leaks of VOC and HAP* de la EPA estadounidense proporciona factores de emisión para los cálculos. Todos los líquidos se consideran "líquidos ligeros" (presión de vapor superior a 0,1 libras por pulgada cuadrada de presión absoluta a 100EF), por lo que se pueden usar los factores de emisión para líquidos ligeros.

Fuente	Factor de emisión, libras/hora
Sellos del compresor (con fugas)	3,54
Válvula de seguridad para el gas	0,098
Válvula en línea (gas)	0,0132
Válvula en línea (líquido ligero)	0,0038

Cálculos: Ha de examinarse cada pieza de los equipos y calcular las emisiones correspondientes a cada producto químico.

Sellos del compresor:

Metiletilcetona: $3,54 \text{ libras/hora/compresor} * 0,01 \text{ libras de solvente/libras de aire} * 4000 \text{ horas/año} = 141,6 \text{ libras/año}$

La mezcla total de tolueno/xileno es la misma, pero se divide por dos para cada producto químico debido a las fracciones de peso equivalentes en la mezcla, de modo que tolueno y xileno cada uno = 70,8 libras/año.

Ejemplo C: Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de factores de emisión (continuación de la página anterior)

Válvula de seguridad para el gas:

Metiletilcetona: $0,098 \text{ libras/hora} * 0,01 \text{ libra de solvente/libra de aire} * 4.000 \text{ horas/año} = 3,92 \text{ libras por año}$

De nuevo, el total de la mezcla tolueno/xileno es el mismo, pero cada producto químico tiene la mitad de las emisiones, de modo que tolueno y xileno cada uno = 1,96 libras/año.

Válvulas de gas antes del condensador:

Metiletilcetona: $2 \text{ válvulas} * 0,0132 \text{ libras/hora/válvula} * 0,01 \text{ libra de solvente/libra de aire} * 4.000 \text{ horas/año} = 1,056 \text{ libras/año}$

Tolueno y xileno cada uno = 0,528 libras/año

Válvulas de gas después del condensador:

Metiletilcetona: $12 \text{ válvulas} * 0,0132 \text{ libras/hora/válvula} * 0,01(1-0,8) \text{ libra de solvente/libra de aire} * 4.000 \text{ horas/año} = 1,27 \text{ libras/año}$

Tolueno y xileno cada uno = 0,625 libras/año

Válvulas para líquidos:

Metiletilcetona: $18 \text{ válvulas} * 0,0038 \text{ libras/hora/válvula} * 4.000 \text{ horas/año} = 273,6 \text{ libras/año}$

Tolueno y xileno cada uno = 136,8 libras/año

SUMA PARA OBTENER EL TOTAL DE LAS EMISIONES FUGITIVAS EN EL AIRE

Metiletilcetona = $141,6 + 3,92 + 1,056 + 1,27 + 273,6$ o aproximadamente 422 libras por año

Tolueno y xileno cada uno aproximadamente 221 libras por año

Precauciones que han de tomarse en estos cálculos: Estos factores de emisión fueron creados para la industria manufacturera de productos químicos orgánicos sintéticos y tal vez no se ajusten al ejemplo de procesamiento de polímeros. Esto no significa que el resultado sea inexacto: probablemente sea adecuado ante la falta de mediciones. Sin embargo, cabe señalar las diferencias en las estimaciones de las emisiones fugitivas en el aire obtenidas por medio de los cálculos de ingeniería, en el siguiente ejemplo.

Los equipos de recuperación energética y los quemadores tienen distintos rendimientos, los cuales deberían utilizarse a la hora de calcular las emisiones en el aire de fuentes puntuales en la planta.

Las propiedades físicas, químicas y de equilibrio de los productos químicos se utilizan a menudo para calcular las concentraciones y emisiones cuando no existen mediciones. Por ejemplo, la presión de vapor de un producto químico puede combinarse con la ley de los gases ideales y un coeficiente de difusión adecuado para calcular la concentración de dicho producto químico en el aire. La solubilidad química en el agua es una medida frecuente de concentración que se utiliza para calcular los vertidos en aguas superficiales, y la estequiometría de reacción también puede emplearse para estimar la concentración. A menudo, estos tipos de cálculos de ingeniería constituyen la única manera de calcular determinadas pequeñas cantidades de emisiones, porque puede ser difícil realizar la medición o son demasiado inciertos los balances de masa.

4.1 Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de cálculos de ingeniería

Las pérdidas en tanques suelen estimarse por medio de cálculos de ingeniería porque son difíciles de evaluar. Se han desarrollado y se utilizan comúnmente correlaciones en materia de emisiones fugitivas a partir de muchos tipos de tanques. También se utilizan otras correlaciones publicadas, en lo que respecta por ejemplo a las cantidades de líquido restantes en bidones “vacíos”, para calcular emisiones fugitivas en el aire a partir de contenedores abiertos de almacenamiento vacíos o del lavado con solvente entre las operaciones de lotes. El documento *Estimating Releases and Waste Treatment Efficiencies for the Toxic Chemical Release Inventory Form* de la EPA proporciona algunas de esas correlaciones (véanse las Referencias).

Las pérdidas procedentes de estanques de retenida y otras operaciones de tratamiento de aguas residuales también suelen calcularse a partir de correlaciones publicadas.

Entre otras emisiones fugitivas en el aire estimadas por medio de cálculos de ingeniería cabe señalar las pérdidas procedentes de la carga y descarga de vagones cisterna. Aun cuando se disponga de algunos datos de medición, en relación por ejemplo a la exposición de los trabajadores en el ámbito de los vagones cisterna, han de realizarse determinados tipos de mediciones de los efectos de la difusión y las condiciones ambientales. Los modelos relativos a las pérdidas abarcan desde cálculos sencillos sobre difusión hasta modelos de recuadros y cálculos de dispersión en el aire más complicados.

