



MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

Cartilla didáctica del curso



Implementación en Colombia de
las Mejores Técnicas Disponibles
y Mejores Prácticas Ambientales
para disminuir la liberación
de Contaminantes Orgánicos
Persistentes No Intencionales en
sectores prioritarios

República de Colombia

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República

María Susana Muhamad González
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Sandra Patricia Vilardy Quiroga
Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

Andrea Corzo Álvarez
Directora de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana

Diego Escobar Ocampo
Coordinador del Grupo de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos y de la Unidad Técnica Ozono (UTO)

José Álvaro Rodríguez Castañeda
Jefe de Proyecto Contaminantes Orgánicos Persistentes

SGS Colombia
Xiomara Vivas Patarroyo

Equipo técnico
Andrés Ramírez Restrepo
Jonathan Alexander Romero Coca

Concepto editorial
Consuelo Gauta
Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Diseño y diagramación
Julieta Cruz
Luisa Monroy

Corrección de estilo
Juan Mikan

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia, 2022.

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

No comercializable - Distribución gratuita



CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN: Grupo Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Cartilla didáctica del curso implementación en Colombia de las Mejores Técnicas Disponibles y Mejores Prácticas Ambientales para disminuir la liberación de Contaminantes Orgánicos Persistentes No Intensionales en sectores prioritarios / SGS: Vivas Patarroyo, Xiomara; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Ramírez Restrepo, Andrés; Romero Coca, Jonathan Alexander; coord. Rodríguez Castañeda, José Álvaro. ---- Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022.

142 p.: il.

ISBN electrónico: 978-958-5551-97-8

1. dioxinas 2. sustancias peligrosas 3. gestión integral de residuos
4. salud 5. problemas medioambientales 6. Contaminantes Orgánicos Persistentes
I. Tit. II. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CDD: 363.7

TABLA DE CONTENIDO

1

CONTEXTO. Contaminantes orgánicos persistentes no intencionales (COPNI)

• **Pág 06**

1.1 ¿Que hace de una sustancia un Contaminante Orgánico Persistente? • Pág 07

- 1.1.1 ¿Qué es un COP?
- 1.1.2 Características de los COP
- 1.1.3 Clasificación de las sustancias COP

1.2 Convenio de Estocolmo y su marco legal en Colombia • Pág 09

- 1.2.1 Convenio de Estocolmo
- 1.2.2 Marco legal en Colombia

1.3 Conceptos básicos de COPNI • Pág 11

1.4 Factores que favorecen la formación de COPNI • Pág 14

- 1.4.1 Procesos térmicos
- 1.4.2 Procesos químicos

1.5 ¿Cuáles son los efectos de los COPNI en la salud y en el ambiente? • Pág 16

- 1.5.1 Efectos de los COPNI en la salud
- 1.5.2 Efectos de los COPNI sobre el ambiente
- 1.5.3 Actividad 1: Relacionar

1.6 Inventario nacional de COPNI • Pág 18

- 1.6.1 Ejercicio de cálculo del inventario
- 1.6.2 Resumen
- 1.6.3 Liberación total estimada PCDD/PCDF
- 1.6.4 Evolución de la liberación de PCDD/PCDF de 2003 a 2018
- 1.6.5 Comparación de la liberación de Colombia con respecto al resto de las partes
- 1.6.6 Estimación de otros COPNI
- 1.6.7 Actividad 2: Ejercicio de inventario

1.7 Normatividad nacional en temas de COPNI • Pág 35

- 1.7.1 ¿Cuáles son los pasos que deben seguir las industrias de acuerdo con la norma?
- 1.7.2 ¿Ante qué entidad debo presentar los resultados de los monitoreos?
- 1.7.3 En el caso de no cumplir con lo exigido ¿cuál es la sanción?

1.8 Normatividad internacional en temas de COPNI • Pág 38

1.9 Evaluación del capítulo • Pág 40

1.10 Bibliografía • Pág 44

2

MEDICIÓN DE COPNI, aseguramiento de la calidad de los resultados e interpretación de reportes

• **Pág 46**

2.1 Condiciones para una medición correcta de dioxinas y furanos • Pág 47

- 2.1.1 Información importante para la medición de emisiones para fuentes fijas
- 2.1.2 Determinación de la altura de descarga. Aplicación de buenas prácticas de ingeniería
- 2.1.3 Localización del sitio de muestreo
- 2.1.4 Métodos de medición de referencia para fuentes fijas
- 2.1.5 Estudios de emisiones atmosféricas
- 2.1.6 Actividad 3: Sopa de letras

2.2 Análisis de COPNI • Pág 59

- 2.2.1 Informe de resultados
- 2.2.2 Interpretación de los resultados
- 2.2.3 Unidades de medición
- 2.2.4 Actividad 4: Relacionar
- 2.2.5 Factor de equivalente tóxico para dioxinas y furanos
- 2.2.6 Condiciones estándar y de referencia
- 2.2.7 Corrección de oxígeno
- 2.2.8 Comparación contra límites normativos
- 2.2.9 Límites de decisión

2.3 Evaluación del capítulo • Pág 72

2.4 Bibliografía • Pág 75

3

MEJORES TÉCNICAS Disponibles y Mejores Prácticas Ambientales para mitigar la liberación de COPNI

• Pág 76

3.1 Estrategias MTD y MPA para mitigar las emisiones de COPNI • Pág 77

- 3.1.1 Medidas generales de prevención relativas a las MTD y a las MPA
- 3.1.2 Mejores Técnicas Disponibles

3.2 MTD y MPA en la gestión de residuos • Pág 79

3.3 MTD y MPA en la producción agrícola • Pág 85

3.4 MTD y MPA en la industria metalúrgica • Pág 87

- 3.4.1 Producción secundaria de cobre
- 3.4.2 Plantas de sinterización en la industria del hierro y el acero
- 3.4.3 Producción secundaria de acero
- 3.4.4 Producción secundaria de aluminio
- 3.4.5 Producción secundaria de zinc
- 3.4.6 Fundición primaria de metales comunes

3.5 MTD y MPA en otros sectores • Pág 116

- 3.5.1 Crematorios
- 3.5.2 Teñido (con cloranil) y terminado (con extracción alcalina) de textiles y cueros
- 3.5.3 Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso
- 3.5.4 Actividad 5: Emparejar

3.6 Caso de estudio • Pág 119

- 3.6.1 Caso de MTD y MPA en la fundición de acero (Colombia)
- 3.6.2 Actividad 6: Completar

3.7 Evaluación del capítulo • Pág 121

3.8 Bibliografía • Pág 125

4

RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES Y EVALUACIONES

• Pág 127

4.1 Resultados capítulo 1 • Pág 128

- 4.1.1 Actividad 1: Relacionar
- 4.1.2 Actividad 2: Ejercicio de inventario
- 4.1.3 Evaluación

4.2 Resultados capítulo 2 • Pág 133

- 4.2.1 Actividad 3: Sopa de letras
- 4.2.2 Actividad 4: Relacionar
- 4.2.3 Evaluación

4.3 Resultados capítulo 3 • Pág 137

- 4.3.1 Actividad 5: Emparejar
- 4.3.2 Actividad 6: Completar
- 4.3.3 Evaluación



CAPÍTULO

CONTEXTO.

Contaminantes orgánicos persistentes no intencionales (COPNI)



Competencias a desarrollar:

Entender las características y los riesgos de los Contaminantes Orgánicos Persistentes No Intencionales (COPNI) y las disposiciones del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) relacionadas con el tema.

1.1 ¿Que hace de una sustancia un contaminante orgánico persistente?

Competencias a desarrollar:

Explicar cómo y porqué algunas sustancias, como los COPNI, se clasifican como COP.



1.1.1 ¿Qué es un COP?

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), conocidos internacionalmente por el acrónimo inglés POPs (*Persistent Organic Pollutants*), son mayoritariamente compuestos organoclorados, utilizados en diversas aplicaciones, tanto industriales como agrícolas. Entre estos se encuentran biocidas como el hexaclorociclohexano (HCH), sustancias químicas de origen industrial como los bifenilos policlorados (PCB) y otras sustancias, cuyo origen está en los procesos de combustión, natural o antropogénica, como las dioxinas (PCDD), los furanos (PCDF) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP).

Los COP fueron ampliamente utilizados durante el auge del desarrollo y de la producción industrial, acontecidos tras la Segunda Guerra Mundial, cuando se comercializaron miles de sustancias sintéticas. A pesar de que estas sustancias han demostrado ser eficaces en el control de plagas y de vectores de enfermedades como la malaria, así como en ciertas aplicaciones industriales, también se sabe que poseen propiedades peligrosas para la salud humana y el ambiente. Los COP son sustancias químicas con una capacidad de biodegradación muy baja, lo que las hace muy persistentes en el ambiente (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012).

1.1.2 Características de los COP

Para la identificación de un COP es necesario que este se encuentre en los anexos A y B del Convenio de Estocolmo sobre COP, y los COPNI, en el anexo C de este.

Sus características son:

1

Persistencia: la capacidad que poseen ciertas sustancias de resistir a la degradación fotolítica, biológica y química, permaneciendo en el ambiente o en el interior de los organismos vivos, sin descomponerse o metabolizarse durante largos períodos de tiempo, incluso décadas en el caso de algunos productos fitosanitarios en suelos, y transmitiéndose a la descendencia (en el Convenio de Estocolmo se basa en la permanencia de la sustancia en agua, suelo, sedimentos o aire, por encima de un tiempo determinado).

2

Bioacumulación: la acumulación de sustancias químicas en organismos en mayor concentración que en el ambiente que les rodea. Como los COP son compuestos orgánicos lipofílicos (solubilidad baja en agua y elevada en grasas), se bioacumulan principalmente en el tejido adiposo, donde suelen encontrarse en mayor concentración. Muchas de estas sustancias son difíciles de metabolizar y se biomagnifican, lo que quiere decir que la concentración en los organismos aumenta según se asciende en la cadena alimentaria (en el Convenio se basa en la superación de umbrales de bioconcentración o bioacumulación, preocupantes para las especies, y en la toxicidad o ecotoxicidad de la sustancia).

3

Toxicidad: la capacidad de una sustancia de causar efectos adversos sobre la salud o el ambiente. Hay datos que asocian la presencia de COP con efectos negativos en la salud y con algunas enfermedades. Normalmente, para determinar la toxicidad de una sustancia se investigan parámetros como la dosis y el tipo de exposición. Sin embargo, como los COP son compuestos que suelen aparecer, en muestras de tejido o en el ambiente, con concentraciones de fondo bajas y combinados con otro tipo de sustancias, resulta difícil establecer la verdadera causa de síntomas o afecciones, teniendo en cuenta que, en muchos casos, la exposición a estos compuestos es crónica (en el Convenio se basa en la producción de efectos adversos en la salud humana o en el ambiente y en datos de toxicidad o ecotoxicidad que indiquen el potencial de daño).

4

Capacidad de ser transportados largas distancias, hasta regiones en las que nunca fueron utilizados ni producidos: los COP tienen un carácter semivolátil, esta propiedad les permite adoptar la forma de vapor o presentarse adsorbidos sobre partículas atmosféricas y propagarse fácilmente a largas distancias a través del aire, el agua o acumulados en el organismo de algunas especies migratorias, antes de depositarse nuevamente en el ambiente (en el Convenio se basa en la detección de COP en lugares alejados de la fuente de liberación, al comprobar que el transporte puede haber ocurrido por medio del aire, del agua o a través de especies migratorias).



1.1.3 Clasificación de las sustancias COP

Los COP pueden clasificarse, por su origen y su uso, en tres grupos:



Sustancias COP en productos de uso fitosanitario o biocida: existen COP que han sido utilizadas como fitosanitarios o biocidas para combatir diversos tipos de plagas. Los productos fitosanitarios son mezclas químicas que contienen una o varias sustancias activas y otros ingredientes, cuyo objetivo es proteger los vegetales y sus productos de organismos nocivos. También se consideran productos de este tipo las sustancias que destruyen, regulan o inhiben la germinación de plantas que se consideran nocivas. Su objetivo es aumentar los rendimientos en la agricultura y asegurar la salubridad en los alimentos producidos. Al mismo tiempo, su utilización puede implicar riesgos para los seres vivos y el ambiente.



Sustancias COP en productos de uso industrial: ciertos COP poseen propiedades de aislamiento, resistencia al fuego y estabilidad, muy apreciadas en la fabricación de una amplia gama de productos de diferentes sectores industriales y productos comerciales. Los ejemplos más característicos son: su utilización como fluidos refrigerantes en transformadores o su uso como retardantes de llama en tapicerías o aparatos eléctricos y electrónicos como, por ejemplo, en carcasas de ordenadores. Estas propiedades contribuyeron a un uso industrial extenso y, a la vez, a una permanencia preocupante de estas sustancias en el ambiente, detectando, en ocasiones, sus elevadas concentraciones.



Sustancias COP que se emiten de forma no intencional en procesos (COPNI): se trata de contaminantes que se originan y liberan principalmente en el transcurso de procesos térmicos con presencia de materia orgánica y cloro. No hay intención de producción ni de utilización comercial y en muchos casos proceden de fuentes difusas.

Esta última clasificación se amplía en las siguientes secciones, donde se entenderá que los COP y los COPNI están relacionados al poseer las mismas características, descritas en la sección 1.1.2.

1.2 Convenio de estocolmo y su marco legal en Colombia

Competencias a desarrollar:

Interpretar el marco legal colombiano relacionado con los COPNI a la luz del Convenio de Estocolmo.



1.2.1 Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) es un tratado global para proteger la salud humana y el ambiente de sustancias químicas orgánicas, de origen natural o xenobiótico. Estos productos químicos tienen propiedades tóxicas y son resistentes a la degradación, lo que les permite permanecer intactos en el ambiente durante largos períodos de tiempo; adicionalmente, se pueden bioacumular y, por lo tanto, se pueden distribuir geográficamente de manera natural. Su acumulación en el tejido graso de los seres humanos y de la vida silvestre producen efectos tóxicos, agudos y crónicos, de contaminación del ambiente y de los organismos vivos.

Actualmente, 184 países han ratificado el Convenio y se han hecho parte de este. Debido a sus características, se han adicionado 32 contaminantes a este, por lo que cada país debe tomar las medidas descritas en estos anexos, trabajando en la reducción y eliminación en el uso y generación de estas sustancias. Los anexos al Convenio son los siguientes:

- **Anexo A.** Las partes deben tomar medidas para eliminar la producción y el uso de los productos químicos enumerados en el anexo.
- **Anexo B.** Las partes deben tomar medidas para restringir la producción y el uso de los productos químicos enumerados en el anexo.
- **Anexo C.** Las partes deben tomar medidas para reducir las emisiones no intencionales de los productos químicos enumerados en el anexo, con el fin de reducirlos al mínimo o eliminarlos por completo.

1.2.2 Marco legal en Colombia

El Gobierno nacional acordó proteger la salud humana y el ambiente frente a los COP al firmar el Convenio de Estocolmo el 23 de mayo de 2001, esta decisión fue ratificada el 22 de octubre de 2008, con la firma de la Ley 1196 de 2008, que entró en vigor a partir del 20 de enero de 2009.

¿Cuáles acciones ha tomado el Estado colombiano frente al logro de los objetivos del Convenio de Estocolmo?

A partir de la firma del Convenio de Estocolmo, el Estado colombiano ha avanzado en la prevención, reducción y eliminación de estas sustancias. De acuerdo a esto, se han desarrollado una serie de actividades habilitadoras que han permitido conocer y analizar la situación nacional de los COP en una primera fase:

- Inventario nacional de dioxinas y furanos (2004).
- Evaluación de la capacidad institucional e infraestructura disponible y evaluación del marco regulativo para la gestión de COP en Colombia (2005).
- Inventario preliminar de existencias de PCB en el país (2006).
- Inventario nacional de plaguicidas COP (2006).
- Diseño de la estrategia de divulgación y sensibilización de la comunidad sobre COP y sus efectos sobre la salud y el ambiente (2006).

- Evaluación económica de los impactos sobre la salud (pública y ocupacional) asociados a los COP (2006).
- Evaluación de las implicaciones sociales y económicas del uso y reducción de los COP en Colombia (2006).
- Guía técnica de identificación, evaluación y manejo de sitios contaminados con COP.
- Desarrollo de instrumentos técnicos y metodológicos para el fortalecimiento de la capacidad nacional en la gestión de sitios contaminados con COP Honda - Tolima (Colombia). Reconocimiento del sitio del servicio de erradicación de la malaria, municipio de Honda, departamento del Tolima - Colombia.

A partir de los resultados de los estudios realizados en esta primera fase, y mediante un proceso ampliamente participativo, se formuló el primer Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo (PNA), mediante el cual se orientan las acciones necesarias para dar cumplimiento a los compromisos del Convenio, el cual se basa en tres líneas estratégicas:

- Prevención o minimización de existencias y liberaciones de COP.
- Gestión del riesgo.
- Eliminación de existencias de COP.

Este Plan está compuesto por cuatro planes de acción específicos para cada grupo de COP: plaguicidas, PCB, dioxinas, y furanos y nuevos COP; y cinco planes de acción transversales, orientados a generar condiciones del entorno que faciliten el cumplimiento de los objetivos de los planes específicos: marco normativo, fortalecimiento institucional, vigilancia y monitoreo, capacitación, y divulgación e investigación (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

El Ministerio de Relaciones Exteriores, como punto focal del Convenio, presentó formalmente el PNA a la Secretaría del Convenio en agosto de 2010, y desde entonces el país está trabajando en su implementación.

Posteriormente, en una segunda fase, se adelantó el proceso de actualización de este Plan, cuyo resultado fue remitido a la Secretaría

del Convenio, el 28 de diciembre de 2017, a partir de la actualización de varios estudios:

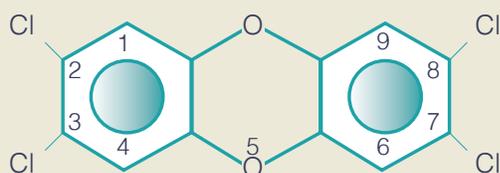
- Actualización de los cuatro planes de acción específicos (plaguicidas COP, PCB, COPNI y COP de uso industrial) y armonización de las líneas estratégicas de los mismos, de acuerdo a la Política de gestión del riesgo asociado al uso de sustancias químicas, oficializada mediante el documento Conpes 3868 (2016).
- Recálculo del inventario nacional de dioxinas y furanos elaborado en el año 2004, aplicando la metodología actualizada mediante el Toolkit 2013 (2016).
- Actualización de la evaluación de la capacidad institucional e infraestructura disponible (2016).
- Actualización de la evaluación del marco regulatorio para la gestión de COP en Colombia (2016).
- Actualización del inventario de existencias de PCB y fortalecimiento de una herramienta informática para su actualización anual en el país (2015).
- Actualización del inventario nacional de plaguicidas COP (2015).
- Elaboración de un inventario inicial de COP de uso industrial en el país (2016).
- Evaluación socioeconómica de la implementación del plan nacional (2016).
- Desarrollo de herramienta de análisis de riesgos para empresas gestoras y receptoras de PCB (2016).
- Actualización y elaboración de Guías técnicas de identificación, evaluación y manejo de sitios contaminados con PCB, por parte de las autoridades ambientales, así como manejo de PCB por autoridades de comercio exterior (2016).
- Desarrollo de protocolos para la identificación de PCB (2013).
- Actualización del Manual de Gestión Integral de PCB (2015), entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

1.3 Conceptos básicos de COPNI

A continuación, se describen los conceptos básicos de los COPNI:

- Los COPNI son todas aquellas sustancias listadas en el Convenio de Estocolmo, que se generan de forma “no intencional”, es decir, no han sido producidas, ni importadas ni almacenadas con fines específicos o productivos. Estas sustancias se forman principalmente en procesos de combustión y químicos, es decir, incineraciones controladas y no controladas, quemas a cielo abierto, procesos químicos industriales y otros.
- Los COPNI están conformados por seis tipos de sustancias:

Figura 1.1 tetracloro-dibenzo-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD)



Fuente: Oregon State University (s.f.).