El uso del control de alarma sobre el límite de concentración es otra aplicación común de los cálculos de ingeniería a la hora de estimar las emisiones fugitivas en el aire. Si la planta está operativa durante todo el año sin dispararse las alarmas de control del aire, siempre y cuando existan alarmas especiales para determinadas sustancias, las instalaciones suelen dar por sentado que el valor mínimo de la concentración ambiental de dichos productos químicos alcanza la mitad. Esta concentración ambiental se combina con la tasa de circulación del aire del edificio para calcular las emisiones fugitivas en el aire. Si las instalaciones cuentan con una alarma general que detecta numerosos productos químicos, como una alarma para todos los hidrocarburos, la mitad del valor mínimo puede utilizarse como concentración total de COV en el ambiente.

Los cálculos de ingeniería basados en las propiedades físicas y químicas de las sustancias suelen ser la mejor manera de estimar las emisiones fugitivas en el aire procedentes de canales o contenedores abiertos. Los cálculos, en los que se suele dar por sentado que existe un equilibrio entre el líquido y el aire, deben ajustarse a la temperatura. Éstos son cálculos de transporte de masa estándares y suelen ser bastante precisos en lo que respecta a determinados productos químicos bien estudiados como las mezclas de metanol/agua.

Recuadro 4. Estimación de las emisiones por medio de cálculos de ingeniería

Los cálculos de ingeniería se utilizan para estimar las emisiones en todos los medios, en particular cuando no se pueden realizar mediciones directas. Existen muchas correlaciones comúnmente utilizadas para las emisiones, así como cálculos de transferencia de masa típicos para estimar las cantidades de productos químicos que se encuentran en varios procesos y flujos de desechos.

Ventajas

- + Los cálculos de ingeniería son herramientas disponibles en una gran variedad de fuentes, incluidos fabricantes de equipos, libros de texto y manuales de ingeniería.
- + Son una manera barata de estimar las emisiones y pueden ser bastante sofisticados y exactos según la aplicación, pero sobre todo cuando se trata de pequeñas cantidades de emisiones.
- + Las correlaciones de cálculos de ingeniería para las fugas procedentes de tanques de almacenamiento son comúnmente utilizadas y son la mejor manera de calcular las fugas de almacenamiento.
- + Existe un amplio abanico de cálculos de ingeniería para numerosas aplicaciones, entre los que cabe señalar el material restante en los contenedores vacíos, las pérdidas de evaporación y las pérdidas procedentes de plantas de tratamiento de agua.
- + Éstos son los tipos de cálculos que los ingenieros químicos y mecánicos están formados para realizar.

Inconvenientes

- Muchas de las herramientas relativas a los cálculos de ingeniería, como las tasas de eliminación y rendimiento publicadas, son medidas promedio para muchas aplicaciones y deberían escogerse con cuidado.
- Muchos de los parámetros de transferencia de masa son específicos a la temperatura y no siempre pueden ajustarse adecuadamente.
- Los cálculos de ingeniería pueden apartarse de la realidad, como los factores de emisión, y pasar por alto fuentes de emisión evidentes si se trabaja a partir de documentos y no los equipos.
- Las estimaciones de emisión obtenidas por medio de cálculos de ingeniería no son generalmente aceptables como datos de control para los requisitos gubernamentales.

Cómo comenzar

- < Conviene ponerse en contacto con los fabricantes de los equipos para obtener especificaciones sobre los equipos útiles para los cálculos de ingeniería.
- < Conviene asimismo consultar libros de texto universitarios y manuales de ingeniería.
- < Véase la publicación *Estimating Releases and Waste Treatment Efficiencies for the Toxic Chemical Release Inventory Form* de la EPA estadounidense para consultar ejemplos de cálculos de ingeniería y correlaciones habitualmente utilizadas (véanse las Referencias).
- < Conviene entrar en contacto con asociaciones industriales y organismos de ingeniería para obtener correlaciones adicionales y consejos de uso.

4.2 Estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales por medio de cálculos de ingeniería

Los cálculos de ingeniería desempeñan una función importante en la estimación de las emisiones en el aire de fuentes puntuales. Las instalaciones pueden utilizar especificaciones de eficacia de los equipos de control de la contaminación, por ejemplo depuradores, absorbedores, adsorbedores, ciclones, cámaras de filtros y filtros, como base para calcular los vertidos en el aire cuando se conocen los índices de carga. Cuando no se dispone de especificaciones de equipos, las instalaciones suelen basarse en valores publicaciones procedentes de numerosas fuentes. Los libros de texto *College Unit Operations*, el manual *Chemical Engineering Handbook* de Perry y muchas otras referencias estándar sobre ingeniería son recursos valiosos. “El primer año que presenté informes para el IET me sentía como si estuviese de nuevo en la universidad”, indicó un ingeniero químico de una pequeña empresa especializada en productos químicos. “Menos mal que no me había deshecho de los viejos libros de texto”.

4.3 Estimación de los vertidos en aguas superficiales por medio de cálculos de ingeniería

Las instalaciones llegan a verter enormes cantidades de aguas residuales, sobre todo cuando la escorrentía de lluvia se trata en la propia instalación. No obstante, las instalaciones suelen verter únicamente pequeñas cantidades de sustancias notificables en las aguas superficiales debido a que llevan a cabo el tratamiento de sus aguas residuales *in situ* y a que destinan sus vertidos a estaciones de tratamiento públicas. Los sistemas de tratamiento de las aguas residuales son a veces tan eficaces que las concentraciones de los productos químicos que se sabe que están presentes en el flujo de aguas residuales son indetectables y deben estimarse por medio de cálculos de ingeniería. Las instalaciones suelen utilizar la mitad del límite cuantitativo de producto químico (menor cantidad detectable) como base para realizar los cálculos de ingeniería para los productos químicos indetectables. Esta concentración se multiplica a continuación por la tasa de flujo para obtener la cantidad vertida.