Dioxinas y furanos (PCDD/PCDF): estas sustancias son una familia de productos químicos complejos que contienen una sustancia denominada clorina. Son sustancias tóxicas a niveles muy bajos, siendo la tetracloro-dibenzo-p-dioxina 2.3.7.8 (2,3,7,8-TCDD) (figura 1.1), la sustancia con mayor grado de toxicidad. Químicamente son compuestos sólidos y cristalinos, insolubles en agua, pero fácilmente solubles en disolventes orgánicos, grasas y aceites.

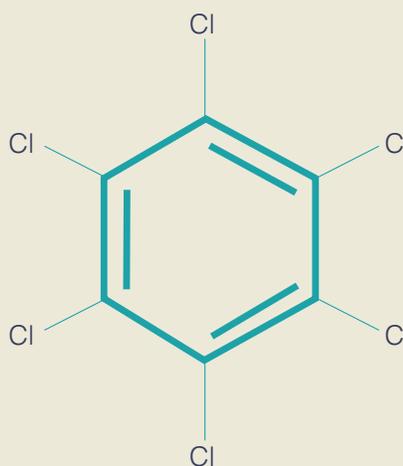
Competencias a desarrollar:

Comprender los conceptos básicos sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes No Intencionales (COPNI).



2

Figura 1.2 Hexaclorobenceno (HCB)



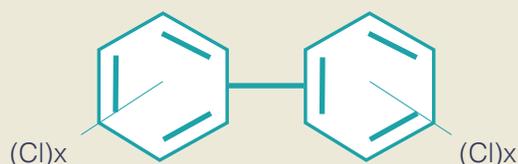
Fuente: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR-España) (s. f. a).

Hexaclorobenceno (HCB): es una sustancia sólida, de color blanco cristalino, con un olor desagradable y bastante volátil. Es prácticamente insoluble en el agua, pero se disuelve fácilmente en otras sustancias como los disolventes orgánicos, las grasas y los aceites.

Las principales fuentes artificiales de producción de HCB tienen lugar en las industrias químicas y metalúrgicas, que generan este compuesto de forma no intencional en los procesos de combustión. Adicionalmente, esta sustancia ha sido empleada extensamente como un fungicida en los cultivos, principalmente contra una enfermedad que afecta a algunas cosechas de cereal.

3

Figura 1.3 Bifenilos policlorados (PCB, sigla en inglés de *PolyChlorinated Biphenyls*)



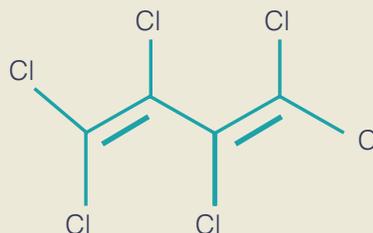
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Bifenilos policlorados (PCB): son un grupo de compuestos químicos orgánicos que pueden causar un sinnúmero de efectos adversos diferentes. No se conocen fuentes naturales de PCB en el ambiente. Se producen de manera no intencional en los mismos procesos de formación de las dioxinas y furanos, estas sustancias son líquidos aceitosos o sólidos de apariencia, que varían de incoloros a amarillo claro. Algunos PCB son volátiles y pueden existir en forma de vapor en el aire, además, no tienen olor o sabor conocidos. Los PCB entran al ambiente en forma de mezclas que contienen una variedad de componentes individuales de bifenilos policlorados (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Adicionalmente, estas sustancias se han producido industrialmente y han sido utilizadas como compuestos sintéticos, para ser empleados como refrigerantes y lubricantes en transformadores y otros equipos eléctricos, como fluidos hidráulicos, entre otros usos.

4

Figura 1.4 Hexaclorobutadieno (HCBd)



Fuente: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR-España) (s. f. b).

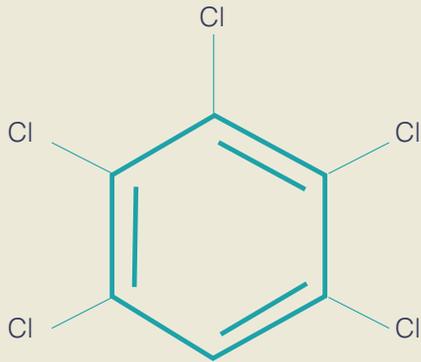
Hexaclorobutadieno (HCBd): es un líquido no inflamable e incoloro, en condiciones ambientales normales de temperatura y presión. Se caracteriza por ser un compuesto aceitoso, con cierto olor a trementina, y una solubilidad en agua bastante baja. Se descompone al arder, produciendo gases irritantes y venenosos como el fosgeno.

Esta sustancia fue usada como agente químico en la recuperación de cloro y en la fabricación de lubricantes y compuestos de goma, y en algunas partes del mundo se emplea, de forma limitada, como fumigante agrícola. Actualmente, el principal foco de contaminación a nivel industrial surge de los procesos de fabricación de productos químicos, en los que se genera de forma no intencional.



5

Figura 1.5 Pentaclorobenceno (PeCB)



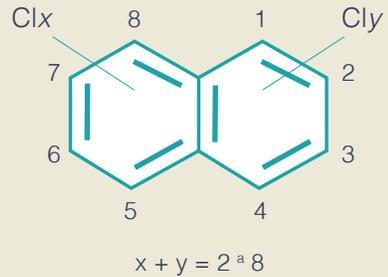
Fuente: Stockholm Convention (s. f.).

Pentaclorobenceno (PeCB): se presenta químicamente en forma de cristales de color blanco y posee un olor característico, pertenece al grupo de los clorobenzenos y se descompone al arder, produciendo humos tóxicos y corrosivos.

Ha sido utilizado como plaguicida y agente pirorretardante y, en combinación con otros PCB, en fluidos dieléctricos. También se genera como subproducto no intencional en la incineración de residuos y en la producción de productos químicos.

6

Figura 1.6 Naftalenos policlorados



Fuente: Stockholm Convention (s. f.).

Naftalenos policlorados: abarcan 75 posibles congéneres en 8 grupos homólogos y tienen de 1 a 8 átomos sustituidos con cloro alrededor de la molécula planar de naftaleno aromático. Puesto que los naftalenos monoclorados no se consideran COP.

Han sido utilizados como fungicidas, como retardantes de llama y en fluidos dieléctricos, en combinación con PCB. También se generan en la incineración de residuos como subproducto no intencional.

Los COPNI tienen las mismas características que los otros COP considerados en el Convenio de Estocolmo: alta toxicidad, bioacumulación, persistencia (estabilidad química) y capacidad de ser transportados largas distancias. Debido a su incidencia, proporción y toxicidad, las dioxinas y furanos constituyen el grupo más importante de los seis.



1.4 Factores que favorecen la formación de COPNI

Como se mencionó con anterioridad, los COPNI se pueden generar en procesos químicos industriales, como la manufactura de sustancias químicas y en procesos térmicos, como la incineración de desechos. La formación de PCDD/PCDF ha sido ampliamente estudiada en procesos de combustión y, en menor grado, en procesos químicos que no son de combustión. No obstante, los mecanismos y las condiciones exactas de formación no han sido completamente resueltos (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). A continuación, se describen las condiciones o factores que facilitan la formación de COPNI en los procesos térmicos y químicos industriales:

1.4.1 Procesos térmicos

Se necesita carbono, oxígeno, hidrógeno y cloro, ya sea en forma elemental, orgánica o inorgánica, y una temperatura de combustión de entre 200 °C y 900 °C.

Los PCDD/PCDF se pueden sintetizar mediante dos vías principales:

- A partir de precursores como los fenoles clorados. La presencia de compuestos aromáticos es un factor que puede aumentar la generación de dioxinas y furanos.
- Por síntesis, a partir de estructuras carbonáceas en cenizas volantes, carbón activado, hollín o pequeñas moléculas, producto de combustiones incompletas. La presencia de material particulado es un factor que puede aumentar la generación de dioxinas y furanos.

Competencias a desarrollar:

Comprender los factores que favorecen la formación de COPNI.



En general, bajo condiciones de combustión deficiente se pueden formar COPNI en el proceso de quemado. Las variables conocidas que impactan la formación térmica de COPNI incluyen:



Tecnología: la formación de dioxinas y furanos puede ocurrir bajo condiciones de combustión deficientes o en cámaras de postcombustión y dispositivos de control de contaminación atmosférica, operados incorrectamente. Las técnicas de combustión varían desde las más simples, como las quemas a cielo abierto; hasta las más complejas y sofisticadas, como los procesos de incineración que emplean las Mejores Técnicas Disponibles (MTD).



Temperatura: se ha documentado que la formación de dioxinas y furanos en la zona de postcombustión o en los dispositivos de control de la contaminación atmosférica oscila entre los 200 °C y los 650 °C. Generalmente se acepta que en el rango de entre 200 °C y 450 °C es en el que más se forma, con un máximo alrededor de los 300 °C.



Metales: se sabe que el cobre, el hierro, el zinc, el aluminio, el cromo y el manganeso catalizan la formación de dioxinas y furanos.



El cloro: debe estar presente en forma elemental, orgánica o inorgánica.

1.4.2 Procesos químicos

Al igual que en el caso de los procesos térmicos, se necesita carbono, hidrógeno, oxígeno y cloro. Se considera que la formación de COPNI en los procesos químicos es favorecida por alguna de las siguientes condiciones:

- Temperaturas superiores a 150 °C.
- Condiciones alcalinas.
- Catalizadores metálicos.
- Radiación ultravioleta (UV) u otros radicales iniciadores.

De acuerdo con el anexo C del Convenio de Estocolmo (parte II), los procesos donde ocurre formación de COPNI pueden dividirse en las siguientes categorías de fuentes industriales, que tienen un potencial relativamente elevado de formación y liberación de estos productos químicos al ambiente:

- Incineradoras de desechos, incluidas las de desechos municipales peligrosos o médicos, o de fango cloacal.
- Desechos peligrosos procedentes de la combustión en hornos de cemento.
- Producción de pasta de papel utilizando cloro elemental o productos químicos que producen cloro elemental para el blanqueo.
- Los siguientes procesos térmicos de la industria metalúrgica:
 - 1) producción secundaria de cobre
 - 2) plantas de sinterización en la industria del hierro e industria siderúrgica
 - 3) producción secundaria de aluminio
 - 4) producción secundaria de zinc.

Otros procesos que pueden producir o liberar COPNI son:

- Quema a cielo abierto de desechos, incluida la quema en vertederos.
- Procesos térmicos de la industria metalúrgica no mencionados en la parte II del anexo C del Convenio.
- Fuentes de combustión domésticas.
- Combustión de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas o calderas industriales.
- Instalaciones de combustión de madera u otros combustibles de biomasa.
- Procesos de producción de productos químicos, que liberan COP formados no intencionalmente, especialmente la producción de clorofenoles y cloranil.
- Crematorios.
- Vehículos de motor, en particular los que utilizan gasolina con plomo como combustible.
- Destrucción de carcasas de animales.
- Teñido (con cloranil) y terminación (con extracción alcalina) de textiles y cueros.
- Plantas de desguace para el tratamiento de vehículos fuera de uso.
- Recuperación del cobre de cables de cobre por combustión lenta.
- Refinerías de aceites de desecho.



1.5 ¿Cuáles son los efectos de los COPNI en la salud y en el ambiente?

Competencias a desarrollar:

Comprender los efectos de los COPNI en la salud y en el ambiente.



1.5.1 Efectos de los COPNI en la salud

La exposición breve del ser humano a altas concentraciones de COPNI puede causar problemas en la salud, por ejemplo, las dioxinas pueden causar lesiones cutáneas, como acné clórico y manchas oscuras, así como alteraciones funcionales hepáticas. La exposición prolongada se ha relacionado con alteraciones inmunitarias, del sistema nervioso en desarrollo, del sistema endocrino y de la función reproductora.

La exposición crónica de los animales a las dioxinas ha causado varios tipos de cáncer. El Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) realizó, en 1997 y en 2012, evaluaciones de la TCDD. De acuerdo con los datos de las investigaciones en animales y los datos epidemiológicos humanos, el CIIC ha clasificado la TCDD¹ como “carcinógeno humano”. Sin embargo, no afecta al material genético, y hay un nivel de exposición por debajo del cual el riesgo de cáncer podría ser insignificante.

Como las dioxinas están omnipresentes, todos tenemos una exposición de fondo y una cierta concentración de estas en el organismo: conocida como carga corporal. En general, no es de suponer que la exposición normal de fondo actual tenga efectos en la salud humana. No obstante, debido al gran potencial tóxico de esta clase de compuestos, es necesario tomar medidas para reducir esta exposición (Organización Mundial de la Salud, 2016).

1.5.2 Efectos de los COPNI sobre el ambiente

En cuanto a la liberación de COPNI al ambiente, la incineración descontrolada de desechos (sólidos y hospitalarios) suele ser la causa más grave, debido a que la combustión es incompleta. Existe tecnología que permite la incineración controlada de desechos, con bajas emisiones.

Aunque la formación de dioxinas es local, su distribución ambiental es mundial. Estas se encuentran en todo el mundo en prácticamente todos los medios. Las mayores concentraciones se registran en algunos suelos, sedimentos y alimentos, especialmente los productos lácteos, carnes, pescados y mariscos. Sus concentraciones son muy bajas en las plantas, el agua y el aire.

Hay, en todo el mundo, grandes depósitos de aceites industriales de desecho con PCB, muchos de estos con grandes concentraciones de PCDF. El almacenamiento prolongado y la eliminación inadecuada de este material puede liberar dioxinas al ambiente y contaminar los alimentos humanos y animales. Los residuos con PCB no se pueden eliminar fácilmente sin contaminar tanto al ambiente como a la población humana. Estos materiales tienen que ser tratados como residuos peligrosos y lo mejor es destruirlos, mediante incineración a altas temperaturas, en instalaciones especializadas (Organización Mundial de la Salud, 2016).

1. La tetracloro-dibenzo-p-dioxina 2.3.7.8 (TCDD) es un compuesto orgánico persistente de la rama de las dioxinas. Está formado por dos anillos bencílicos unidos por dos éteres y con cuatro cloros en las posiciones 2, 3, 7 y 8.



1.5.3 Actividad 1: Relacionar

Relacione los conceptos de la izquierda con las frases de la derecha:

Anexo C

Tratado global para proteger la salud humana y el ambiente de sustancias químicas orgánicas.

Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

Apartado que especifica las sustancias producidas de forma no intencional cuya generación debe reducirse o eliminarse.

Convenio de Estocolmo sobre COP

Sustancias orgánicas que poseen características de persistencia, toxicidad, transporte y acumulación que en conjunto resultan preocupantes para la humanidad.

PCDD/PCDF, HCB, PCB

Sustancias consideradas COP que se generan de forma no intencional.

Quemas agrícolas e incineradoras de residuos

Uno de los factores clave que favorecen la formación de COPNI en procesos térmicos.

Presencia de halógenos: cloro y bromo

Procesos donde ocurre formación de COPNI.

1.6 Inventario nacional de COPNI

Competencias a desarrollar:

Identificar las implicaciones de la construcción del inventario nacional de COPNI, de acuerdo con el Toolkit 2013 del Convenio de Estocolmo.



El Convenio de Estocolmo sobre COP establece que los países que han ratificado este acuerdo de carácter internacional deben adoptar medidas para eliminar y reducir las liberaciones de COP generadas de forma no intencional. Para lograrlo, necesitan realizar inventarios de fuentes y estimaciones de las liberaciones al ambiente de estas sustancias.

Para este fin, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) elaboró en 2003 el *Kit de herramientas para la identificación y cuantificación de vertidos de dioxinas, furanos y otros COP no intencionales bajo el artículo 5 del Convenio de Estocolmo*, actualizado en el año 2013, el cual orienta la elaboración de inventarios de estas sustancias. Esta herramienta constituye una ayuda importante para los países con economías emergentes, ya que permite elaborar inventarios nacionales de COPNI con base en la consolidación de información de fuentes de estas sustancias y la aplicación de factores de emisión por defecto a estas, sin afrontar el costo de realizarlos con base en determinaciones analíticas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Con esto en cuenta, el inventario se organiza de la siguiente forma:

1. Introducción.
2. Información general sobre COP no intencionales.

3. Identificación de fuentes y metodología de estimación de liberaciones de COP no intencionales.

4. Identificación y cuantificación de liberaciones anuales de COP no intencionales para cada grupo con las categorías:

- **Grupo 1:** Incineración de desechos (1a. Incineración de desechos sólidos urbanos, 1b. Incineración de residuos peligrosos, 1c. Incineración de residuos médicos, 1d. Incineración de la fracción ligera de desechos de fragmentación, 1e. Incineración de lodos de aguas residuales, 1f. Incineración de desechos de madera y desechos de biomasa, 1g. Combustión de mataderos o plantas de sacrificio).
- **Grupo 2:** Producción de metales ferrosos y no ferrosos (2a. Sinterización de mineral de hierro, 2b. Producción de coque, 2c. Plantas de producción de hierro y acero, y fundiciones, 2d. Producción de cobre, 2e. Producción de aluminio, 2f. Producción de plomo, 2g. Producción de zinc, 2h. Producción de bronce y latón, 2i. Producción de magnesio, 2j. Producción de térmica de metales no ferrosos: níquel, 2k. Trituradoras, 2l. Recuperación térmica de cables y reciclado de desechos eléctricos y electrónicos).

- **Grupo 3:** Generación de energía y calor (3a. Centrales de combustibles fósiles, 3b. Centrales de biomasa, 3c. Combustión de biogás de rellenos sanitarios, 3d. Combustión de biomasa para calefacción y cocina doméstica, 3e. Calefacción doméstica con combustibles fósiles).
- **Grupo 4:** Producción de productos minerales (4a. Producción de cemento, 4b. Producción de cal, 4c. Producción de ladrillos, 4d. Producción de vidrio, 4e. Producción de cerámicas, 4f. Producción de mezclas asfálticas, 4g. Producción de esquistos bituminosos).
- **Grupo 5:** Transporte (5a. Motores a gasolina de 4 tiempos, 5b. Motores a gasolina de 2 tiempos, 5c. Motores diésel/ACPM, 5d. Motores a combustible pesado).
- **Grupo 6:** Procesos de quema a cielo abierto (6a. Quema de biomasa, 6b. Quema de residuos e incendios accidentales).
- **Grupo 7:** Producción y uso de productos químicos y bienes de consumo (7a. Fábricas de pulpa y papel, 7b. Productos químicos inorgánicos clorados, 7c. Productos químicos alifáticos clorados, 7d. Productos químicos aromáticos clorados, 7e. Otros productos químicos clorados y no clorados, 7f. Refinerías de petróleo, 7g. Industria textil, 7h. Industria de cuero).
- **Grupo 8:** Misceláneos o varios (8a. Secado de biomasa, 8b. Crematorios, 8c. Ahumaderos, 8d. Limpieza en seco, 8e. Consumo de cigarrillo).
- **Grupo 9:** Disposición de efluentes y vertederos (9a. Rellenos sanitarios, rellenos de seguridad y botaderos, 9b. Vertimientos tratados, 9c. Vertimientos a cuerpos de agua sin tratar, 9d. Compostaje, 9e. Disposición de desechos de aceite no térmico).