La eficiencia conocida o mensurada de los tratamientos puede utilizarse para calcular los vertidos en aguas superficiales cuando la cantidad de productos químicos específicos destinada a pasar por un tratamiento del agua es conocida o puede calcularse. Los cálculos de ingeniería pueden emplearse para evaluar dichas cantidades de varias maneras:

- habida cuenta que la solubilidad del agua es una propiedad química frecuente, puede utilizarse para estimar la cantidad de productos químicos específicos contenida en cada flujo de desecho;
- determinados dispositivos de control de la contaminación, como los depuradores, suprimen los productos químicos de los flujos de aire y los transfieren al líquido depurador. Las especificaciones de los equipos (ya sean especificaciones reales o valores medios publicados) pueden emplearse para estimar la cantidad de productos químicos transferida al líquido;

- la estequiometría de reacción puede utilizarse para predecir las cantidades de determinados productos químicos generadas en las reacciones químicas y, en caso de generarse desechos de productos químicos, las cantidades pueden calcularse a partir de la cantidad de producto generado en la misma reacción.

4.4 Estimación de las emisiones en la tierra por medio de cálculos de ingeniería

Dado que las emisiones en la tierra suelen ocurrir como resultado de determinadas operaciones de las unidades, los cálculos de ingeniería son un método importante de estimación, sobre todo en lo que respecta a los lodos y relaves. Las especificaciones de los equipos para los filtros y las centrifugadoras pueden utilizarse para calcular la cantidad de sustancias eliminadas de los flujos líquidos. Dichas especificaciones pueden obtenerse del fabricante o de valores publicados. Las cantidades de productos químicos presentes en los lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales también pueden calcularse por medio del rendimiento del tratamiento para determinados tipos de procesos de tratamiento.

Los residuos de las cámaras de filtro, la ceniza de incineradores y otros restos de partículas procedentes de equipos de control de la contaminación, como los ciclones y precipitadores electrostáticos, suelen suprimirse en la propia instalación. Frecuentemente, las cantidades se calculan a partir de las especificaciones de los equipos, ya sean publicadas o proporcionadas por el fabricante.

5. ELEGIR EL MEJOR MÉTODO PARA CALCULAR LAS EMISIONES

¿Cual es el mejor método para calcular las emisiones? Si bien cada uno tiene sus ventajas e inconvenientes, existen algunas reglas generales. En la mayoría de las circunstancias, pueden aplicarse las cuatro orientaciones siguientes:

- la medición funciona bien cuando las condiciones de funcionamiento para los flujos son estables y no varían mucho en lo que respecta a la tasa de flujo y la concentración química;
- los métodos de contabilidad de los materiales y de balance de masa son más adecuados para las instalaciones y los procesos que utilizan importantes coeficientes de emisiones y para grandes cantidades de emisiones;
- los factores de emisión funcionan bien cuando se trata de cantidades de emisiones relativamente pequeñas, en particular de emisiones fugitivas en el aire, que podrían pasarse por alto por medio de la contabilidad de los materiales;
- los cálculos de ingeniería son el mejor método para calcular pérdidas en tanques y emisiones procedentes de equipos de control de la contaminación, sobre todo cuando la medición es complicada.

Otra regla empírica para las instalaciones que han de calcular sus emisiones por primera vez consiste en que, una vez identificadas las fuentes, los factores de emisión pueden emplearse para el máximo de estimaciones posible y el balance puede calcularse por medio de la contabilidad de los materiales. Esto permite obtener una estimación “rápida y de prueba” que puede perfeccionarse con la presentación de informes en los años siguientes, y es particularmente útil para las pequeñas instalaciones que de otra forma no controlarían sus emisiones para determinar si la supervisión podría ser de utilidad. Por ejemplo, una instalación de tratamiento de superficies podría aprender de la contabilidad de los materiales que el lodo resultante de las operaciones de tratamiento de superficies contiene cantidades importantes de metales. Así pues, podría tomarse la decisión de realizar controles si el costo de adquisición de datos sobre los contenidos del lodo fuera relativamente bajo en comparación con el costo del metal perdido. A su vez, estas mediciones podrían hacer que la instalación determinase que la contabilidad de los materiales había dado una estimación inexacta de las emisiones en la tierra procedentes del lodo, lo que podría poner de manifiesto incertidumbres en otros elementos de la contabilidad de los materiales. En el ejemplo que figura *infra*, continuación de la página 57, se describe la manera en que la tienda ficticia de pintura fue capaz de calcular rápidamente las emisiones y decidió obtener datos adicionales que serían útiles para los años siguientes.

El desafío reside en seleccionar los métodos mejor adaptados a cada instalación, sobre la base de los conocimientos de sus procesos y productos. La elección del método de estimación puede cambiar a medida que el personal de la planta adquiera mayor experiencia en el cálculo de las emisiones, y a medida que las instalaciones pretendan utilizar sus datos de emisiones para usos distintos de la presentación de informes para el RETC.

Ejemplo de caso: Cálculo de las emisiones de una pequeña tienda de pinturas (continuación de la página 27)

Parte 2: Estimación de las emisiones y transferencias

Ahora que las fuentes han sido identificadas, la idea es utilizar factores de emisión para calcular las emisiones fugitivas en el aire a partir del sistema de suministro de pinturas (tanques, bombas, compresores, válvulas y accesorios) y, para el resto, usar la contabilidad de los materiales para toda la instalación.

< En caso de existir registros sobre los distintos materiales que fueron introducidos en la instalación y utilizados durante el año, pueden emplearse para realizar los cálculos. Digamos que en un determinado trabajo de pintura metálica se termina con x kilogramos de pintura por pieza. Dado que los solventes de la pintura se evaporan, x constituye contenido sólido. La cantidad de solventes evaporados puede calcularse sobre la base de la composición conocida de la pintura. Si se sabe la cantidad total de pintura que se introdujo en el lote, la cantidad de desechos sólidos puede calcularse sobre la base de la cantidad real encontrada en las piezas metálicas.

< En caso de no existir los registros necesarios, conviene comenzar a llevar registros y hacer uso de algunas muestras de producción representativas para obtener datos que no se habían recopilado previamente. Por ejemplo, la neblina de pulverización puede medirse en algunas piezas sobre la base de la cobertura de pintura por metro cuadrado – sencillamente debe colocarse una cartulina detrás de la primera pieza pulverizada y medir la zona cubierta por la pintura. Si la instalación está utilizando la misma pintura metálica descrita más arriba, dichos datos pueden considerarse representativos de la misma producción, de no existir anomalías en el funcionamiento.

< El truco consiste en hacer conjeturas razonadas de incógnitas. Tal vez no sea posible recopilar datos para cada bloque de trabajo, pero la instalación puede ser capaz de calcular las emisiones, basándose en su similitud con otros bloques de trabajo: más o menos emisiones según la composición de la pintura y la cantidad que se encuentra en el producto.

Si bien este método da la impresión de ser de una simplificación excesiva, lo cual puede ser cierto para algunas instalaciones, la idea es la misma: averiguar qué datos se conocen, recopilar rápidamente la mayor cantidad de información nueva posible y realizar conjeturas razonadas sobre el resto. A continuación, se puede comenzar a hacer planes para recopilar datos de rutina que facilitarán la presentación anual de informes.

Ejemplo D: Estimación de las emisiones fugitivas en el aire por medio de los cálculos de ingeniería

Tarea: Calcular las emisiones fugitivas en el aire de la planta de procesamiento de polímeros descrita en el Ejemplo C por medio del método de los cálculos de ingeniería.

Descripción del proceso e inventario de los equipos: La planta está dividida en dos zonas de funcionamiento, cada una de las cuales tiene su propio sistema de ventilación. Cada zona cuenta con una alarma que controla los COV totales y se dispara cuando advierte una parte por millón (ppm). La tasa de circulación del aire para cada lado de la planta es de 25.000 pies cúbicos por minuto reales a 70E F.

Cálculo de las emisiones: Dado que las alarmas no han sonado durante el año, se da por sentado que la concentración real se sitúa en la mitad del límite de la alarma, es decir, 0,5 ppm. Dado que 70E F es la temperatura de funcionamiento estándar y el sistema de escape funciona a la presión atmosférica, no es necesario realizar ajustes de temperatura o presión.

Emisiones químicas: $25.000 \text{ pies}^3/\text{minuto} * 60 \text{ minutos/hora} * 4000 \text{ horas/año} * 0,5 \text{ pies}^3 \text{ metiletilcetona}/10^6 \text{ pies}^3 \text{ aire} = 3.000 \text{ pies}^3/\text{año}$ de metiletilcetona y la mezcla de solvente

La densidad del vapor de metiletilcetona puede calcularse utilizando la ley de los gases ideales o cuadros estándar. Con un peso molecular de 72,12 y una temperatura y presión estándar, la densidad del vapor de metiletilcetona es aproximadamente de 0,18 libra/pies³, de modo que las emisiones fugitivas en el aire de metiletilcetona son como sigue:

$$3.000 \text{ pies}^3/\text{año} * 0,18 \text{ libra/pies}^3 = 540 \text{ libras/año}$$

En lo que respecta a la mezcla tolueno/xileno, partiendo de la base de que cada producto químico tiene fugas con el mismo ritmo, debe calcularse la densidad media sobre la base de los pesos moleculares de los dos componentes. La densidad media es de 0,26 libras/pies³, de modo que las emisiones totales de la mezcla tolueno/xileno son como sigue:

$$3.000 \text{ pies}^3/\text{año} * 0,26 \text{ libras/pies}^3 = 780 \text{ libras/año}, \text{ correspondiente cada producto químico a } 390 \text{ libras/año}$$

Cabe señalar que estas cifras son superiores a las estimaciones indicadas en el Ejemplo C. Podrían ser incluso más moderadas si se utilizara el límite de la alarma de 1 ppm en lugar de la mitad de dicho valor. La pregunta que se plantea es: ¿qué valores han de presentarse? En general, dado que los valores son del mismo orden de magnitud, conviene informar sobre los valores más elevados, a falta de mejor información.

6. REFERENCIAS

Existen cientos, tal vez miles, de publicaciones sobre el cálculo de las emisiones. Algunas son generales, otras específicas a la industria y otras tratan únicamente determinadas emisiones como las emisiones fugitivas en el aire.