- **Grupo 10:** Sitios contaminados y puntos calientes (10a. Sitios de producción de cloro, 10b. Sitios de producción de compuestos orgánicos clorados, 10c. Sitios de aplicación de plaguicidas y productos químicos que contienen dioxinas y furanos, 10d. Sitios de fabricación e inmunización de madera, 10e. Fábricas textiles y de cuero, 10f. Uso de PCB, 10g. Uso de cloro para producción de metales y productos químicos inorgánicos, 10h. Incineradores de residuos, 10i. Industrias del metal, 10j. Incendios accidentales, 10k. Dragado de sedimentos y llanuras de inundación contaminadas, 10l. Vertido de desechos/residuos de los grupos 1-9, 10m. Sitios de caolín y arcilla de bola).
5. Resultados del inventario.
 6. Conclusiones.
 7. Recomendaciones.

A continuación, profundizaremos en tres aspectos: Liberación estimada dioxinas y furanos (PCDD/PDDF), evolución de la liberación de 2003 a 2018, comparación de la liberación de Colombia con respecto al resto de las partes y estimación de otros COPNI.

1.6.1 Ejercicio de cálculo del inventario

Previo a la profundización, desarrollaremos un ejercicio, para entender cómo se calcula el inventario de acuerdo con el numeral 3, titulado “Identificación de fuentes y metodología de estimación de liberaciones de COP no intencionales”.

Datos del ejercicio:

- **Industria identificada:** incineración de residuos peligrosos.
- **Material de entrada procesado:** 600 t/año.
- **Tipo de tecnología:** combustión de baja tecnología, sin sistema de control de la contaminación atmosférica (SCCA).

Paso 1: identificar fuentes de información

La identificación de las fuentes de COPNI se establece en el Toolkit 2013, tal como se indica en la Tabla 1.1.

El grupo usado como ejemplo para el ejercicio se indica en color rojo, en este caso, incineración de desechos.

Tabla 1.1 Principales grupos de fuentes y posibles vías de liberación

Nº.	Grupo	Posibles vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo
1	Incineración de desechos	✗				✗
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	✗				✗
3	Generación de energía y calor	✗		✗		✗
4	Producción de productos minerales	✗				✗
5	Transporte	✗				✗
6	Procesos a cielo abierto	✗	✗	✗		✗
7	Producción productos químicos y bienes de consumo	✗	✗		✗	✗
8	Misceláneos	✗	✗	✗	✗	✗
9	Disposición/ relleno sanitario	✗	✗	✗		✗
10	Identificación de potenciales puntos calientes	Solo se realizó la identificación de los sitios calientes. No fue posible la cuantificación				

Fuente: PNUMA (2013).

Tabla 1.2 Categorías del grupo 1 y posibles vías de liberación

1	Incineración de desechos	Posibles vías de liberación				
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo
a	Incineración de desechos sólidos municipales	✗	(x*)			✗
b	Incineración de residuos peligrosos	✗	(x*)			✗
c	Incineración de residuos médicos	✗	(x*)			✗
d	Incineración de la fracción ligera de desechos de fragmentación	✗				✗
e	Incineración de lodos de aguas residuales	✗	(x*)			✗
f	Incineración de desechos de madera y de desechos de biomasa	✗				✗
g	Combustión de carcasas animales	✗				✗

Fuente: PNUMA (2013).

Los grupos enunciados en la Tabla 1.1 son muy amplios, por lo que, con el fin de caracterizar mejor la variedad de industrias, procesos y actividades, el Toolkit 2013 subdivide cada una de estas categorías (a, b, c, etc.), las cuales se dividen en diferentes clases. De acuerdo con esta herramienta, "X" indica las principales vías de liberación de cada categoría, "(x*)" identifica

vías de liberación de menor importancia y "(x)", posible liberación menor, sin embargo, esta no se cuantifica.

Como ejemplo, la incineración de desechos se divide en varias categorías, como muestra la Tabla 1.2, para el ejercicio se elige la categoría b, incineración de residuos peligrosos.

Paso 2: asignar tasas de actividad para cada una de las fuentes

Una vez identificadas las fuentes de información de la clase, se consultan los factores de actividad y los factores de emisión con el fin de establecer las tasas de liberación de COPNI.

- **Factores de actividad:** son valores, en unidades por año, de producto fabricado o de material de entrada procesado, o cantidades anuales de material liberado.

Material de entrada procesado: 600 t/año.

- **Factores de emisión:** Los factores de emisión se definen como valores representativos que intentan relacionar

la cantidad de contaminante liberado al aire, agua, suelo, producto y residuo con una actividad asociada a la liberación del contaminante. Estos valores se determinan por medio de obtener información básica sobre el diseño, operación y otros factores relacionados que puedan influir sustancialmente en la magnitud de la liberación de COPNI para cada fuente o categoría.

Para el ejercicio, el Toolkit 2013 clasifica esta categoría en cuatro clases de liberación de COPNI, dependiendo del tipo de horno y sistema de control de emisiones (tabla 1.3).

Tipo de tecnología: combustión de baja tecnología, sin SCCA.

Tabla 1.3 Factores de emisión de COP no intencionales para la categoría 1b. Incineradores de residuos peligrosos

1b	Incineración de residuos peligrosos	PCDD/PCDF		Suelo	Producto	Factores de emisión (ug tonelada Respel quemados)
		Factores de emisión (ug EQT/tonelada Respel quemados)		Factores de emisión (ug EQT/tonelada Respel quemados)	Factores de emisión (ug tonelada Respel quemados)	Factores de emisión (ug tonelada Respel quemados)
		Aire	Residuos (solo ceniza volante)	Aire	Aire	Aire
1	Combustión de baja tecnología sin SCCA	35.000	9.000	ND	ND	ND
2	Combustión controlada sin SCCA mínimos	350	900	20	ND	ND
3	Combustión controlada con buenos SCCA	10	450	5	2.000	10.000
4	Combustión de alta tecnología SCCA sofisticados	0,75	30	0,01	500	ND

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Paso 3: estimación de liberaciones de COPNI

Una vez identificadas y clasificadas las fuentes de COPNI, seleccionados los factores de emisión y determinadas las tasas nacionales por actividad, es posible realizar la estimación de las liberaciones anuales totales por grupo de origen, categoría de fuente y clase, de manera relativamente simple y directa siguiendo el proceso descrito a continuación:

La liberación anual de cada COPNI para una clase de origen se calcula de acuerdo con la ecuación:

$$L_i = FA \times FE_i$$

Donde,

L_i es la cantidad de COP intencional liberado en unidades de g EQT/año para PCDD/PCDF y PCB no intencional, g/año para HCB y PeCB, por matriz ambiental (aire, agua, suelo, producto o residuo), entendiéndose EQT como la concentración de equivalentes tóxicos.

FA es el factor de actividad en unidades de cantidad producida o generada/año.

FE_i es el factor de emisión seleccionado en unidades de g EQT o g/cantidad producida o generada por matriz ambiental (aire, agua, suelo, producto o residuo).

Adicionalmente, la liberación anual de COPNI para una categoría de fuente se calcula como la suma de las liberaciones anuales totales de cada clase dentro de la categoría; la liberación para cada grupo de fuentes es la suma de las liberaciones anuales calculadas para cada categoría de fuente en el grupo de fuentes; y la liberación total anual para un país o región es la suma de las emisiones anuales de todos los grupos de fuentes.

Cálculo del ejercicio:

Estimación de liberaciones de COP no intencionales: clase aire

$$35.000 \mu\text{g EQT} = 0,035 \text{g}$$

$$L_i = \frac{600 \text{ t}}{\text{año}} * \frac{0,035 \text{ g EQT}}{\text{t}} \text{ residuo peligroso (Respel) quemado}$$

$$L_i = 21 \text{ g EQT/año}$$

Estimación de liberaciones de COP no intencionales: clase residuo (solo ceniza volante)

$$9.000 \mu\text{g EQT} = 0,009 \text{g}$$

$$L_i = \frac{600 \text{ t}}{\text{año}} * \frac{0,009 \text{ g EQT}}{\text{t}} \text{ Respel quemado}$$

$$L_i = 5,4 \text{ g EQT/año}$$

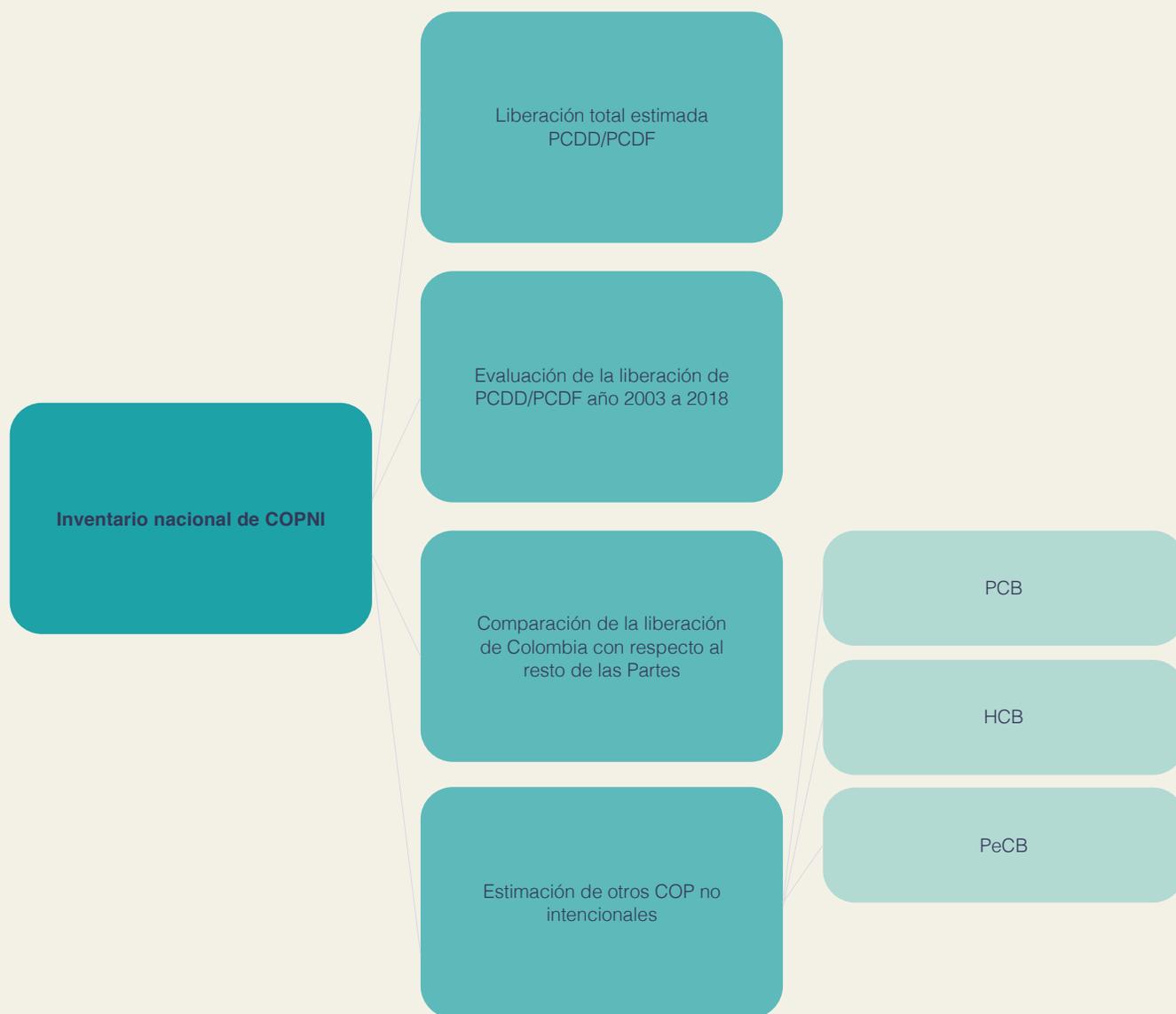
De este modo, para el ejercicio de incineración de residuos peligrosos se calcularon las liberaciones de PCDD/PCDF, de acuerdo con los factores de emisión dados por la metodología del Toolkit 2013



1.6.2 Resumen

Para 2018, el inventario de generación de PCDD/PCDF estimó una liberación anual de 276,0 g EQT, de los cuales aproximadamente el 59 % va al aire y el 26 % queda como residuo, ya sea como cenizas de procesos o polvos recolectados por los sistemas de control de emisiones, si no se tienen tecnologías que destruyan estas sustancias. En comparación con la línea base del 2002, el país ha logrado reducir su tasa de liberación en aproximadamente un 52 %, reducción que se debe: 1) a la mejora en los sistemas productivos, así como a la

implementación de sistemas de control de emisiones en diferentes empresas del país (p. ej. empresas gestoras de residuos peligrosos, empresas de fundición de metales, hornos cementeros, entre otras); 2) en 2008 el país emitió una norma de estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, entre los cuales se incluyen los PCDD/PCDF en determinados sectores productivos; y 3) el control por parte de las autoridades ambientales a las emisiones en fuentes fijas, calidad de aire y quema de residuos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).



1.6.3 Liberación total estimada PCDD/PCDF

Sumando la liberación de todas las categorías del inventario, en 2018 se estimó una liberación total de 276 g EQT de PCDD/PCDF en el país, distribuida por categoría de fuente y liberación al ambiente.

La mayor liberación al ambiente fue al aire con el 59 % del total nacional, seguida por

los residuos con el 26 %, lo que suma el 85 % de las liberaciones; el restante lo aportan las liberaciones al suelo, con un 9 %; como producto, con un 5 % y al agua, con un 1 %.

En cuanto a las liberaciones por grupo, los procesos de quema a cielo abierto, con el 42 %; seguido por incineración de residuos, con el 22 %; y producción de metales ferrosos y no ferrosos, con el 13 %, suman el 77 % de la liberación total. La tabla 1.4 resume estos resultados.

Tabla 1.4 Liberación estimada de PCDD/PCDF en Colombia en 2018

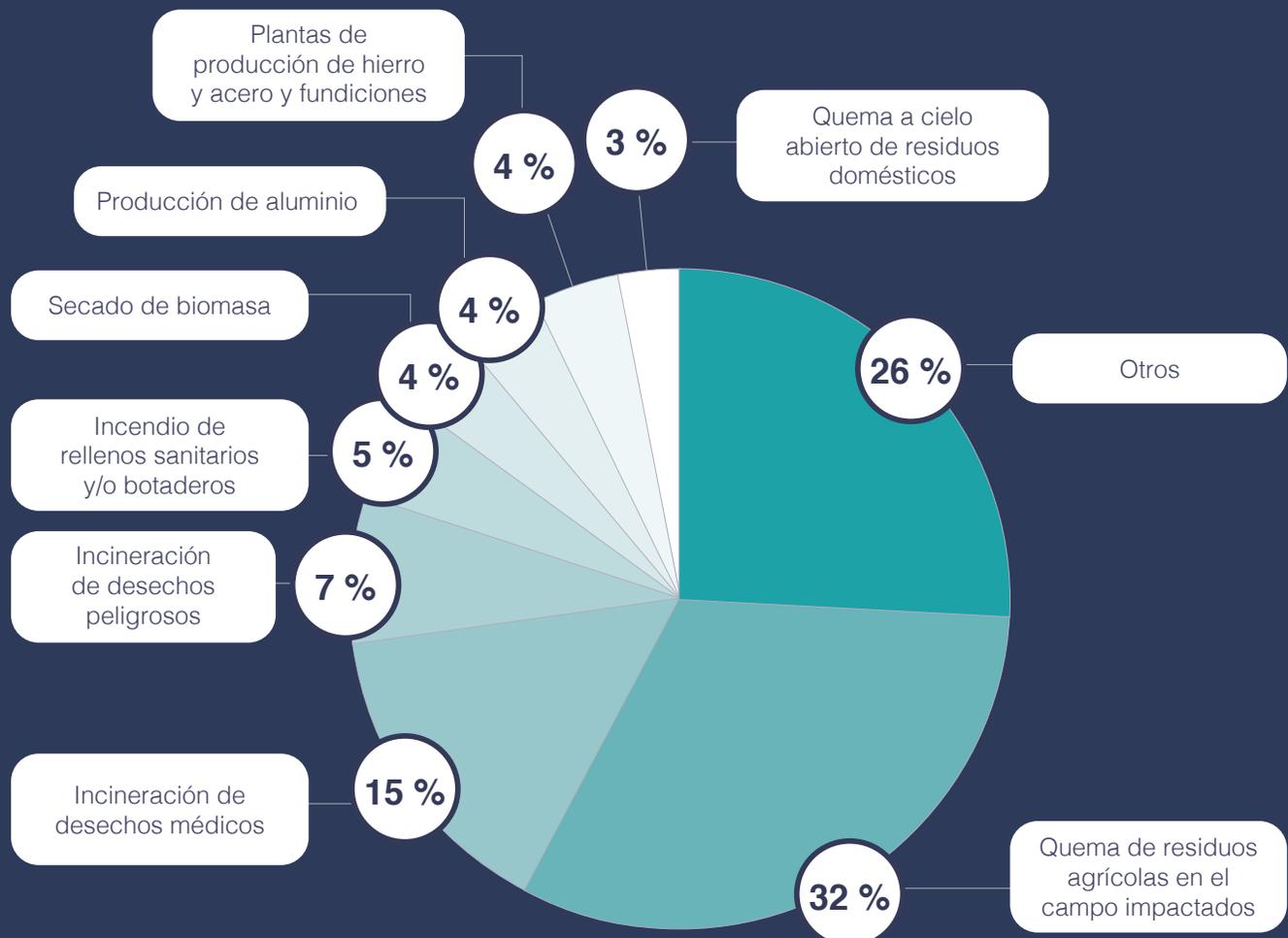
N°.	Grupo	Liberación anual (g EQT/a)						Total por categoría	Porcentaje de contribución por categoría
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo			
1	Incineración de desechos	37,143	0	0	0	24,411	61,553	22,30 %	
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	15,356	0,172	0	0	19,726	35,255	12,77 %	
3	Generación de energía y calor	5,521	0	0	0	4,051	9,572	3,47 %	
4	Producción de productos minerales	6,197	0	0	0,383	0,128	6,708	2,43 %	
5	Transporte	4,322	0	0	0	0	4,322	1,57 %	
6	Procesos a cielo abierto	92,822	0	23,745	0	0	116,567	42,23 %	
7	Producción productos químicos y bienes de consumo	0,696	0,615	0	7,620	4,656	13,587	4,92 %	
8	Misceláneos	0,644	0	0	0,238	12,204	13,086	4,74 %	
9	Disposición/ relleno sanitario	0	3,282	0	0,775	5,396	9,453	3,42 %	
10	Identificación de potenciales puntos calientes	0	0	0	5,895	0	5,895	2,14 %	
Total		162,701	4,069	23,745	14,912	70,572	275,999	100 %	
Liberación al ambiente (%)		58,9 %	1,5 %	8,6 %	5,4 %	25,6 %	100 %		
Emisión per cápita (ug-EQT/año)		3,3	0,1	0,5	0,3	1,4	5,5		

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Al realizar el análisis por clases para los datos del 2018 se obtiene que el proceso que más impacta en la liberación de PCDD/PCDF es la quema de residuos agrícolas

impactados con plaguicidas o fertilizantes precursores de COP no intencionales, seguido por la incineración de residuos médicos y peligrosos (figura 1.7).