Esta lista de referencias contiene principalmente publicaciones de la EPA estadounidense. Para muchas instalaciones estadounidenses, el IET de 1987 fue el primer inventario de emisiones común a todas las instalaciones. Antes de esa fecha, las instalaciones debían presentar informes sobre determinadas emisiones en virtud de la *Clean Air Act* (Ley de protección de la calidad del aire) y la *Clean Water Act* (Ley de Agua Limpia). A fin de ayudar a las instalaciones a prepararse para la presentación de informes, la EPA publicó diversas guías de ayuda. El primera serie apareció a principios del decenio de 1980 y, posteriormente, se publicó una ronda de publicaciones consecutiva entre 1985 y 1987. Las publicaciones se perfeccionaron a finales del decenio de 1980 y a principios del de 1990, con mayores especificaciones para la industria. La mayoría de las publicaciones de la EPA están disponibles en:

EPA/EPIC, Publications and Information Center
26 W. Martin Luther King Drive
Cincinnati, OH 45268
ESTADOS UNIDOS

El Consejo Europeo de la Industria Química (CEFIC) está comenzando a publicar orientaciones para la estimación de las emisiones, como preparación para la creación de RETC europeos. Otras organizaciones internacionales también están elaborando directrices, en reconocimiento de la necesidad de contar con publicaciones que reflejen a las industrias en los países en desarrollo (por no mencionar las unidades del sistema internacional). Las asociaciones industriales y las sociedades de ingeniería en los Estados Unidos y Europa son buenas fuentes de publicaciones, específicas a la industria, sobre la estimación de emisiones.

6.1 Publicaciones generales

En 1981, la EPA estadounidense publicó un conjunto de cinco volúmenes titulado *Procedures for Emission Inventory Preparation*, los cuales fueron elaborados por la *Office of Air Quality Planning and Standards*, y tenían por objeto ayudar a las instalaciones estadounidenses a ajustarse a la Ley de protección de la calidad del aire. Dicho conjunto contiene gran variedad de información sobre las emisiones en el aire:

Volumen I – Fundamentos del inventario sobre las emisiones
Volumen II – Fuentes puntuales
Volumen III – Fuentes de áreas
Volumen IV – Fuentes móviles
Volumen V – Bibliografía

Gran parte de la información se refiere a productos químicos sobre los que no suele presentarse informes a los actuales RETC (incluido el IET), por ejemplo, CO, CO₂, SO₂, NO_x, partículas totales y la presentación de informes generales sobre las emisiones de COV. No obstante, las publicaciones proporcionan un valioso recurso para instaurar la presentación de informes para el RETC en las instalaciones y para estimar algunas emisiones en el aire. (EPA-450/4-81-026a, b, c, d y e, septiembre de 1981). Se han realizado revisiones desde 1981.

Para preparar a las instalaciones para la presentación de informes destinados al IET, la EPA publicó el documento *Estimating Releases and Waste Treatment Efficiencies for the Toxic Chemical Release Inventory Form* en 1987. Se trata de un buen manual práctico que contiene ejemplos de cálculos y algunos cuadros limitados de correlaciones entre factores de emisión y cálculos de ingeniería. El texto es informativo y fácil de seguir, y la bibliografía es exhaustiva. Una objeción actual a la publicación es que es bastante estática y se basa demasiado en la utilización de factores de emisión, más que en instar a las instalaciones a que pasen a adoptar métodos de estimación más precisos. Esto no es sorprendente si se tiene en cuenta el año de publicación del documento. Sin embargo, muchas instalaciones podrían arreglárselas con este Volumen y nada más. (EPA 560/4-88-002.) Diciembre de 1987.

En el marco de los esfuerzos europeos desplegados para desarrollar los RETC, la OMS encargó la elaboración, por múltiples partes, de un estudio denominado *Assessment of Sources of Air, Water, and Land Pollution: A Guide to Rapid Source Inventory Techniques and Their Use in Formulating Environmental Control Strategies*. La primera parte, *Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution*, fue publicada en 1993. Este volumen es similar al AP-42 de la EPA (véase las emisiones en el aire, más adelante) pero también proporciona factores de emisión limitados en lo que se refiere a los vertidos en aguas superficiales y las emisiones en la tierra para diversos procesos e industrias. En la actualidad, el volumen está disponible únicamente en inglés, pero utiliza unidades del sistema internacional. Las bibliografías enumeran muchas publicaciones de la EPA, pero también algunas publicaciones europeas.

En 1994, el Gobierno de los Países Bajos publicó *USES: A Uniform System for the Evaluation of Substances, version 1.0*. USES es un sistema que se utiliza para calcular las emisiones en el aire, el agua y la tierra por medio de factores de emisión. Dichos factores de emisión fueron creados para una amplia variedad de industrias, aplicaciones de procesos y tipos de usos de distintos productos químicos en las instalaciones. Por ejemplo, los solventes reciben un trato diferente de los componentes de la formulación; además, la gama de procesos es sumamente específica. Se puede obtener información sobre USES del Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente en La Haya (Países Bajos).

6.2 Publicaciones sobre las emisiones en el aire

En 1985, la EPA estadounidense publicó el documento *Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volumes I and II* (EPA AP-42). Se han editado varios suplementos desde la publicación inicial. El Volumen I ha sido denominado “La Biblia de las Emisiones en el Aire” y contiene gran cantidad de información, a saber:

Capítulo	Fuentes de emisiones en el aire
1	Fuentes de combustión externa
2	Eliminación de desechos sólidos
3	Fuentes de combustión interna estacionaria
4	Pérdidas por evaporación
5	Industria de procesos químicos
6	Industrias alimentaria y agrícola
7	Industria metalúrgica
8	Industria de productos minerales
9	Industria del petróleo
10	Industria de productos de la madera
11	Fuentes diversas

En general, el AP-42 contiene factores de emisión para instalaciones y procesos completos en lo que se refiere a las emisiones en el aire controladas y no controladas. La revisión de 1995 debería contener más factores de emisión más específicos a los procesos.

Más allá del AP-42, destinado a calcular las emisiones fugitivas, la EPA elaboró el documento *Emission Factors for Equipment Leaks of VOC and HAP* (EPA-450/3-86-002, enero de 1986). Además de ofrecer un conjunto de factores de emisión para bombas, válvulas, bridas y compresores comunes, el volumen contiene información específica sobre determinados productos químicos. Si bien algunos Estados y municipalidades estadounidenses han elaborado sus propios factores de emisión, dicho documento constituye una referencia exhaustiva. También proporciona información detallada encaminada a desarrollar factores de emisión internos. El uso de este volumen debería limitarse únicamente a productos químicos orgánicos.

Al reconocer que las instalaciones también necesitaban calcular las emisiones fugitivas de productos químicos inorgánicos, la EPA encargó en 1991 la elaboración del estudio *Measurement Techniques for Developing Emission Factors for Process Components in Inorganic Service*. En dicho estudio se cuantifica el error en que se incurre al utilizar factores de emisión orgánicos para productos químicos inorgánicos y se presenta un método de muestreo para elaborar factores de emisión.

Dos documentos se refieren a pérdidas en tanques: *Evaporation Loss from External Floating Roof Tanks* (American Petroleum Institute Bulletin No. 2517, 1980) y *Evaporation Loss from Internal Floating Roof Tanks* (American Petroleum Institute Bulletin No. 2519, 1983). Ambos documentos indican correlaciones de estimaciones de ingeniería para las pérdidas procedentes de diversos tipos de tanques, en lo que se refiere a diferentes productos químicos.

El CEFIC ha comenzado a pedir a sus miembros que proporcionen orientaciones generales sobre cuestiones relativas a los RETC. En enero de 1995, el CEFIC publicó un estudio sobre factores de emisiones fugitivas en el aire, que fue preparado por DSM. Estos factores están

basados en condiciones medias observadas en los Países Bajos y no se refieren a productos químicos específicos.

6.3 Publicaciones sobre los vertidos en aguas superficiales y las emisiones en la tierra

La EPA estadounidense ha elaborado varios documentos sobre los vertidos en aguas superficiales, a fin de cumplir con la Ley de Agua Limpia y el Sistema Nacional de Eliminación de Vertidos Contaminantes (sistema relativo al agua de la EPA). También existen numerosas publicaciones sobre desechos peligrosos y sólidos, así como sobre el proyecto *Superfund*. Estos documentos están disponibles en varias oficinas de la EPA; para obtener una lista completa de oficinas, sírvase ponerse en contacto con el Public Information Center de la EPA (Mail Code PM-211B, 401 M St., SW, Washington, DC 20460, Estados Unidos). La publicación *Access EPA*, en la que se enumeran los recursos de la EPA, está disponible en esta oficina y es especialmente útil para localizar centros de intercambio de informaciones y líneas de ayuda telefónica en toda la agencia.

Estimating Chemical Releases from Formulation of Aqueous Solutions es uno de los documentos de orientación de la EPA que fue elaborado para ayudar a las instalaciones a cumplimentar sus formularios para la presentación de informes del IET. Dicho documento incluye los vertidos en aguas superficiales y las emisiones en el aire procedentes de soluciones acuosas. Pese a que es menos específico que el documento *Estimating Releases and Waste Treatment Efficiencies for the Toxic Chemical Release Inventory Form*, proporciona más ejemplos de cálculos y resulta más fácil de aplicar. (EPA 560/4-88-004f, marzo de 1988).

6.4 Publicaciones sobre el balance de masa y la contabilidad de los materiales

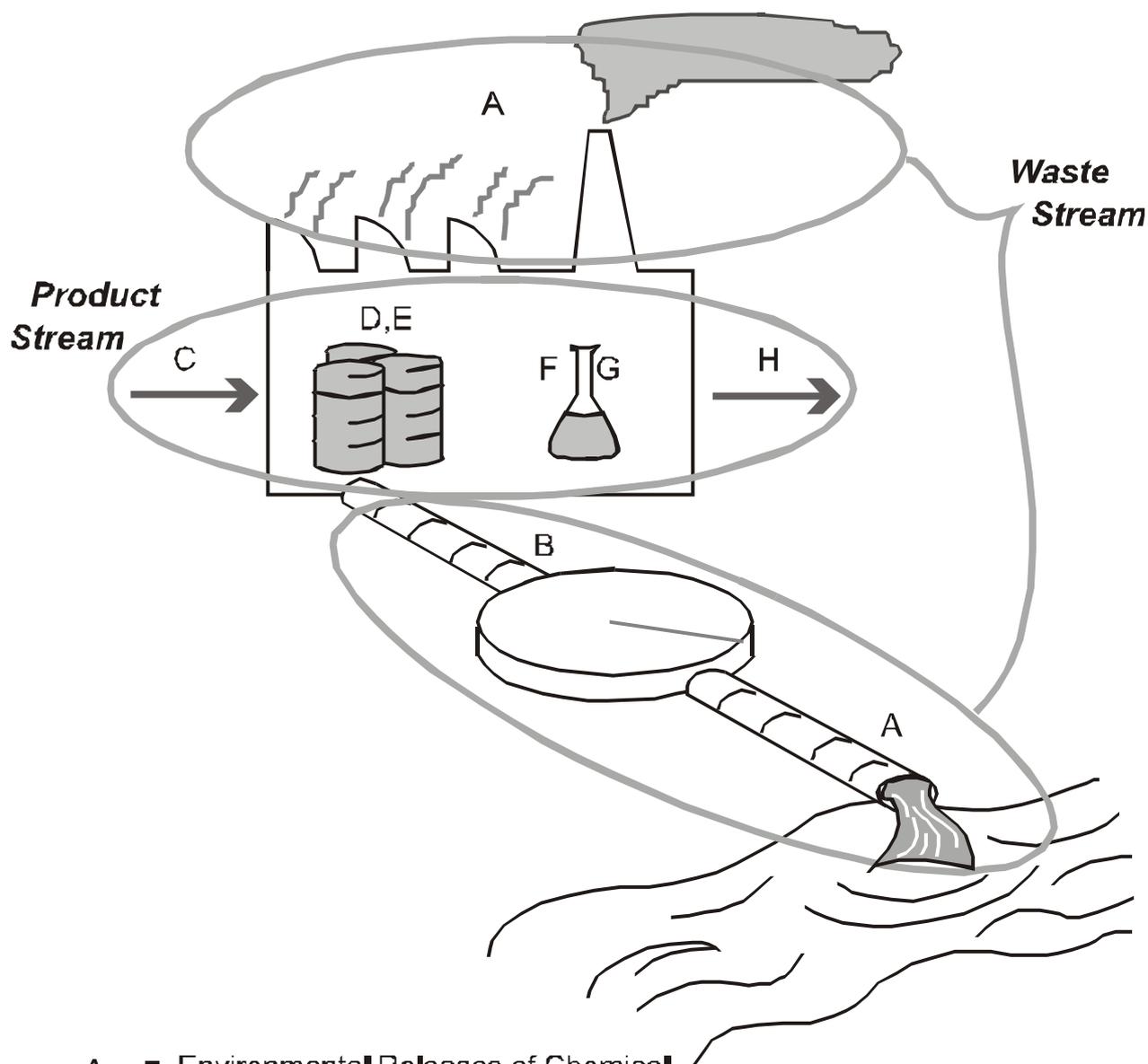
En los Estados Unidos, el Estado de New Jersey exige a las instalaciones que informen sobre las cantidades de sustancias peligrosas introducidas en la planta durante el año, producidas *in situ*, consumidas *in situ*, despachadas en forma de producto y almacenadas el primer y el último día del año correspondiente a la presentación de informes. Si bien el Estado no ha elaborado orientaciones específicas sobre contabilidad de los materiales – es decir, sobre la utilización de fichas de lotes, registros de producción, manifiestos de envío y de recepción, y demás datos necesarios para realizar un balance de masa para toda la instalación – la Oficina de Prevención de la Contaminación del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey ha preparado un documento de orientaciones para la planificación de la prevención de contaminación en el que se abordan distintos aspectos del balance de masas y la contabilidad de los materiales. En éste también figura una lista de asociaciones industriales estadounidenses que brindan asistencia técnica. El documento, que se titula *Industrial Pollution Prevention Planning: Meeting Requirements under the New Jersey Pollution Prevention Act*, está disponible en el *Information Resource Center* del Departamento de Protección Ambiental de New Jersey, cuya dirección es la siguiente: 432 East State St., Trenton, NJ 08625, Estados Unidos.