Figura 1.7 Participación relativa (%) de las fuentes por clase de liberación total de PCDD/PCDF en 2018



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

1.6.4 Evolución de la liberación de PCDD/PCDF de 2003 a 2018

La figura 1.8 presenta el total de las liberaciones de PCDD/PCDF, estimado por medio del Toolkit 2013. Como se puede observar, de 2002 a 2018 se presentó una reducción de aproximadamente un 52,7 %.

En cuanto a la liberación del contaminante al ambiente durante el periodo analizado, la figura 1.9

permite establecer que la mayor parte de la emisión en el tiempo fue al aire y en los residuos.

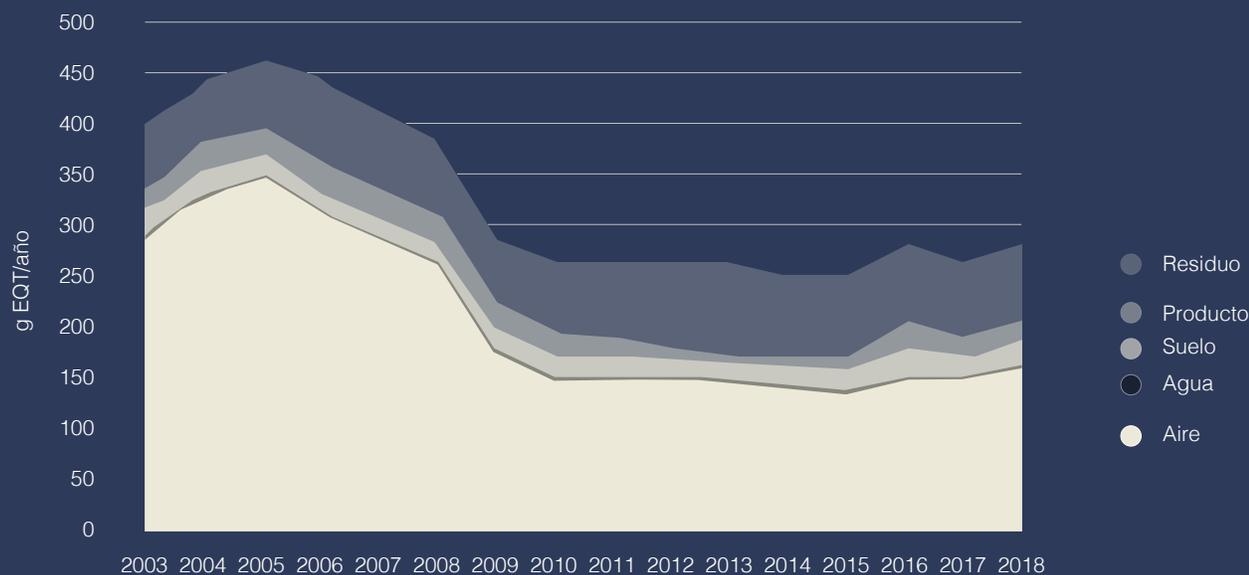
En cuanto a la producción del contaminante por grupo durante el periodo 2003-2018, la figura 1.10 permite ver la evolución de liberación. La principal disminución se debe al descenso en las quemas a cielo abierto, en especial las agrícolas, y a mejoras en los sistemas de control de hornos de incineración y siderurgias.

Figura 1.8 Liberación total estimada de PCDD/PCDF de 2003 a 2018



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Figura 1.9 Liberación total estimada de PCDD/PCDF de 2003 a 2018

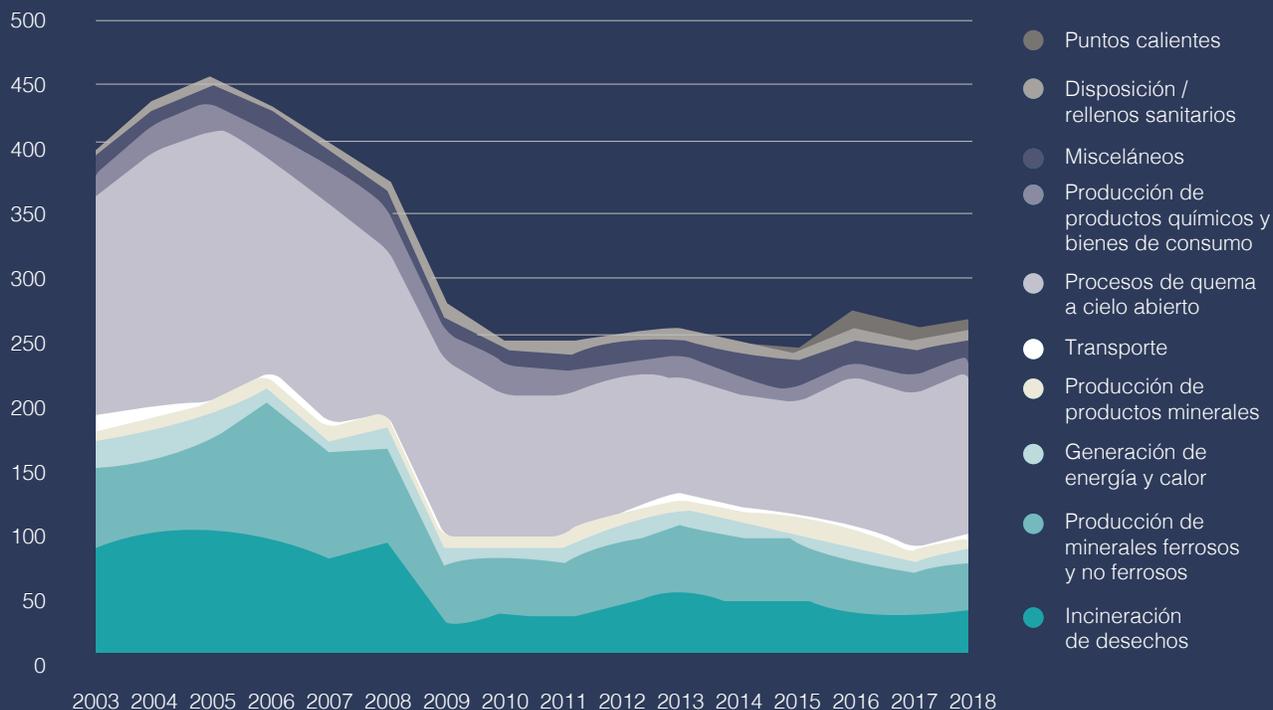


Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

En cuanto a la producción del contaminante por grupo durante el periodo 2003-2018, la figura 1.10 permite ver la evolución de liberación. La principal disminución se debe

al descenso en las quemas a cielo abierto, en especial las agrícolas, y a mejoras en los sistemas de control de hornos de incineración y siderurgias.

Figura 1.10 Producción estimada por grupo de PCDD/PCDF de 2003 a 2018



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

1.6.5 Comparación de la liberación de Colombia con respecto al resto de las partes

Para el 2020, de los 183 países que han ratificado el Convenio de Estocolmo sobre COP, 107 han informado sobre sus inventarios nacionales, ya sea por medio de los Planes de Implementación del Convenio de Estocolmo (NIP) o a través de reportes nacionales, que están en la obligación de realizar e informar cada cuatro años.

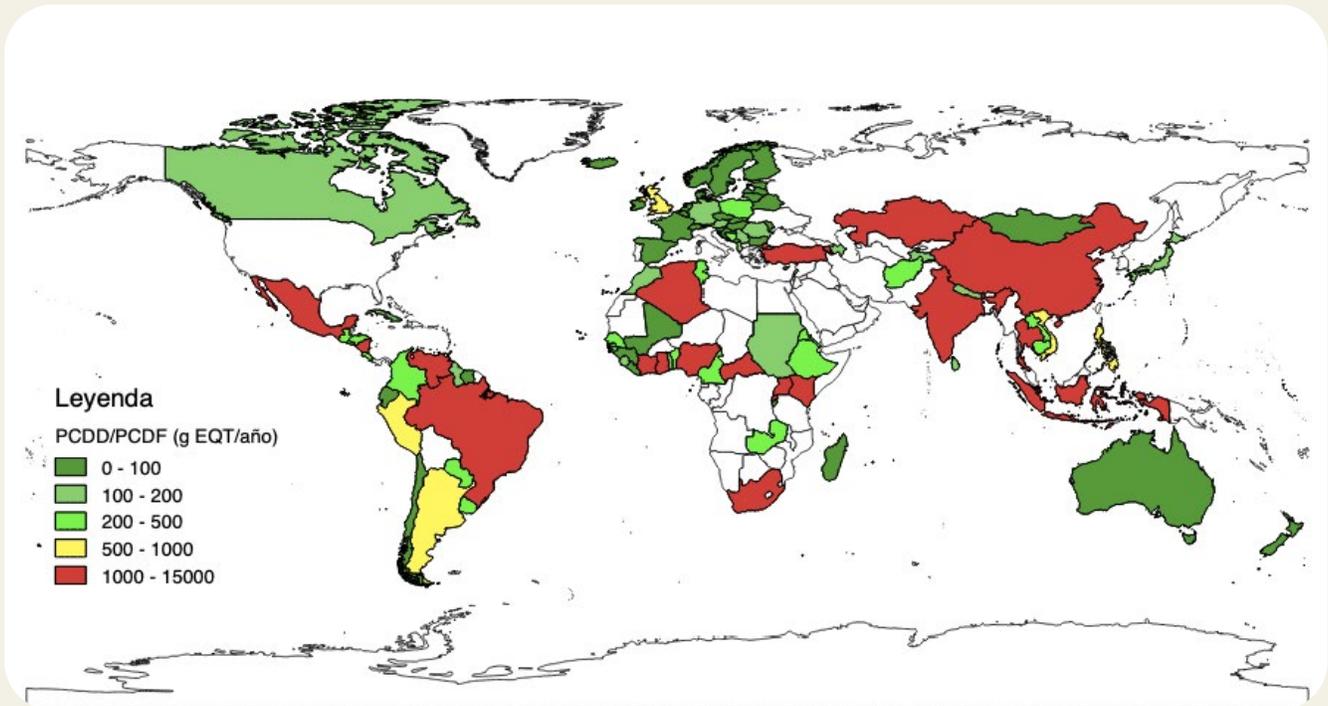
Teniendo esto en cuenta, la figura 1.11 muestra el reporte consolidado de liberación total de PCDD/PCDF de aquellos países que han comunicado los resultados del uso del Toolkit 2013. Así mismo, la figura 1.12 presenta la comparación de liberación de estas sustancias per cápita entre países

En cuanto a la liberación total del país, Colombia emite aproximadamente 276 g EQT/año. Esto corresponde

al 0,3 % de la liberación mundial (87.274 g EQT anuales). Colombia está en el séptimo puesto de liberaciones de PCDD/PCDF entre 17 países de Latinoamérica y el Caribe. Venezuela, México, Nicaragua y Brasil son los principales.

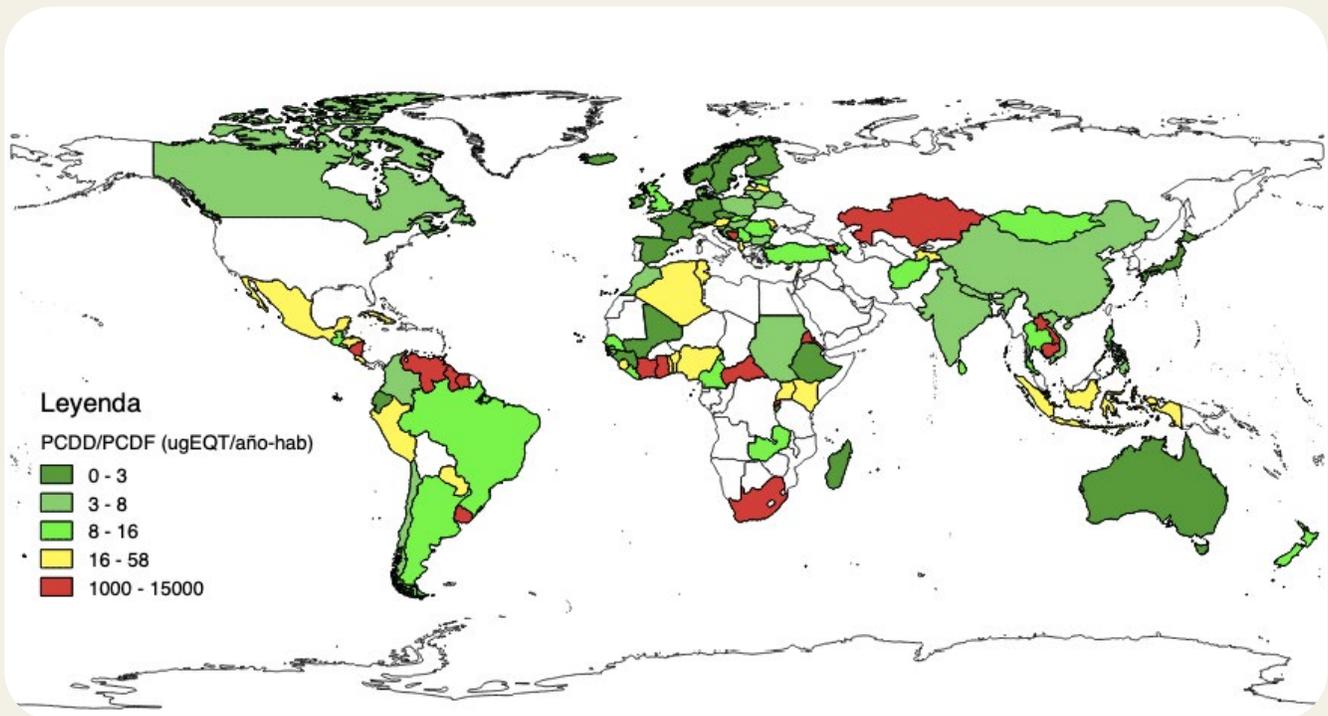
China es el primer generador mundial de PCDD/PCDF, con cantidades superiores a 10.000 g EQT/año. Cinco países representan aproximadamente el 50 % de las liberaciones mundiales de PCDD/PCDF (China, Indonesia, Ruanda, India y México). Se estima que Colombia genera 5,5 µg EQT/ habitante-año. Dentro de la lista de liberaciones mundiales ocupa el puesto 78 (de mayor a menor). Las liberaciones de PCDD/PCDF per cápita de Colombia son similares a las de países asiáticos como Vietnam (5,7) y Hungría (5,1). Se encuentran por debajo de las de países desarrollados como Reino Unido (11,9) y de las de otros países latinoamericanos como México (45,3), Perú (20,4), Argentina (15,3) y Brasil (10,7).

Figura 1.11 Comparación de liberación total de PCDD/PCDF entre países del Convenio de Estocolmo



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Figura 1.12 Comparación de liberación de PCDD/PCDF per cápita entre países del Convenio de Estocolmo



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

1.6.6 Estimación de otros COPNI

PCB

De acuerdo con los datos recopilados, se estima que en 2018 se produjo una liberación total de 14,9 g EQT de PCB no intencional, distribuida por categoría de fuente, como se muestra en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Liberación estimada de PCB no intencional en Colombia en 2018

Nº.	Grupo	Liberación anual (g EQT/a)						Total por categoría	Porcentaje de contribución por categoría
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo			
1	Incineración de desechos	0,336	0	0	0	0,066	0,403	2,70 %	
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	0,809	0,061	0	0	0,033	0,904	6,06 %	
3	Generación de energía y calor	1,812	0	0	0	0	1,812	12,15 %	
4	Producción de productos minerales	0,334	0	0	0,064	0,005	0,404	2,71 %	
5	Transporte	0,048	0	0	0	0	0,048	0,32 %	
6	Procesos a cielo abierto	8,274	0	0.	0	0	8,984	60,2 %	
7	Producción de productos químicos y bienes de consumo	0,010	0,043	0,711	0,362	1,942	2,357	15,8 %	
8	Misceláneos	0,002	0	0	0	0	0,002	0,01 %	
9	Disposición/ relleno sanitario	0	0	0	0	0,001	0,001	0,01 %	
10	Identificación de potenciales puntos calientes	0	0,105	0	0	0	0	0 %	
Total		11,625	0,105	0,711	0,0426	2,048	14,914	100 %	
Liberación al ambiente (%)		77,9 %	0,7 %	4,8 %	2,9 %	13,7 %	100 %		
Emisión per cápita (ug-EQT/año)		0,233	0,002	0,014	0,009	0,041	0,299		

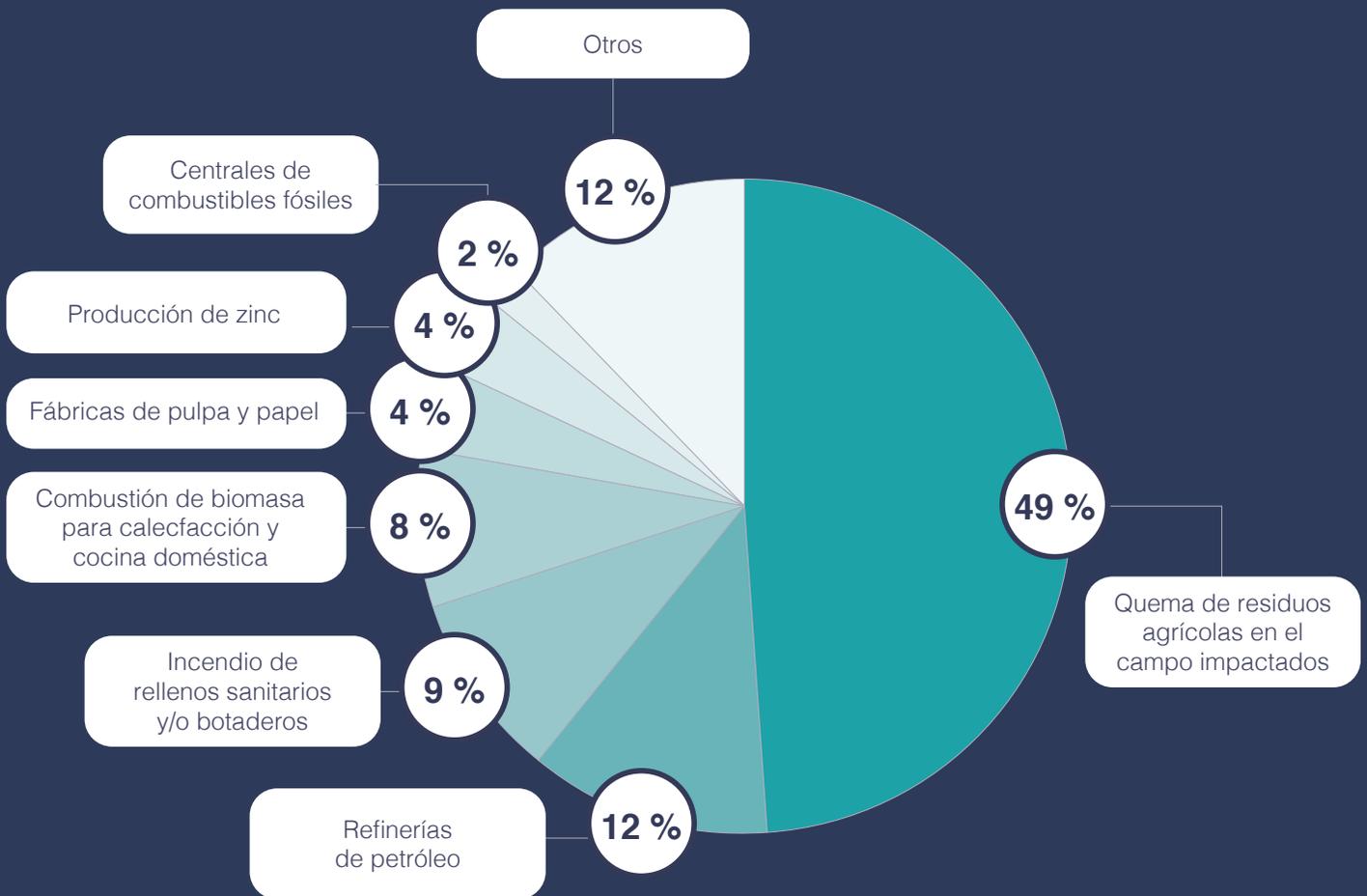
Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

En cuanto a las liberaciones por grupo, los principales son los procesos de quema a cielo abierto, con el 60 %; seguido por la producción de productos químicos y bienes de consumo, con un 16 %; la generación de energía y calor, con un 12 %; y la producción de metales ferrosos y no ferrosos, con

un 6 %, grupos que suman el 94 % de la liberación total.

Al realizar el análisis por clases para los datos del 2018, se obtiene que el proceso de quema de residuos agrícolas impactados es el principal, aportando el 49 % (figura 1.13).

Figura 1.13 Producción estimada de PCB no intencional liberado por clases en 2018



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

HCB

De acuerdo con los datos recopilados, se estima que en 2018 se produjo una liberación

total de 25.701,3 g, distribuida por categoría de fuente y liberación al ambiente, como se muestra en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Liberación estimada de HCB no intencional en Colombia en 2018

Nº.	Grupo	Liberación anual (g ETQ/a)						Total por categoría	Porcentaje de contribución por categoría
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo			
1	Incineración de desechos	137,1	0	0	0	9,6	146,7	0,57 %	
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	1.254,8	0	0	0	0	1.254,8	4,88 %	
3	Generación de energía y calor	748,8	0	0	0	0	748,8	2,91 %	
4	Producción de productos minerales	4.029,5	0	0	803,8	8,0	4.841,3	18,84 %	
5	Transporte	798,5	0	0	0	0	798,5	3,11 %	
6	Procesos a cielo abierto	3.002,5	0	0.	0	0	3.002,6	11,68 %	
7	Producción de productos químicos y bienes de consumo	1,7	14,5	0	0	0	16,2	0,06 %	
8	Misceláneos	9,0	0	0	0	0	9,0	0,04 %	
9	Disposición/ relleno sanitario	0	0	0	0	14.883,4	14.883,4	57,91 %	
10	Identificación de potenciales puntos calientes	0	0	0	0	0	0	0 %	
Total		9.982,0	14,5	0	803,8	14.901,1	25.701,3	100 %	
Liberación al ambiente (%)		38,8 %	0,1 %	0 %	3,1 %	13,7 %	100 %		
Emisión per cápita (ug-EQT/año)		200,3	0,3	-	16,1	299	515,7		

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

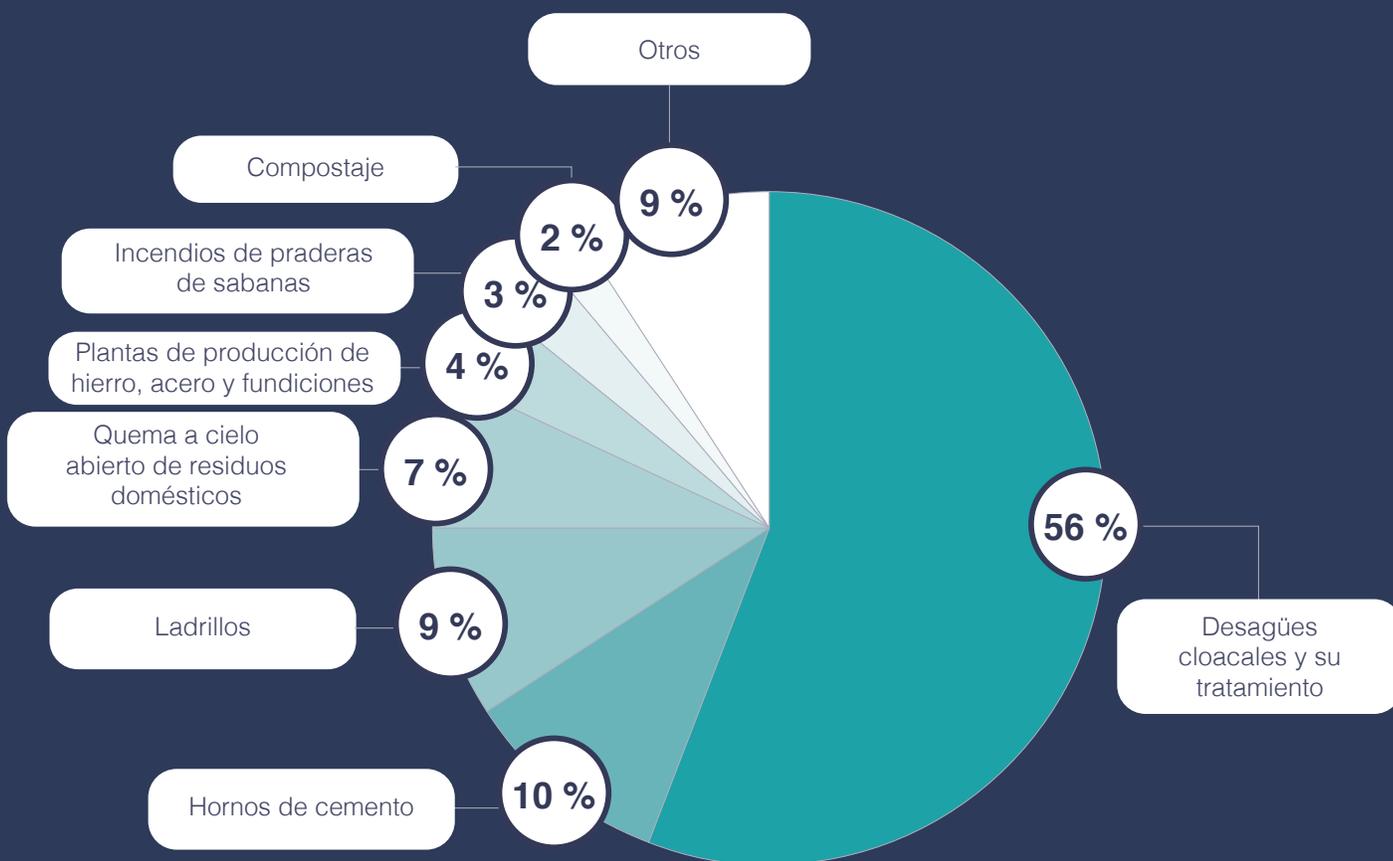
La mayor liberación al ambiente fue al residuo, con el 58 % del total liberado al ambiente, seguido del aire, con el 39 %. Estas dos liberaciones suman el 97 % de la liberación total.

En cuanto a las liberaciones por grupo, la principal es la disposición/rellenos, con el 58 %; seguida por la producción de

productos minerales, con un 19 %; por los procesos de quema a cielo abierto, con el 12 %, grupos que suman el 88 % de la liberación total.

Al realizar el análisis por clases para los datos del 2018 se encuentra que el proceso de disposición de aguas tratadas es el principal, aportando el 55 % (figura 1.14).

Figura 1.14 Producción estimada de HCB no intencional liberado por clases en 2018



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

PeCB

De acuerdo con los datos recopilados, se estima que durante el 2018 se produjo una liberación total de 7.665,7 g, distribuida por categoría de fuente y liberación al ambiente, como se muestra en la tabla 1.7.

La única liberación es al aire y en cuanto a las liberaciones por grupo la principal es la producción de productos minerales, con el 86 %; seguido por la producción de metales ferrosos y no ferrosos, con un 12 %. Entre estos grupos suman el 98 % de la liberación total.

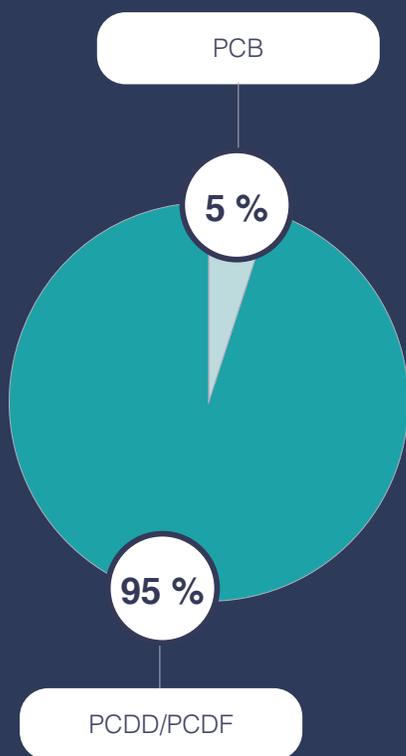
Tabla 1.7 Liberación estimada de PeCB no intencional en Colombia en 2018

Nº.	Grupo	Liberación anual (g ETQ/a)						
		Aire	Agua	Suelo	Producto	Residuo	Total por categoría	Porcentaje de contribución por categoría
1	Incineración de desechos	107,3	0	0	0	0	107,3	1,40 %
2	Producción de metales ferrosos y no ferrosos	895,9	0	0	0	0	895,9	11,69 %
3	Generación de energía y calor	57,7	0	0	0	0	57,7	0,75 %
4	Producción de productos minerales	6.604,8	0	0	0	0	6.604,8	86,16 %
5	Transporte	0	0	0	0	0	0	0 %
6	Procesos a cielo abierto	0	0	0	0	0	0	0 %
7	Producción de productos químicos y bienes de consumo	0	0	0	0	0	0	0 %
8	Misceláneos	0	0	0	0	0	0	0 %
9	Disposición/ relleno sanitario	0	0	0	0	0	0	0 %
10	Identificación de potenciales puntos calientes	0	0	0	0	0	0	0 %
Total		7.665,7	0	0	0	0	7.665,7	100 %
Liberación al ambiente (%)		100 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	
Emisión per cápita (ug-EQT/año)		153,823	-	-	-	-	153,823	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).

Finalmente, como las estimaciones de PCDD/PCDF, PCB, HCB y PeCB no poseen las mismas unidades, no es posible comparar las liberaciones en gramos con aquellas en gramos de equivalente tóxico. Por este motivo, se estima que en el 2018 el país emitió 290,9 g EQT/año

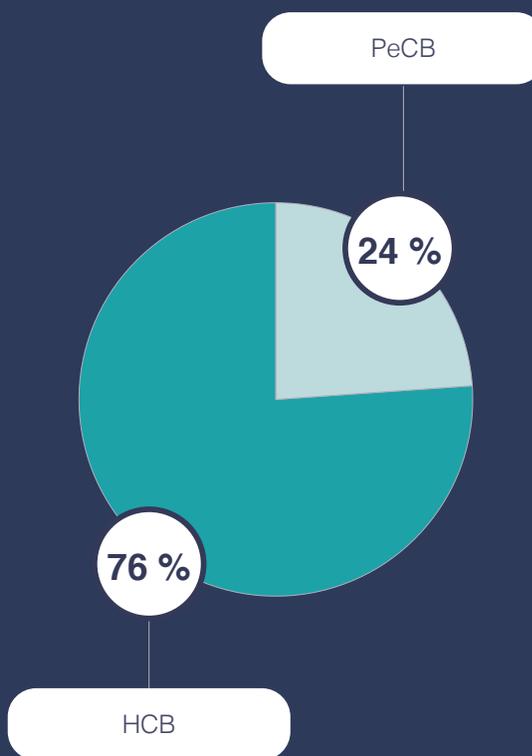
Figura 1.15 Distribución porcentual de liberación de g EQT de COP no intencionales



de PCDD/PCDF y PCB no intencional, cuya distribución se representa en la figura 1.15.

Por otro lado, se estima que en el 2018 el país emitió 33.367 g de HCB y PeCB, cuya distribución se representa en la figura 1.16.

Figura 1.16 Distribución porcentual de liberación de gramos de COP no intencionales



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021).



1.6.7 Actividad 2: Ejercicio de inventario

Se estima que en Colombia se incineran cerca de 11.000 toneladas de residuos peligrosos cada año utilizando tecnologías de combustión controlada con buenos sistemas de control de emisiones. Los factores de emisión por tonelada incinerada son de 10 µg EQT/t al aire y 450 µg EQT/t al residuo (ver Toolkit, categoría 1b).

¿Cuántos g EQT/año se generan?

— — — — —

1.7 Normatividad nacional en temas de COPNI

Competencias a desarrollar:

Identificar las implicaciones de la normatividad legal ambiental colombiana en cuanto a los estándares de emisión admisibles de dioxinas y furanos.



La Resolución 909 de 2008, “por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones” del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, describe los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas, adopta los procedimientos de medición de emisiones para estas fuentes y reglamenta los convenios de reconversión a tecnologías limpias.

El capítulo 2 de esta resolución, en su artículo 4, expone los estándares de emisión admisibles para actividades industriales, que para el caso de los PCDD/PCDF es de **0,5 (ng-EQT/m³)**.

Así mismo, en el artículo 6 se establecen las actividades industriales y los contaminantes que cada una de estas deben monitorear, las que incluyen dioxinas y furanos se describen a continuación:

Actividad industrial	Procesos e instalaciones	Contaminante
Fundición de acero	Cuando en el proceso de fundición de chatarra, esta no es sometida a un proceso de limpieza (eliminación de pintura y grasa en seco, previo a su precalentamiento).	MP, SO ₂ , NOx y PCDD/PCDF
Fundición de cobre	Cualquier proceso o instalación de producción de cobre secundario, en el que se utilicen materias primas oxidadas o metálicas.	MP, SO ₂ , Cu y PCDD/PCDF
Fundición de zinc	Hornos en los que se realice fundición de chatarra y que no tengan sistema de control de material particulado (MP).	MP, SO ₂ y PCDD/PCDF
Producción de coque	Procesos en los que no se cuente con un sistema de lavado de gases.	MP, SO ₂ , HCT y PCDD/PCDF
Hornos de tostado de cascarilla de grano o material vegetal	Cualquier planta o instalación que tueste cascarilla de grano o material vegetal como parte de un proceso industrial y no como combustible para la generación de calor.	MP, NOx, HCT y PCDD/PCDF
Otras actividades industriales	El proceso e instalaciones que generen emisiones contaminantes a la atmósfera.	MP, SO ₂ , NOx, HF, HCl, HCT, PCDD/PCDF, neblina ácida o trióxido de azufre, COV, Pb, Cd, Cu, CO, Hg, Amoníaco (NH ₃), Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S), mercaptanos y Carbono Orgánico Total (COT)

En el capítulo 12, el artículo 51 presenta los estándares de emisión admisibles de dioxinas y furanos para instalaciones de incineración y hornos cementeros existentes que realicen

coprocesamiento de residuos o desechos peligrosos a condiciones de referencia, con oxígeno de referencia del 11 %.

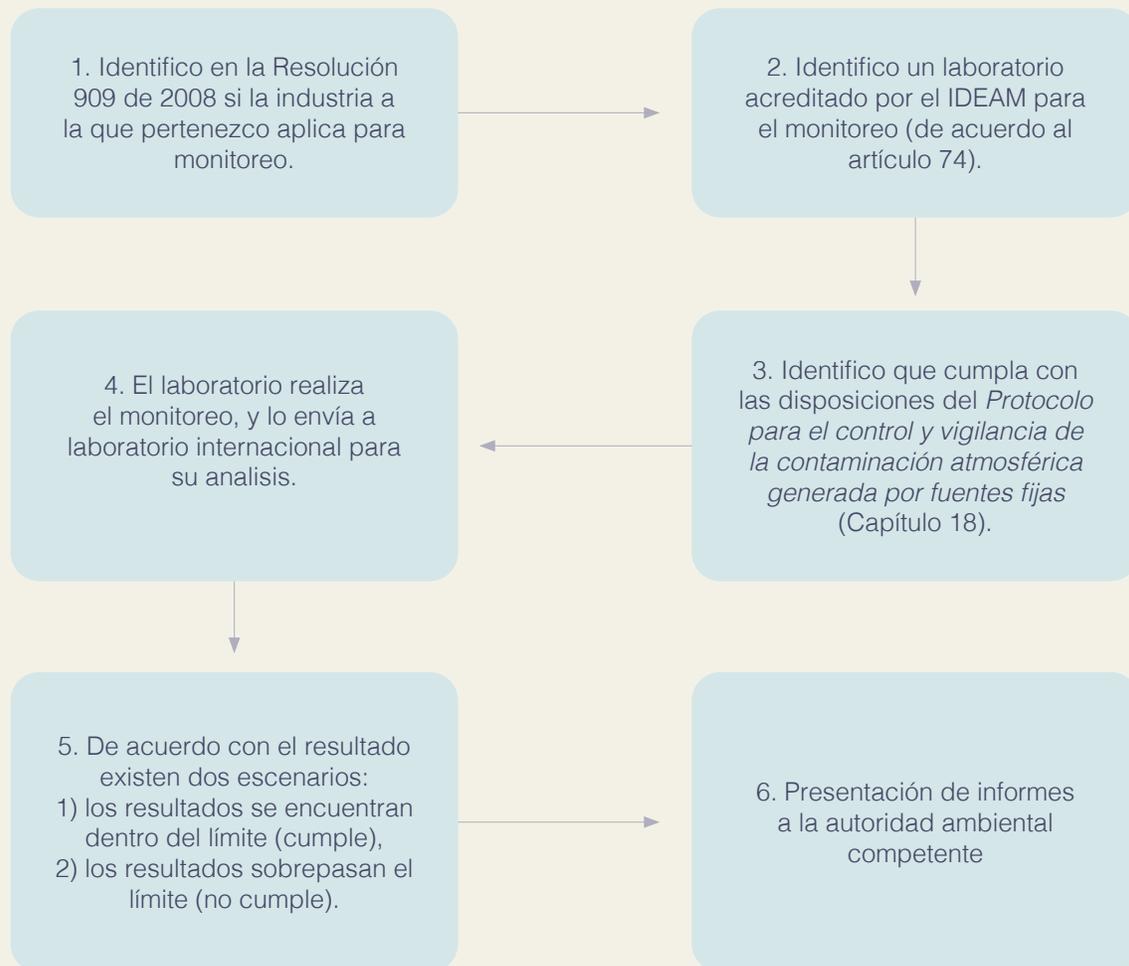
Instalaciones de tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos	Fecha de transición	(ng-EQT/m ³)
Instalaciones de incineración con capacidad igual o mayor a 500 kg/hora	Hasta el 31 de julio del 2009	0,5
	Desde el 1 de agosto del 2009 hasta el 31 de julio del 2012	0,3
	Del 1 de agosto del 2012 en adelante	0,1
Instalaciones de incineración con capacidad menor a 500 kg/hora	Hasta el 31 de julio del 2009	1,0
	Desde el 1 de agosto del 2009 hasta el 31 de julio del 2012	0,5
	Del 1 de agosto del 2012 en adelante	0,1
Hornos de incineración de hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o menor a 600 kg/mes	Hasta el 31 de julio del 2009	20
	Desde el 1 de agosto del 2009 hasta el 31 de julio del 2012	10
	Del 1 de agosto del 2012 en adelante	2
Hornos cementeros que realicen coprocesamiento	A partir de la entrada en vigencia de la presente resolución.	0,1

En el artículo 52 de este capítulo se encuentran, además, los estándares de emisión admisibles de dioxinas y furanos para instalaciones de incineración y hornos cementeros nuevos

que realicen coprocesamiento de residuos o desechos peligrosos a condiciones de referencia, con oxígeno de referencia a (25 °C, 760 mm Hg), con oxígeno de referencia del 11 %.