6.5 Publicaciones específicas a la industria

La EPA estadounidense elaboró varios documentos orientativos en 1988 con el fin de ayudar a las instalaciones de determinadas industrias a preparar sus informes para el IET. Se trata de industrias que, más que producir, utilizan sustancias peligrosas, a saber:

- Galvanización de Recubrimientos Orgánicos (EPA 560/4-88-004c)
- Operaciones de Galvanoplastia (EPA 560/4-88-004g)
- Formulación de Soluciones Acuosa (EPA 560/4-88-004f)
- Procesos de Curtido y Acabado (EPA 560/4-88-004l)
- Fabricación de Fibras de Monofilamento (EPA 560/4-88-004a)
- Producción de Papel y Cartón (EPA 560/4-88-004k)
- Fabricación de Productos de Madera Aglomerados y Laminados (EPA 560/4-88-004i)
- Operaciones de Impresión (EPA 560/4-88-004b)
- Operaciones de Rodillo, Acuchillado y Grabado (EPA 560/4-88-004j)
- Producción y Composición de Caucho (EPA 560/4-88-004q)
- Fabricación de Semiconductores (EPA 560/4-88-004e)
- Pulverización de Recubrimientos Orgánicos (EPA 560/4-88-004d)
- Teñido de Textiles (EPA 560/4-88-004h)
- Conservantes de la Madera (EPA 560/4-88-004p)

Figure 1. Chemical Waste and Product Streams at Industrial Facilities.



- A = Environmental Releases of Chemical
- B = Nonproduct Releases and Transfers of Chemical
- C = Amount of Chemical Brought On-Site for Each Different Use
- D, E = Amount of Chemical at Start and End of Inventory Period
- F, G = Amount of Chemical Produced, Consumed at Facility
- H = Amount of Chemical in Products (by Type) Shipped from Facility

Figura 1: Desechos químicos y flujos de productos en instalaciones industriales

Leyenda:

1 Flujo de productos

2 Flujo de desechos

A = Emisiones de productos químicos en el ambiente

B = Emisiones no provenientes de productos, y transferencias de productos químicos

C = Cantidad de productos químicos introducidos en la instalación para distintos usos

D, E = Cantidad de productos químicos al inicio y al final del período de inventario

F, G = Cantidad de productos químicos producidos y consumidos en la instalación

H = Cantidad de productos químicos encontrados en productos (por tipo) despachados de la instalación