Sistemas de tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos	(ng-EQT/m ³)
Instalaciones de incineración con capacidad igual o superior a 500 kg/hora	0,1
Instalaciones de incineración con capacidad inferior a 500 kg/hora	0,1
Hornos de incineración de hospitales y municipios categoría 5 y 6 con capacidad igual o superior a 600 kg/mes	1,0
Hornos cementeros que realicen coprocesamiento	0,1

1.7.1 ¿Cuáles son los pasos que deben seguir las industrias de acuerdo con la norma?



1.7.2 ¿Ante qué entidad debo presentar los resultados de los monitoreos?

El artículo 99 de la Resolución 909 de 2008 señala lo siguiente: **“Competencia.** Las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible y las Autoridades Ambientales a que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, y el artículo 13 de la Ley 768 de 2002, ejercerán las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de acuerdo a lo dispuesto en la presente Resolución”.

1.7.3 En el caso de no cumplir con lo exigido ¿cuál es la sanción?

De acuerdo con el artículo 100 de la Resolución 909 de 2008, se aclara que: **“Sanciones.** En caso de violación a las disposiciones contempladas en la presente Resolución, las autoridades ambientales competentes, impondrán las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar, de conformidad con el Artículo 85 de la Ley 99 de 1993 o las que la modifiquen o sustituyan.”

1.8 Normatividad internacional en temas de COPNI

El Reglamento de la Unión Europea 771 del 3 de mayo de 2017 modifica el Reglamento (CE) n.º 152/2009, en lo que respecta a la determinación de los contenidos de dioxinas y de bifenilos policlorados.

En el anexo se describe la determinación de los contenidos de dioxinas (PCDD/PCDF) y PCB en tres capítulos: **1)** Métodos de muestreo e interpretación de los resultados analíticos, **2)** Preparación de las muestras y requisitos aplicables a los métodos de análisis utilizados en el control oficial de los contenidos de dioxinas (PCDD/PCDF) y PCB similares a las dioxinas en los piensos, y **3)** Preparación de las muestras y requisitos aplicables a los métodos de análisis utilizados en el control oficial de los contenidos de PCB no similares a las dioxinas en los piensos.

A continuación, se profundizará en lo que las industrias deben tener en cuenta para la preparación de las muestras por parte del laboratorio:

- Requisitos de aseguramiento de la calidad

1 Deberán tomarse las medidas pertinentes para evitar la contaminación cruzada en cada fase del procedimiento de toma de muestras y de análisis.

2 Las muestras deberán almacenarse y transportarse en recipientes adecuados de vidrio, aluminio, polipropileno o polietileno, que no influyan en los contenidos de PCDD, PCDF y PCB similares a las dioxinas de las muestras. Deberán eliminarse los restos de polvo de papel del recipiente que contiene la muestra.

Competencias a desarrollar:

Identificar las implicaciones de las regulaciones internacionales sobre el control de los COPNI en Colombia.



3

Deberá efectuarse un análisis en blanco realizando todo el procedimiento analítico, únicamente sin la muestra.

4

Para los métodos bioanalíticos, deberá comprobarse que todo el material de vidrio y los disolventes utilizados en el análisis están libres de compuestos que interfieran con la detección de los compuestos objeto de estudio en el intervalo de trabajo. El material de vidrio deberá enjuagarse con disolventes o calentarse a temperaturas adecuadas para eliminar de su superficie los restos de PCDD, PCDF, compuestos similares a dioxinas y demás compuestos que puedan interferir.

5

La cantidad de la muestra utilizada para la extracción deberá ser la suficiente para que se cumplan los requisitos relativos a un intervalo de trabajo lo suficientemente bajo, incluidas las concentraciones máximas o los umbrales de intervención.

6

Los procedimientos concretos de preparación de muestras que se empleen para los productos en cuestión deberán cumplir directrices aceptadas a nivel internacional.

- Requisitos que deben cumplir los laboratorios (relevantes para el monitoreo ambiental contratado por las empresas)

1

De conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (CE) n.º 882/2004, los laboratorios deberán estar acreditados por un organismo reconocido que opere de conformidad con la Guía ISO 58, de modo que esté garantizado que aplican un aseguramiento de la calidad analítica (aplica solo si el laboratorio para la determinación es europeo). Dicha acreditación deberá efectuarse conforme a la norma EN ISO/IEC 17025. Deberán aplicarse, cuando proceda, los principios que se describen en las *Technical Guidelines for the estimation of measurement uncertainty and limits of quantification for PCDD/F and PCB analysis*.

2

La aptitud del laboratorio se demostrará mediante su participación continua y exitosa en estudios interlaboratorios para la determinación de PCDD, PCDF y PCB similares a las dioxinas en las matrices de piensos y los intervalos de concentración pertinentes.

3

Los laboratorios que apliquen métodos de cribado para los controles sistemáticos de muestras colaborarán estrechamente con los que aplican el método de confirmación, tanto para el control de calidad como para la confirmación del resultado analítico de muestras sospechosas.

El Reglamento de la Unión Europea 644 del 5 de abril de 2017 establece los métodos de muestreo y de análisis para el control de los niveles de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en determinados productos alimenticios.

En el anexo 1 se encuentran algunas definiciones útiles para la revisión de informes de resultados de laboratorio:

- **Umbral de intervención:** el nivel de una sustancia determinada o límite de intervención, que da inicio a investigaciones para identificar la fuente de dicha sustancia en los casos en que se detecten niveles más elevados de la misma.

- **Métodos de confirmación:** métodos que proporcionan una información completa o complementaria que permite la identificación y cuantificación inequívoca de PCDD/PCDF y PCB similares a las dioxinas. Estos métodos utilizan la cromatografía de gases/espectrometría de masas de alta resolución (CG-EMAR) o la cromatografía de gases/espectrometría de masas en tándem (GCMS, por sus siglas en inglés).
- **Análisis por duplicado:** un análisis por separado de los analitos considerados, utilizando una segunda parte alícuota de la misma muestra homogeneizada.
- **Límite de cuantificación específico aceptado² de un congénere individual en una muestra:** el contenido más bajo de un analito que puede medirse con una certeza estadística razonable y que cumple requisitos de identificación como los descritos en normas reconocidas internacionalmente.
- El límite de cuantificación de cada congénere puede identificarse, a modo general, como el valor de concentración más pequeño en que la medida es exacta con un margen de error aceptable.
- **Límite superior:** el concepto que exige la utilización del límite de cuantificación para la contribución de cada congénere no cuantificado.
- **Límite inferior:** el concepto que exige la utilización de cero para la contribución de cada congénere no cuantificado.
- **Límite intermedio:** el concepto que exige la utilización de la mitad del límite de cuantificación para calcular la contribución de cada congénere no cuantificado.

2. Deberán aplicarse, cuando proceda, los principios que se describen en el *Guidance Document on the Estimation of LOD and LOQ for Measurements in the Field of Contaminants in Feed and Food*.

- **Lote:** cantidad identificable de alimento entregada en una misma vez y que presenta, a juicio del agente responsable, características comunes, como el origen, la variedad, el tipo de embalaje, el envasador, el expedidor o el etiquetado. En el caso del pescado y de los productos pesqueros, también deberá ser comparable su tamaño. En caso de que el tamaño o el peso del pescado, o ambas cosas, no sean comparables dentro de una misma partida, esta podrá seguir considerándose un lote, pero habrá de aplicarse un procedimiento de muestreo específico.

- **Sublote:** parte de un lote más grande designada para aplicar sobre ella el método de muestreo. Cada sublote debe estar separado físicamente y ser identificable.
- **Muestra elemental:** cantidad de material tomada en un único punto del lote o sublote.
- **Muestra global:** agregación de todas las muestras elementales tomadas del lote o sublote.
- **Muestra de laboratorio:** una parte o cantidad representativa de la muestra global destinada al laboratorio.



1.9 Evaluación del capítulo

1

¿Cómo se ratificó en Colombia la obligación de cumplir lo pactado en el Convenio de Estocolmo sobre COP?

a. Decreto 1190 de 1999.

b. Resolución 909 de 2008.

c. Ley 99 de 1993.

d. Ley 1196 de 2008.

2

Seleccione cuál de los siguientes NO es un logro de Colombia relacionado con la implementación del Convenio de Estocolmo:

a. Inventario de dioxinas y furanos.

b. Plan Nacional de Implementación.

c. Aumento de producción en sectores industriales.

d. Evaluación económica de impactos.

3

Por “toxicidad” el Convenio de Estocolmo sobre COP entiende:

a. Resistencia a degradación fotolítica, biológica y química.

b. Acumulación de contaminantes en tejidos grasos.

c. Causa de efectos adversos por su exposición aguda o crónica.

d. Semivolatilidad y presencia en lugares remotos.

4

Los tres grandes grupos en que se pueden agrupar los COP son:

a. Plaguicidas, industriales y no intencionales.

b. Orgánicos, inorgánicos y elementales.

c. Tóxicos, persistentes y bioacumulables.

d. Intencionales, no intencionales y difusos.

5

¿Cuál de las siguientes sustancias es considerada un COPNI?

a. Endosulfan

b. Lindano

c. PFOS

d. PCDD/PCDF

6

Los COPNI se generan usualmente en los siguientes procesos:

a. Fitosanitarios y biocidas.

b. Combustiones y síntesis químicas.

c. Amalgamaciones y cultivos agrícolas.

d. Bioacumulaciones y biomagnificaciones.

7

Los siguientes factores favorecen la formación de dioxinas y furanos:

a. Presencia de residuos y pigmentos en desinfección por autoclave.

b. Presencia de sustancias aromáticas, catalizadores y material particulado en procesos térmicos.

c. Semillas transgénicas y fertilizantes orgánicos en actividades agrícolas.

d. Compactación y humedad en rellenos sanitarios.

8

La formación de dioxinas y furanos en procesos de combustión se debe a:

a. Presencia de cloro y combustión deficiente (temperaturas entre 200 °C y 650 °C).

b. Presencia de materia orgánica y combustión deficiente (temperaturas entre 200 °C y 650 °C).

c. Presencia de materia orgánica y uso de sistemas de control de emisiones.

d. Presencia de cloro y uso de sistemas de control de emisiones.

9**Son efectos de las dioxinas y furanos sobre la salud humana:****a.** Malformaciones al feto y déficits cognitivos.**b.** Cálculos renales y disfunción eréctil.**c.** Infarto y fallo sistémico.**d.** Acné clórico y cáncer.**10****Es un efecto de las dioxinas y furanos sobre el ambiente:****a.** Distribución local en lagos y estuarios.**b.** Aumento drástico del efecto invernadero.**c.** Distribución mundial a concentraciones de fondo.**d.** Favorecimiento de la eutrofización.**11**

Se quiere estimar la generación de PCDD/PCDF en una empresa que genera 17.830 toneladas de residuos médicos cada año. La planta tiene un proceso de combustión controlado por lotes y un sistema de control de emisiones compuesto por precipitadores electrostáticos (PES) y filtros de mangas, clasificado en la clase 3 de la categoría 1c de acuerdo con el Toolkit 2013. Los factores de emisión para PCDD/PCDF son de 525 µg EQT/tonelada incinerada al aire, y 920 µg EQT/tonelada incinerada al residuo.

¿Cuántos g EQT libera anualmente al aire esta empresa?**a.** 0,936 g EQT**b.** 9,360 g EQT**c.** 0,09360 g EQT**d.** 93,60 g EQT**12**

Se quiere estimar la generación de PCDD/PCDF en una empresa que genera 17.830 toneladas de residuos médicos cada año. La planta tiene un proceso de combustión controlado por lotes y un sistema de control de emisiones compuesto por precipitadores electrostáticos (PES) y filtros de mangas, clasificado en la clase 3 de la categoría 1c de acuerdo con el Toolkit 2013. Los factores de emisión para PCDD/PCDF son de 525 µg EQT/tonelada incinerada al aire, y 920 µg EQT/tonelada incinerada al residuo.

¿Cuántos g EQT libera anualmente al residuo esta empresa?**a.** 0,164 g EQT.**b.** 0,0164 g EQT.**c.** 1,6403 g EQT.**d.** 16,40 g EQT.

13

¿Cuál es la normatividad nacional dónde se incluyen los límites admisibles de emisiones de PCDD/PCDF en Colombia?

a. Decreto 1190 de 1999.

b. Resolución 909 de 2008.

c. Ley 99 de 1993.

d. Ley 1196 de 2008.

14

El estado del país relativo a dioxinas y furanos en el 2018 es el siguiente:

a. Colombia libera 276 g EQT/año de los cuales el 42 % corresponde al grupo 6, quemas a cielo abierto.

b. Colombia libera el 59 % de las dioxinas y furanos presentes en el aire, y el 26 % de las presentes en residuos.

c. Colombia es responsable de liberar 82.274 g EQT anuales, siendo el puesto 7 de liberaciones en la región.

d. Colombia libera 5,5 µg EQT cada año, siendo sus habitantes la mayor fuente de generación.

15

Debido a que los ensayos de laboratorio se realizan en entidades internacionales, es importante que:

a. El laboratorio pueda comunicarse en español con el cliente.

b. Se cumplan los criterios de calidad de las normas internacionales aplicables.

c. El laboratorio compare los resultados obtenidos con la normatividad colombiana vigente.

d. Se realicen las mediciones en momentos donde la tasa de cambio es favorable.

16

Para asegurar que la información reportada cubre a cabalidad cualquier escenario, se considera que la cuantificación de congéneres debe hacerse usando:

a. Métodos de cribado con buena relación coste-eficacia.

b. Métodos de confirmación como cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masa.

c. El límite superior reportando como mínimo el límite de cuantificación del método.

d. Sublotes separados físicamente e identificables.

1.10 Bibliografía

- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [ATSDR]. (2016, 6 de mayo). *Resúmenes de Salud Pública - Bifenilos policlorados (BPCs) [Polychlorinated Biphenyls (PCBs)]* [página web]. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs17.html
- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. (s. f.). *Policloro dibenzodioxinas (PCDDs) y Policloro dibenzofuranos (PCDFs)* [página web]. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/policloro-dibenzodioxinas-pcdds-y-policloro-dibenzofuranos-pcdfs-/20151
- Grimalt, J. (2002). Los compuestos orgánicos persistentes en la biosfera: el enemigo global e invisible. *Mètode*, 34. <https://metode.es/revistas-metode/monograficos/los-compuestos-organicos-persistentes-en-la-biosfera-el-enemigo-global-e-invisible.html>
- Ley 1196 de 2008. (5 de junio). Por medio de la cual se aprueba el “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes,” hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, la “Corrección al artículo 1o del texto original en español”, del 21 de febrero de 2003, y el “Anexo G al Convenio de Estocolmo”, del 6 de mayo de 2005. *Diario Oficial* n.º 47.011.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente de España. (2012). *Introducción al conocimiento y prevención de los Contaminantes Orgánicos Persistentes*. Magrama. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/productos-quimicos/COPs_tcm30-185064.pdf
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). *Inventario Nacional de Fuentes y Liberaciones de Dioxinas y Furanos en Colombia. Línea Base 2002*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Inventario_dioxinas_furanos_Base2002.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes*. MADS. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Plan-Nacional-de-Implementacion-del-Convenio-de-Estocolmo-Sobre-Cop.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Inventario Nacional de fuentes y estimación de liberaciones de COP no intencionales en Colombia. Actualizado con datos 2018*. MADS. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/Inventario_Nal_fuentes_estim_liberaciones_COP_no_intencionales.pdf
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. (s. f.). *Compuestos Orgánicos Persistentes No Intencionales* [página web]. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/convenio-de-estocolmo/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Resolución 909 de 2008*. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527650/Resolucion+909+de+2008.pdf/a3bcdf0d-f1ee-4871-91b9-18eac559dbd9>
- Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). *¿Qué son los PCB?* <https://quimicos.minambiente.gov.co/cop-pcb/>
- Oregon State University. (s. f.). *What Is Dioxin?* [página web]. https://unsolvedmysteries.oregonstate.edu/flow_02
- Organización Mundial de la Salud. (2016, 4 de octubre). *Las dioxinas y sus efectos en la salud humana* [página web]. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>

- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2013). *Kit de herramientas para la identificación y cuantificación de vertidos de dioxinas, furanos y otros COP no intencionales bajo el artículo 5 del Convenio de Estocolmo*. Stockholm Convention.
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR-España). (s. f. a). *Hexaclorobenceno (HCB)* [página web]. <http://www.prtr-es.es/Hexaclorobenceno-HCB,15629,11,2007.html>
- Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR-España). (s. f. b). *Hexaclorobutadieno (HCBd)* [página web]. <https://prtr-es.es/Hexaclorobutadieno-HCBd,15630,11,2007.html>
- Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. (2009a). Anexo A. En *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)* (pp. 29-34). PNUMA.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. (2009b). Anexo C. En *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)* (pp. 41-45). PNUMA.
- Stockholm Convention. (s. f. a). *All POPs listed in the Stockholm Convention* [página web]. <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/ListingofPOPs/tabid/2509/Default.aspx>
- Stockholm Convention. (s. f. b). *Unintentional Persistent Organic Pollutants* [página web]. <http://chm.pops.int/Implementation/UnintentionalPOPs/UnintentionalPOPsOverview/tabid/370/Default.aspx>
- Stockholm Convention. (s. f. c). *Status of ratification* [página web]. <http://chm.pops.int/Countries/StatusofRatifications/PartiesandSignatoires/tabid/4500/Default.aspx>
- Unión Europea. (2017). Reglamento (UE) 2017/644 de la Comisión. Por el que se establecen métodos de muestreo y de análisis para el control de los niveles de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en determinados productos alimenticios y por el que se deroga el Reglamento (UE) n.o 589/2014. *Diario Oficial* L 92. <https://www.boe.es/doue/2017/092/L00009-00034.pdf>
- Unión Europea. (2017). Reglamento (UE) 2017/771 de la Comisión. Por el que se modifica el Reglamento (CE) n.o 152/2009 en lo que respecta a la determinación de los contenidos de dioxinas y de bifenilos policlorados. *Diario Oficial* L 115. <https://www.boe.es/doue/2017/115/L00022-00042.pdf>

CAPÍTULO

Medición de COPNI, aseguramiento de la calidad de los resultados e interpretación de reportes



Competencias a desarrollar:

Conocer los diferentes procedimientos para la medición de los COPNI y el aseguramiento de la calidad en los resultados e interpretación de reportes.

2.1 Condiciones para una medición correcta de dioxinas y furanos

Competencias a desarrollar:

Comprender los procedimientos y equipos utilizados para el muestreo y análisis de PCDD/PCDF y PCB similares a las dioxinas.