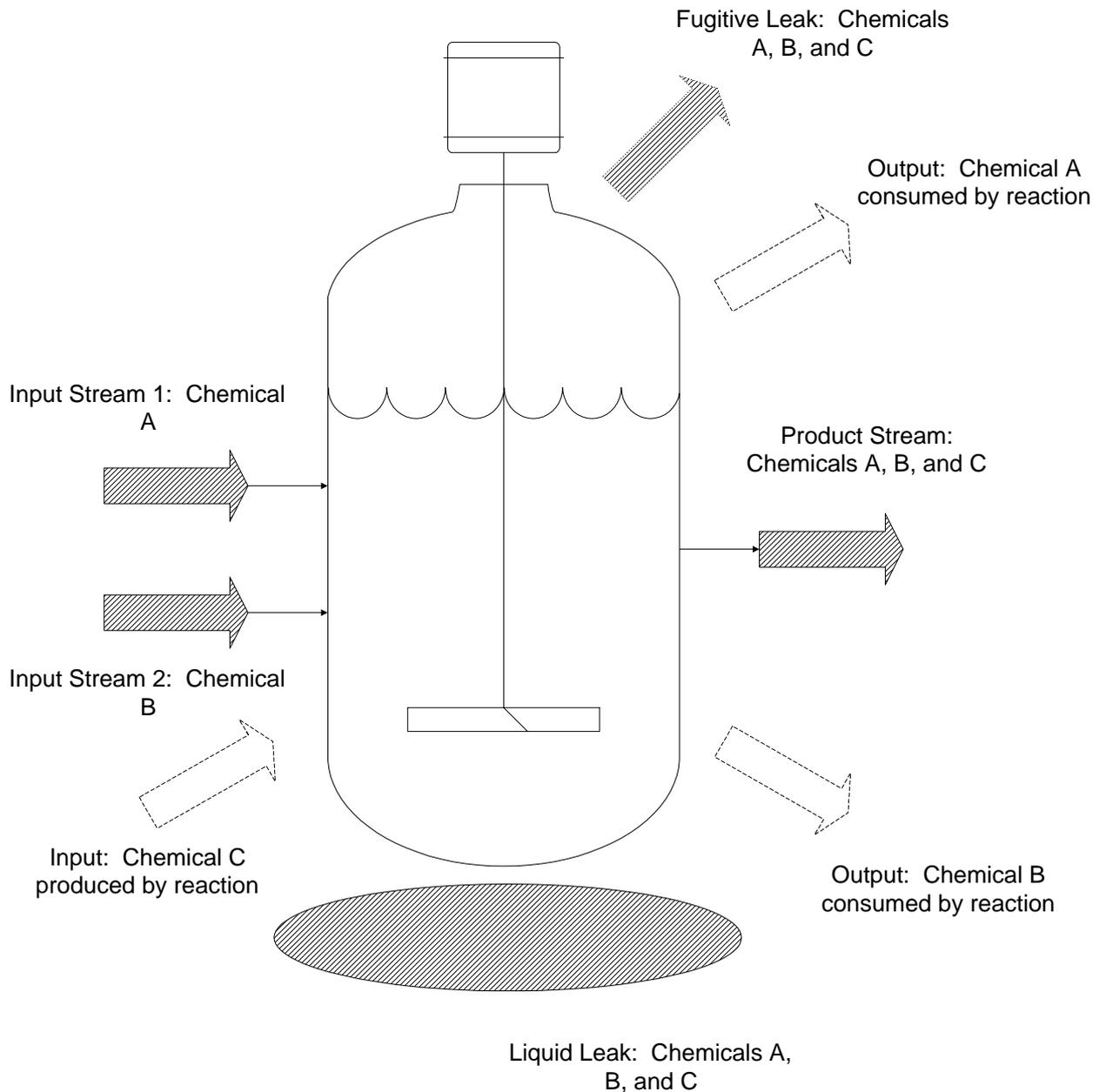


Figure 2: Component Mass Balance

Leyenda:

- | | |
|---|--|
| 1. Fuga fugitiva: productos químicos A, B y C | 6. Aportación: producto químico C producido por reacción |
| 2. Resultado: producto químico A consumido por reacción | 7. Resultado: producto químico B consumido por reacción |
| 3. Flujo de entrada 1: producto químico A | 8. Fuga líquida: productos químicos A, B y C |
| 4. Flujo de producto: productos químicos A, B y C | 9. Figura 2: Componentes del balance de masa |
| 5. Flujo de entrada 2: producto químico B | |



unitar

United Nations Institute for Training and Research

El Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional e Investigación (UNITAR) fue creado en 1965 como un organismo autónomo de las Naciones Unidas con el objetivo de fortalecer la efectividad de las Naciones Unidas a través de capacitación e investigación apropiadas. El UNITAR está dirigido por un Consejo de Directores y administrado por un Director Ejecutivo. El Instituto está financiado con contribuciones voluntarias de los gobiernos, organizaciones intergubernamentales, fundaciones y otras fuentes no gubernamentales.

Desde el 1º de julio de 1993, de conformidad con la Resolución 47/227 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, la sede del UNITAR fue transferida a Ginebra. El UNITAR desempeña las siguientes funciones:

- Asegurar el enlace con organizaciones y agencias de la Naciones Unidas y con las misiones permanentes acreditadas en Ginebra, Nueva York y otras ciudades sede de instituciones de las Naciones Unidas, y establecer y reforzar la cooperación con facultades e instituciones académicas.
- Organizar programas de capacitación en diplomacia multilateral y cooperación internacional para diplomáticos acreditados en Ginebra y funcionarios nacionales, involucrados en trabajos relativos a las actividades de las Naciones Unidas.
- Llevar a cabo una amplia gama de programas de capacitación en el ámbito del desarrollo social y económico, a saber:
 - a. Programa de Capacitación en Diplomacia Multilateral, Negociaciones y Resolución de Conflictos;
 - b. Programas de Capacitación sobre Gestión Ambiental y Gestión de Recursos Naturales;
 - c. Programa de Capacitación sobre Gestión Financiera y de Deuda, con especial énfasis en los aspectos jurídicos;
 - d. Programa de Capacitación sobre Control de Catástrofes;
 - e. Programa de Capacitación sobre Mantenimiento, Establecimiento y Consolidación de la Paz.

Dirección: 11-13 chemin des Anémones 1219 Châtelaine Ginebra SUIZA	Dirección postal: UNITAR Palacio de las Naciones CH-1211 GINEBRA 10 SUIZA	Tel.: +41 22 917 1234 Fax: +41 22 917 8047 Sitio Web: http://www.unitar.org
--	---	---