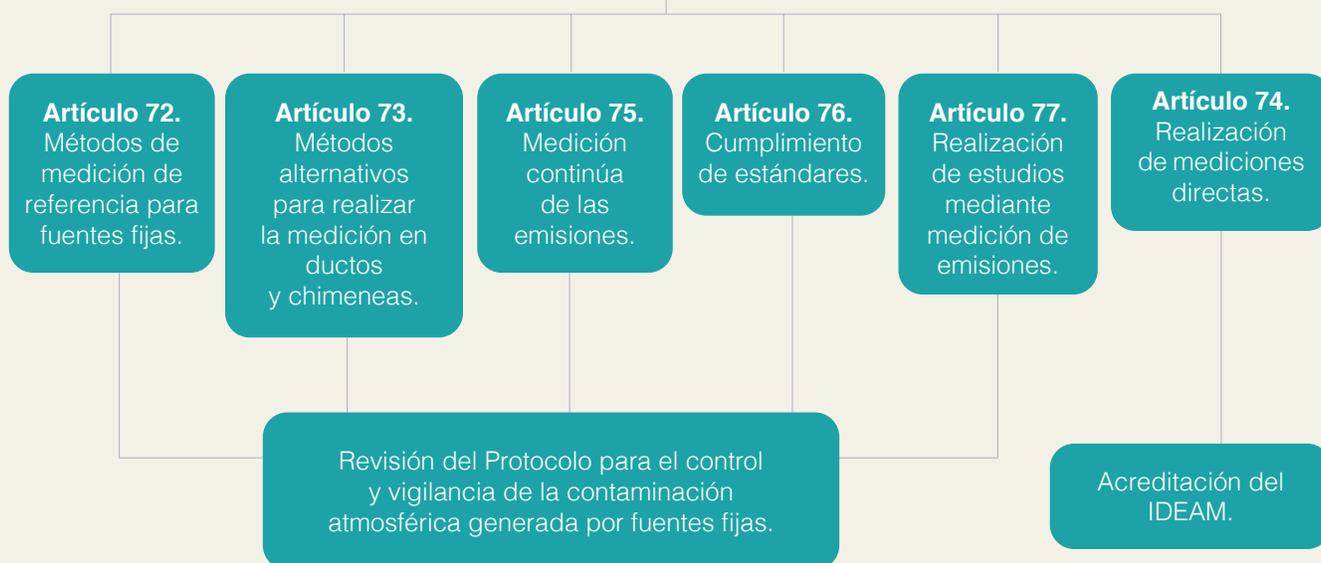


2.1.1 Información importante para la medición de emisiones para fuentes fijas

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008, en sus capítulos 17, “Determinación del punto de descarga de la emisión por fuentes fijas”, y 18, “Medición de emisiones para fuentes fijas”, la información se presenta de la siguiente forma:



CAPÍTULO 18



Muchos de los ítems se encuentran relacionados con el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas (2010), publicado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), el cual se profundizará a continuación.

2.1.2 Determinación de la altura de descarga. Aplicación de buenas prácticas de ingeniería

Para la aplicación de buenas prácticas de ingeniería se debe considerar si la instalación es nueva o existente, según lo establecido en la Resolución 909 de 2008 o la que la adicione, modifique o sustituya, con el fin de determinar la ecuación que se debe aplicar. En todo caso, una instalación existente podrá utilizar la metodología definida para instalaciones nuevas, con el fin de determinar la altura de la chimenea.

Buenas prácticas de ingeniería para instalaciones existentes

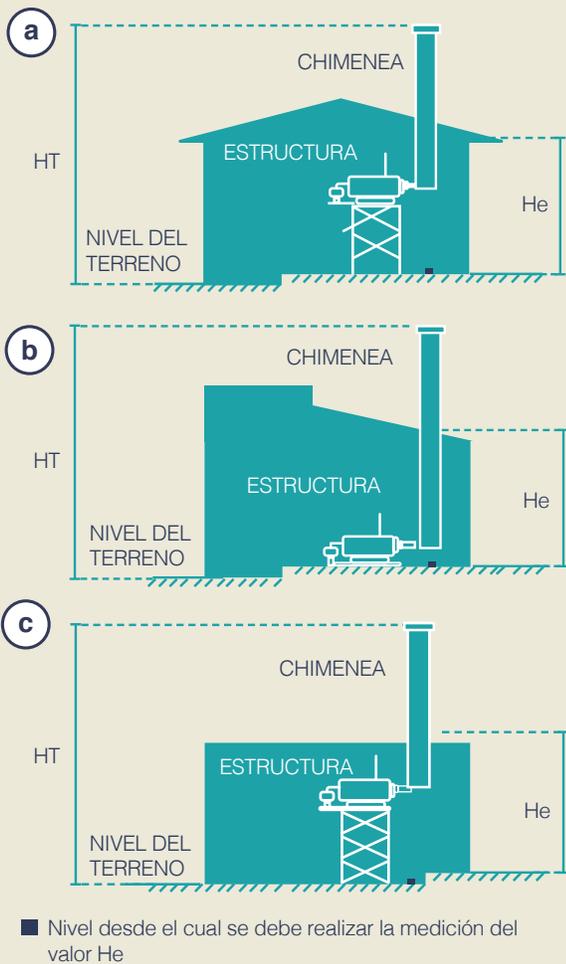
Para el caso de procesos o instalaciones existentes, la altura resultante de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$HT=2,5 He$$

Donde,

- **HT:** altura de la chimenea medida desde el nivel del terreno en la base de la chimenea hasta el borde superior de esta (figura 2.1).
- **He:** altura de la estructura en el punto en el cual se encuentra ubicado el ducto o chimenea (figura 2.1).

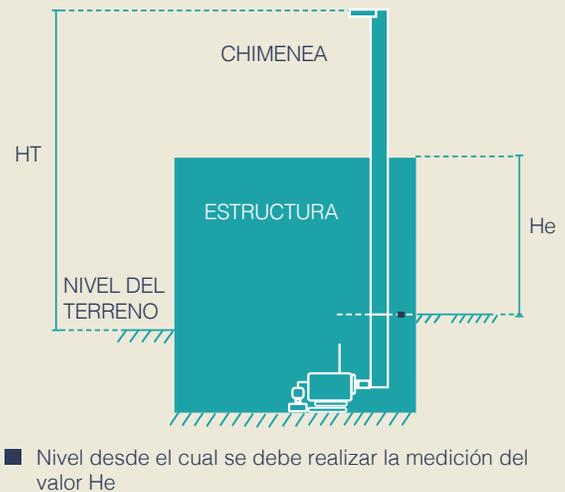
Figura 2.1 Variables de la ecuación de la altura de la chimenea



Fuente: MAVDT (2010).

Como se puede observar en las figuras 2.1(a) y 2.1(b), el valor de He se mide desde el nivel del terreno, independientemente de la ubicación, elevación o profundidad del equipo o instalación que genera la emisión dentro de la estructura, hasta el punto exterior de esta en la que se encuentra ubicado el ducto o chimenea. Adicionalmente, en los casos en los que existan diferentes elevaciones del terreno dentro de la estructura, el valor de He se debe medir desde el nivel del terreno exactamente debajo de donde se encuentra ubicado el ducto. En los casos en los que existan dos o más elevaciones del terreno en este punto, debajo del ducto, se debe medir desde el punto de menor elevación, tal y como se muestra en la figura 2.1(c). Para los casos en los que el equipo o instalación que genera las emisiones atmosféricas se encuentre por debajo del nivel del terreno, el valor de He corresponderá a la altura medida desde el nivel del terreno (tal y como se muestra en la figura 2.2).

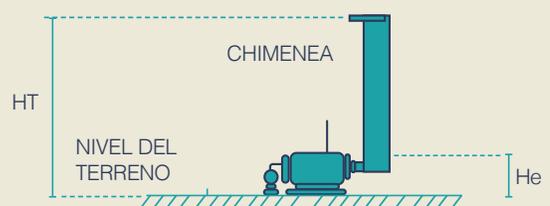
Figura 2.2 Determinación del valor de He cuando el equipo o instalación que genera la emisión está por debajo del nivel del terreno.



Fuente: MAVDT (2010).

En los casos en los que el equipo que genera la emisión de los contaminantes no se encuentra ubicado dentro de una estructura, es decir, que se encuentra al aire libre y no existe ninguna instalación, el valor He corresponderá a la altura del equipo que genera dicha emisión. (figura 2.3).

Figura 2.3 Determinación del valor de He para equipos que no están ubicados dentro de una instalación



Fuente: MAVDT (2010).

En aquellos casos en los que la chimenea esté por fuera de la instalación en la cual se encuentra ubicada la fuente de emisión, el valor de He se deberá tomar desde el nivel del suelo, en el lugar donde se encuentra la chimenea, hasta la altura de la estructura que contiene la fuente de emisión, en el punto más cercano a la chimenea. Cuando se cuente con sistema de control de emisiones y este sea más alto que la estructura donde se encuentra ubicada la fuente de emisión, se deberá utilizar la altura del sistema de control de emisiones para calcular el valor de He.

Buenas prácticas de ingeniería para instalaciones nuevas

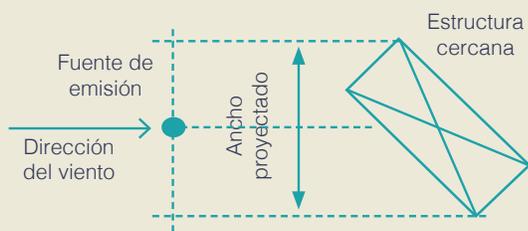
En procesos o instalaciones nuevas, la determinación de la altura mediante la aplicación de buenas prácticas de ingeniería involucra variables adicionales como: la presencia de estructuras cercanas, las dimensiones de dichas estructuras y la dirección predominante del viento. Para la determinación de la altura del ducto se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$HT = Hec + 1,5 L$$

Donde,

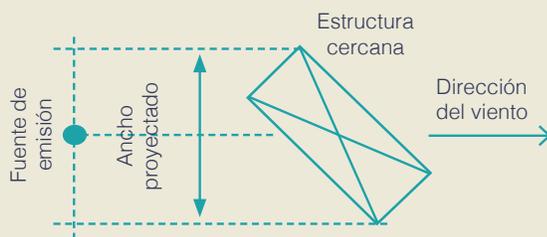
- **HT:** altura de la chimenea medida desde el nivel del terreno en la base de la chimenea hasta el borde superior de la misma (figura 2.1).
- **Hec:** altura de la estructura cercana a la fuente de la emisión, medida desde el nivel del suelo, en la base de la chimenea (figura 2.6).
- **L:** corresponde a la menor de las dimensiones entre el ancho proyectado en la dirección predominante del viento y la altura de la estructura cercana (figuras 2.4, 2.5 y 2.6).

Figura 2.4 Determinación de la estructura cercana



Fuente: MAVDT (2010).

Figura 2.5 Determinación de la estructura cercana con dirección del viento opuesta



Fuente: MAVDT (2010).

Para comenzar se debe determinar la región cercana a la fuente de emisión, definida como la región que se obtiene al medir una distancia de 800 metros en todas las direcciones, desde el borde de la estructura en la que se encuentra la fuente de emisión (figura 2.7).

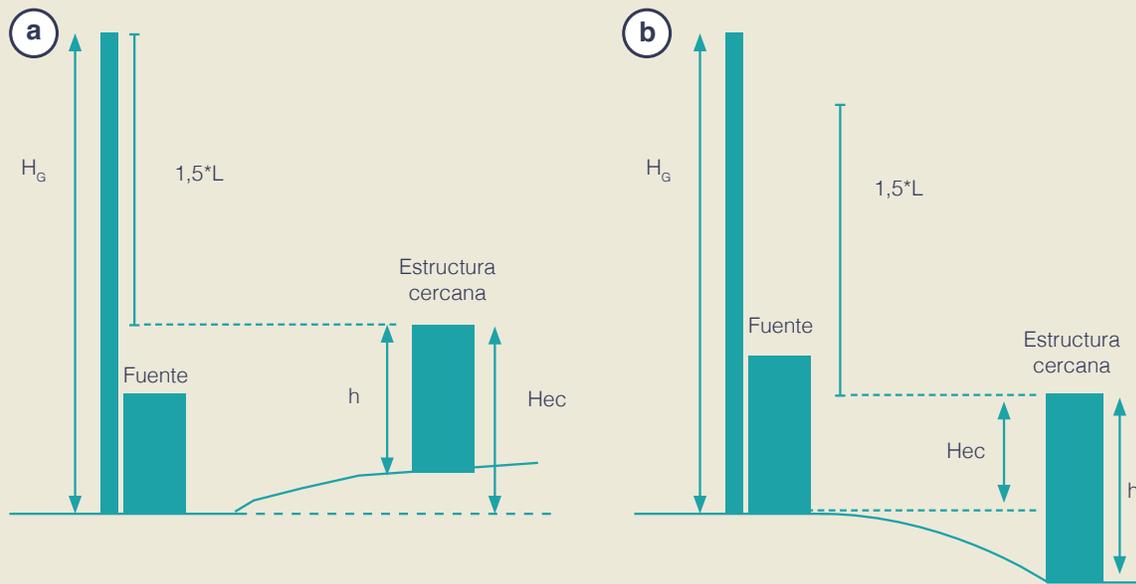
Posteriormente se deben determinar las estructuras cercanas, definidas como aquellas estructuras que se encuentran ubicadas dentro de la región cercana, sin embargo, para esta determinación se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se deben considerar únicamente aquellas estructuras que se interponen entre la dirección predominante del viento y la fuente de emisión (figura 2.5).
- En los casos en los que exista más de una estructura que se interponga entre la dirección del viento y la fuente de emisión se debe realizar el cálculo con cada una de ellas y definir como estructura cercana la que dé como resultado la mayor de las alturas de la chimenea.
- Cuando la zona en la cual se encuentra ubicada la fuente de emisión no cuente con una dirección predominante del viento, se debe realizar el cálculo de la altura de la chimenea para cada una de las estructuras cercanas y tomar la que dé como resultado una mayor altura para la chimenea.

No se deben considerar como estructuras cercanas las siguientes:

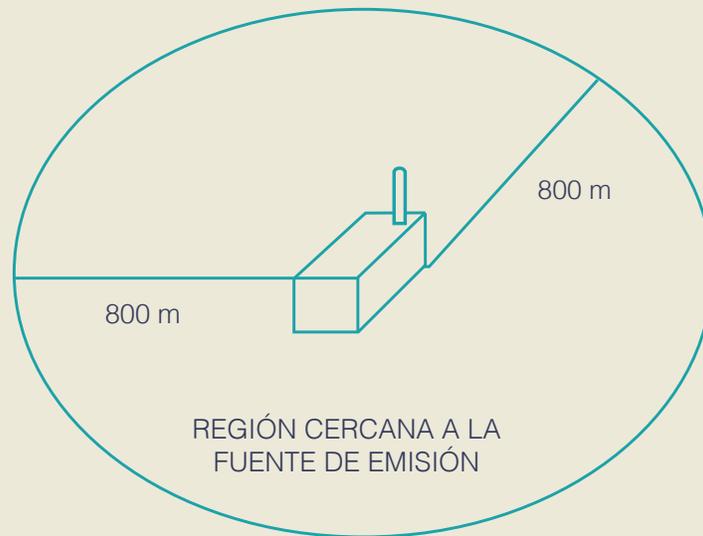
- Los ductos o chimeneas de las estructuras que se encuentran dentro de la región cercana.
- Las antenas de transmisión.
- Las torres eléctricas.
- Los postes del sistema eléctrico.
- Las vallas de publicidad.
- Las torres de generación de energía eólica.
- Los tanques de almacenamiento de agua con capacidad inferior a 15 m³.

Figura 2.6 Determinación de las dimensiones de la estructura cercana



Fuente: MAVDT (2010).

Figura 2.7 Determinación de la región cercana a la fuente de emisión



Fuente: MAVDT (2010).

Una vez identificadas las estructuras cercanas, es decir, las que se encuentran dentro de la región cercana de la fuente de emisión, se debe identificar el área de influencia de cada una de estas con el objetivo de establecer si afectan o no la dispersión de los contaminantes emitidos por la fuente fija.

2.1.3 Localización del sitio de muestreo

La actividad objeto de control deberá suministrar como mínimo puertos de toma de muestra adecuados para los métodos aplicables a la fuente fija, que incluye:

- En los casos que existan sistemas de control de emisiones, estos deben estar instalados, de manera tal que el flujo y la emisión de contaminantes pueda ser determinada con los métodos y procedimientos aplicables y contar con un ducto o chimenea libre de flujo ciclónico durante la realización de las mediciones directas, de acuerdo con lo establecido en los métodos y procedimientos de medición aplicables.

- Plataformas y acceso seguro para realizar la toma de muestra.
- Dispositivos y aditamentos necesarios para la toma de muestra y análisis.

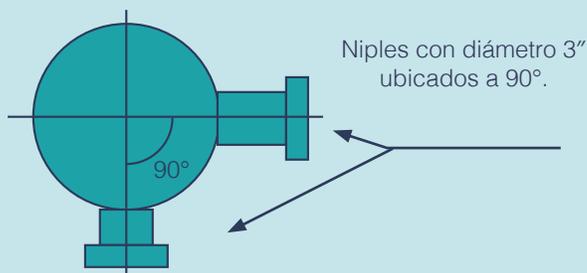
En la tabla 2.1 se presentan las instalaciones que deberán tener todos los ductos o chimeneas de las fuentes fijas que realicen descargas contaminantes a la atmósfera, para la realización de mediciones directas, de manera que se garanticen las condiciones necesarias para obtener mediciones representativas.

Tabla 2.1 Instalaciones mínimas para la realización de mediciones directas

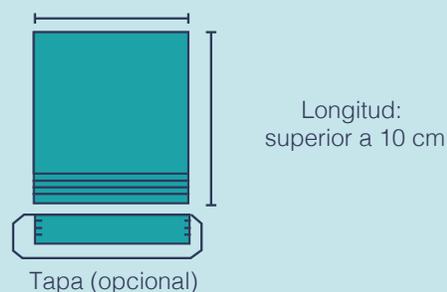
Elemento	Descripción
Puertos de toma de muestra	<p>El diámetro interno del niple (puerto) debe ser superior a 3" para que la sonda empleada en la medición pueda ser ingresada a la chimenea sin ningún tipo de restricción. Para la determinación de PM10 el diámetro del niple deberá ser mínimo de 6".</p> <p>La longitud de los niples ubicados en la chimenea debe ser mínimo de 10 cm y deben contar con tapa fácilmente removible para impedir el ingreso de elementos que modifiquen las condiciones físicas internas del ducto; dicha tapa debe ser revisada y lubricada periódicamente para evitar que se adhiera al niple y cause problemas al momento de la medición. En los casos que el espesor de la pared de la chimenea sea superior a 10 cm, un orificio con los diámetros mencionados anteriormente, puede ser utilizado como niple.</p> <p>Los puertos de toma de muestra deben ubicarse formando un ángulo de 90° uno con respecto al otro, para distribuir los puntos de toma de muestra en dos direcciones diferentes. Se debe verificar que los bordes internos de los puertos coincidan con el diámetro interno de la chimenea y no interfieren con el flujo de los gases de salida.</p> <p>Se debe garantizar que la chimenea o ducto se encuentre libre de flujo ciclónico. La construcción de la chimenea o ducto debe garantizar condiciones de flujo no ciclónico tanto a condiciones de carga baja como de carga máxima.</p>

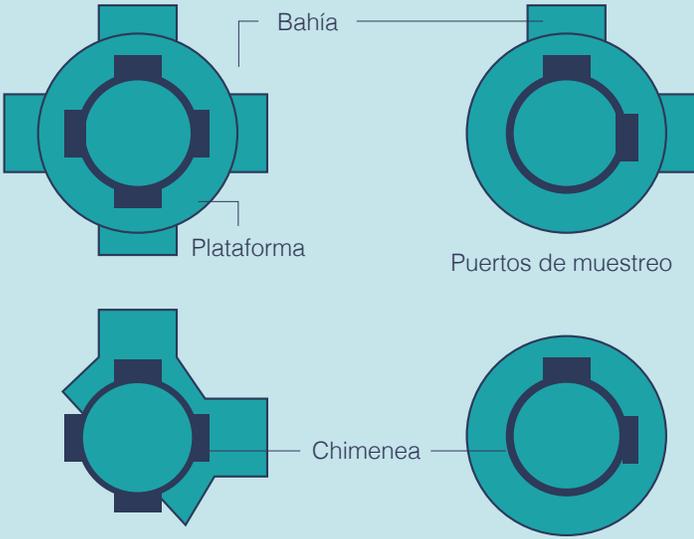
Esquema de la ubicación y dimensiones de los puertos de toma de muestras (niples)

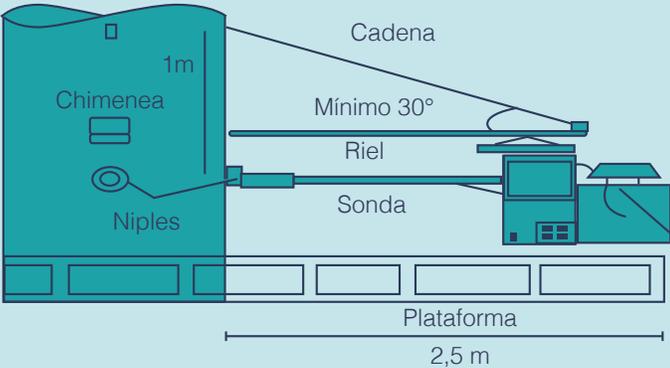
VISTA EN PLANTA DEL DUCTO



DETALLE DEL NIPLE



Elemento	Descripción
<p>Plataforma segura de medición</p>	<p>Las dimensiones y ubicación de la plataforma deben permitir una distancia mínima de 1 metro entre el equipo que se utilice para la medición y los obstáculos más cercanos tales como paredes o columnas, entre otros. Lo anterior con el fin de contar con un área libre para la ubicación y manipulación del tren de toma de muestra.</p> <p>En los casos en los cuales se tengan obstáculos cercanos y no se puede garantizar una distancia superior a 1 metro, se deberá utilizar una sonda y extensión flexibles para el desarrollo de la medición.</p> <p>La plataforma deberá contar con piso y escaleras firmes y antideslizantes que soporten el peso como mínimo de tres (3) personas y el equipo de toma de muestra. Esta plataforma deberá estar instalada de manera permanente.</p> <p>Se aceptarán plataformas temporales siempre y cuando al ser instaladas cumplan con las condiciones de seguridad y dimensiones establecidas en la presente tabla.</p> <p>La plataforma o la zona de medición deben contar con un suministro de energía de 110 voltios con polo a tierra y protección necesaria para evitar cortocircuitos y choques eléctricos.</p> <p>La base de la plataforma deberá estar a una distancia vertical de los puertos o nipples, que permita maniobrar cómodamente los equipos y los dispositivos de toma de muestra (entre 1,2 y 1,6 metros).</p> <p>Cuando la plataforma esté ubicada a una altura igual o superior a 25 metros, se debe acondicionar un área de descanso o bahía para maniobrar el equipo con mayor facilidad y seguridad.</p> <p>Los equipos se pueden subir a través de la escalera de la plataforma o izados desde el suelo hasta la plataforma mediante un sistema tipo " pole", siempre y cuando se garantice que el sistema soporta el peso del equipo y de los dispositivos que hacen parte del mismo.</p> <p>A continuación se muestran cuatro tipos de plataforma que pueden ser implementadas:</p>
<p>Tipos de plataforma de toma de muestra</p>	
<p>Acceso seguro a plataforma de toma de muestra</p>	<p>Debe contar con escaleras resistentes y antideslizantes para el acceso del personal responsable de la medición y de los equipos y contar con los dispositivos que permitan la instalación adecuada de los instrumentos de medición. La escalera debe tener como mínimo un ancho de 1 metro y debe contar con baranda de protección (para el caso de escaleras perimetrales la altura de la baranda debe ser mínimo de 1 metro).</p>

Elemento	Descripción
<p>Ducto o chimenea</p>	<p>El diámetro mínimo de la chimenea deberá ser de 0,30 metros a menos que se apliquen los métodos alternativos establecidos en este producto.</p> <p>Para chimeneas con un diámetro interno superior a 2,5 metros se debe disponer de 4 puertos de toma de muestra a menos que se cuente con condiciones de anclaje y sonda de 11 pies que permita realizar la medición con dos puntos de toma de muestra.</p> <p>El ducto o chimeneo debe contar con dispositivos de anclaje de la guaya o cadena que soporta el tren de toma de muestra. Estos dispositivos deben estar ubicados como mínimo a 1 metro de la parte central del niple en dirección vertical hacia arriba; se requiere un dispositivo por cada niple para que el tren de toma de muestra pueda ser desplazado a cada uno de los puertos de toma de muestra durante la evaluación de emisiones, tal y como se muestra a continuación.</p> <p>En todo momento se debe garantizar que la temperatura exterior del ducto o chimenea permita el desarrollo de la medición, sin poner en riesgo la integridad del personal que la realiza.</p>
<p>Esquema del ducto y soporte para el equipo de toma de muestra (el esquema no se encuentra a escala por lo que se deben tener en cuenta únicamente como referencia las dimensiones acotadas)</p>  <p>El diagrama muestra un ducto de chimenea de 1 metro de altura y 0,30 metros de diámetro. El ducto tiene un niple en su parte inferior. Una cadena está anclada al ducto y sostiene un riel que se inclina hacia abajo a un ángulo mínimo de 30 grados. Una sonda está conectada al riel y se extiende hacia el niple del ducto. El riel y la sonda están montados sobre una plataforma de 2,5 metros de longitud.</p>	
<p>Instalaciones para equipos de toma de muestras y análisis</p>	<p>La actividad en la cual se realice la medición directa debe facilitar un área limpia para la preparación de los equipos empleados en el procedimiento manual.</p> <p>Cuando se empleen sistemas de monitoreo continuo de emisiones, se debe destinar un espacio para la instalación de los analizadores, para la realización de la calibración del sistema de adquisición y procesamiento de datos y para el personal encargado de su operación.</p>

2.1.4 Métodos de medición de referencia para fuentes fijas

Los procedimientos de evaluación de emisiones, según lo dispuesto en el artículo 72 de la Resolución 909 de 2008, incluyen medición directa, balance de masas y factores de emisión.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 76 de esta resolución, el cumplimiento de los estándares se debe determinar mediante medición directa de las emisiones, a través del ducto o chimenea, que se debe construir en cada fuente fija puntual. En los casos en los que, por las condiciones físicas de los equipos que hacen parte del proceso que genera la emisión de los contaminantes al aire, no sea posible la construcción de un ducto para

la descarga de los contaminantes o cuando la construcción del ducto no permita contar con las condiciones para realizar la medición directa, se deberá aplicar balance de masas. Cuando no se cuente con la información necesaria para realizar el cálculo de las emisiones por balance de masas (cantidades y caracterización de materiales, consumo de combustibles y demás información que establece el protocolo para la aplicación de dicha metodología) y que se demuestre técnicamente que dicha información no se pueda hallar para el desarrollo de la evaluación de emisiones, se deberá aplicar factores de emisión.

Medición directa

La medición directa se realiza a través de procedimientos donde se recolecta una muestra (con equipos muestreadores) para su posterior análisis o mediante el uso de analizadores instrumentales (analizadores en tiempo real).

El primer procedimiento corresponde a la captura de la muestra en la chimenea o ducto de la fuente, para su posterior análisis en laboratorio. El analizador instrumental es un equipo que mide directamente la concentración de los contaminantes en la chimenea o ducto de emisión y reporta los valores de las emisiones de manera inmediata. Este equipo se puede emplear de manera eventual o permanente. Cuando se emplea de manera permanente, el analizador forma parte de un sistema conocido como sistema de monitoreo continuo de emisiones (CEMS, por sus siglas en inglés). Únicamente serán válidos aquellos resultados obtenidos mediante la aplicación de analizadores instrumentales, cuando el método aplicado permita su uso, caso en el que se deberán cumplir todas las especificaciones del método.

Métodos empleados para realizar la medición directa

Se adoptan los métodos promulgados en el Código Federal de Regulaciones de los Estados Unidos (CFR). En este caso, el método relacionado con dioxinas y furanos es el 23: determinación de dibenzo-p-dioxinas policloradas y dibenzofuranos policlorados en incineradores de residuos, propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).

De acuerdo con lo establecido en el artículo 73 de la Resolución 909 de 2008, cuando no sea posible determinar las emisiones atmosféricas por cualquiera de los métodos establecidos anteriormente y técnicamente sea viable aplicar un método alternativo, la industria podrá solicitar a la autoridad ambiental competente la autorización para su uso.

La autoridad ambiental únicamente autorizará el uso de métodos alternativos adoptados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y publicados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para lo cual se deberá realizar la correspondiente solicitud de adopción ante el MAVDT. En caso de que el método alternativo no se encuentre publicado por

el IDEAM, se deberá utilizar la última versión del método aprobado o propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA) mientras este lo publica.

Consideraciones generales para la evaluación de emisiones atmosféricas

- La evaluación de emisiones atmosféricas mediante medición directa debe comenzar como mínimo 30 minutos después de iniciada la operación del proceso o instalación y debe finalizar antes que esta se detenga.
- Las pruebas deben ser realizadas bajo las condiciones de operación representativa de la fuente: aquella que se realice bajo condiciones de operación iguales o superiores al 90 % de su operación normal.
- Para el caso de instalaciones nuevas, estas tendrán seis (6) meses, contados a partir de su entrada en operación, para realizar la medición de sus emisiones. En todo caso se debe cumplir que la condición de operación sea al menos el 90 % del promedio de operación normal.

Condiciones para la medición directa en instalaciones de tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos:

Para realizar la medición directa en instalaciones de incineración de residuos o desechos peligrosos se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Si una instalación de tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos ha alimentado el sistema con una misma categoría de residuos (de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.1), por lo menos el 80 % de su tiempo de operación, durante los últimos cinco (5) meses, deberá realizar la medición directa de emisiones alimentando el sistema únicamente con esta categoría de residuos.
- Si una instalación de tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos ha alimentado el sistema con residuos hospitalarios (de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.1), el 50 % o más de su tiempo de operación, durante los últimos cinco (5) meses, deberá realizar la medición directa de emisiones alimentando el sistema únicamente con esta categoría de residuos.

- Cuando no se cumplan las condiciones anteriores, se deberá realizar la medición directa de emisiones alimentando el sistema con una dieta que contenga como mínimo 50 % del residuo que se ha alimentado en mayor proporción durante los últimos cinco (5) meses (de acuerdo con lo establecido en el numeral 2.1) y 50 % de las otras categorías de los residuos tratados, en porcentajes superiores a 10 % cada una.

Balance de masas

El balance de masas hace referencia a la cuantificación de emisiones por balance de materia y energía. En ocasiones, es el único método para la cuantificación de emisiones que se puede emplear por las características del proceso industrial, por ejemplo, en las actividades industriales que manufacturan o emplean en sus procesos Compuestos Orgánicos Volátiles, especialmente cuando las emisiones se producen de manera fugitiva, este procedimiento de evaluación se convierte en la primera alternativa para cuantificar la emisión de contaminantes.

Por medio de la aplicación del método de balance de masas, se representan las entradas y salidas de un sistema con el fin de estimar de manera indirecta la emisión de sustancias contaminantes a la atmósfera, es decir, las emisiones que se producen y pueden cuantificarse durante periodos de tiempo prolongados. El balance de masas es muy utilizado en situaciones donde se presentan reacciones químicas, siendo apropiados en situaciones donde se pierde cierta cantidad de material por liberación a la atmósfera (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

2.1.5 Estudios de emisiones atmosféricas

De acuerdo con lo establecido en el artículo 77 de la Resolución 909 de 2008, las consideraciones del *Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas* se deben tener en cuenta para la elaboración de los estudios de emisiones atmosféricas, que son requeridos por la autoridad ambiental competente para establecer el cumplimiento de los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire, así como para identificar el tipo, la concentración y el impacto de los contaminantes emitidos por las diferentes actividades ubicadas dentro de su jurisdicción y la frecuencia de evaluación de cada uno de los contaminantes.

La información obtenida de estos estudios puede ser utilizada para evaluar la necesidad de la instalación de sistemas de control de emisiones en el proceso o instalación, actualizar el inventario de fuentes fijas de la autoridad ambiental competente, apoyar la gestión del control de la contaminación atmosférica, y establecer acciones a desarrollar para lograr la descontaminación atmosférica de áreas afectadas, entre otros.

Todas las fuentes fijas deberán entregar los estudios de emisiones atmosféricas de acuerdo con la frecuencia con la que le corresponda realizar la evaluación de sus emisiones. El estudio de emisiones estará compuesto por dos informes: uno previo, que se presentará antes de la realización de la evaluación y uno final, que contendrá información adicional de los resultados obtenidos luego de la evaluación.

Informe previo a la evaluación de emisiones

Se deberá radicar ante la autoridad ambiental competente un informe previo por parte del representante legal de la actividad objeto de control, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 909 de 2008, con una antelación de treinta (30) días calendario a la fecha de realización de la evaluación de emisiones, indicando la fecha y hora exactas en las cuales se realizará y suministrando la siguiente información:

- Objetivos de la realización de la evaluación de emisiones atmosféricas.
- El representante legal deberá certificar que la evaluación de emisiones atmosféricas se realizará con base en los métodos y procedimientos adoptados por el presente protocolo, incluyendo el nombre del método y, en caso de ser necesario, el nombre y referencia de los procedimientos alternativos que se aplicarán, siempre y cuando estén adoptados por el Ministerio y publicados por el IDEAM.
- Fecha en la cual se realizará la evaluación de las emisiones por cualquiera de los procedimientos (medición directa, balance de masas o factores de emisión).
- Nombre del responsable que realizará la evaluación de las emisiones, acreditado por el IDEAM.

- Descripción de los procesos que serán objeto de la evaluación, incluyendo los equipos asociados, la cantidad y caracterización de las materias primas, el tipo y consumo de combustible.
- Para el caso de balance de masas o factores de emisión, las variables del proceso tenidas en cuenta para el análisis de las emisiones.

Para el caso de incineradores ubicados en hospitales de municipios de categorías 5 y 6 con capacidad inferior a 600 kg/mes y para las instalaciones donde se realiza tratamiento térmico a residuos no peligrosos, se deberá entregar el registro de la cantidad diaria de residuos alimentada al sistema durante los últimos cinco (5) meses, contados a partir de la presentación del informe previo ante la autoridad ambiental competente.

Para el caso de las instalaciones de tratamiento térmico de residuos o desechos peligrosos se debe indicar la dieta de incineración, es decir, la categoría y cantidad de los residuos con los que se alimentó diariamente el sistema durante los últimos cinco (5) meses, contados a partir de la presentación del informe previo ante la autoridad ambiental competente. Para este caso, los residuos se deben clasificar de acuerdo con las siguientes categorías:

- Hospitalarios (biosanitarios, anatomopatológicos, cortopunzantes, restos de animales).
- Medicamentos, cosméticos y demás residuos provenientes de productos con registro sanitario emitido por el INVIMA, el ICA o por la autoridad que haga sus funciones.
- Aceites usados, residuos de hidrocarburos o solventes.
- Residuos con trazas de plaguicidas (residuos líquidos y sólidos con contenidos de hidrocarburos aromáticos policlorinados como bifenilos policlorinados (PCB), pesticidas organoclorados o pentaclorofenol (PCP) menor o igual a 50 mg/kg).
- Otros (en este caso se deberá especificar el tipo de residuo alimentado).

Informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas

Para actividades que deban realizar evaluación de emisiones de dioxinas y furanos, el informe final de la evaluación de emisiones deberá ser entregado dentro de los noventa (90) días calendario siguientes a la fecha de realización de la evaluación.

Los procedimientos de control y aseguramiento de calidad dentro del informe incluyen:

- **Procedimiento de medición:** para la evaluación de emisiones por medición directa se requiere una descripción del procedimiento de medición, que incluya las actividades específicas para la recuperación, etiquetado, manipulación, control y preservación de las muestras, así como las de análisis y almacenamiento. Este procedimiento debe incluir: formatos o registros de campo, listas de chequeo y etiquetado de las muestras. Si la medición se realiza mediante la aplicación de factores de emisión o balance de masas, la descripción deberá detallar el procedimiento para hallar cada uno de los valores, teniendo en cuenta las posibles correlaciones que sea necesario realizar.
- **Equipos de calibración externa y verificación en laboratorio:** en el caso de medición directa, la calibración de los equipos se deberá realizar de acuerdo con lo establecido por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el proceso de acreditación de laboratorios. Se debe realizar una descripción del equipo de calibración y los procedimientos de mantenimiento preventivo, el personal involucrado, los materiales y equipos utilizados en la calibración y mantenimiento.
- **Procedimiento de toma de muestra y análisis:** se deben seguir los procedimientos de análisis y métodos que han sido adoptados por el Protocolo y que corresponden a los métodos reglamentarios para evaluación de emisiones contaminantes.



2.1.6 Actividad 3: Sopa de letras

Encuentre en la sopa de letras las palabras o conceptos que responden a las preguntas de esta actividad.

P	Q	F	A	C	T	O	R	W	E
O	R	T	Y	U	I	O	P	C	A
S	S	C	E	R	C	A	N	A	S
T	D	H	F	G	H	J	K	L	C
E	Ñ	I	Z	X	C	V	P	C	A
S	B	M	N	M	A	E	L	U	L
P	U	E	R	T	O	S	A	L	I
I	O	N	U	D	I	O	T	O	B
X	I	E	N	A	S	Y	A	S	R
F	U	A	R	A	N	O	F	S	A
A	M	B	I	E	N	T	O	A	C
D	I	R	E	C	T	A	R	L	I
E	O	E	N	A	P	A	M	E	O
S	T	S	U	S	O	D	A	L	N

PREGUNTAS

- Buena práctica de ingeniería: cálculo de la altura de la _____.
- No se deben considerar como estructuras cercanas: los _____ del sistema eléctrico.
- Esta estructura deberá contar con piso y escaleras firmes y antideslizantes que soporten el peso mínimo de 3 personas y el equipo de toma de muestra.
- Buena práctica de ingeniería para instalaciones nuevas: variables adicionales como la determinación de estructuras _____.
- La actividad objeto de control deberá suministrar como mínimo _____ de toma de muestra adecuados.
- Es el _____ de equivalencia tóxica, necesario para el cálculo de dioxinas y furanos.
- El laboratorio debe hacer corrección de los _____, de acuerdo con la Resolución 909 de 2008.
- La medición _____ se realiza a través de procedimientos donde se recolecta una muestra (usando equipos muestreadores) para su posterior análisis o mediante el uso de analizadores instrumentales (analizadores en tiempo real).
- Procedimiento que el laboratorio realiza a los equipos de medición, previo a la toma de la muestra.

2.2 Análisis de COPNI

Competencias a desarrollar:

Aplicar los principios analíticos para el cálculo, la interpretación y el uso de los resultados de análisis de COPNI.



2.2.1 Informe de resultados

Antes de adquirir servicios con un laboratorio acreditado por el IDEAM para la elaboración de informes, es necesario revisar algunos requisitos generales que presenta la NTC-ISO-17025:

- **Imparcialidad:** las actividades del laboratorio se deben llevar a cabo de una manera imparcial y estructurada.
- **Confidencialidad:** el laboratorio debe ser responsable, por medio de acuerdos legalmente ejecutables, de la gestión de toda la información obtenida o creada durante la realización de actividades del laboratorio. El laboratorio debe informar al cliente, con antelación, acerca de la información que pretende poner al alcance del público.
- **Requisitos relativos a la estructura:** el laboratorio debe ser una entidad legal o una parte definida de una entidad legal, que es responsable legalmente de sus actividades de laboratorio.
- **Requisitos relativos a los recursos:** el laboratorio debe tener disponibles el personal, las instalaciones, el equipamiento, los sistemas y los servicios de apoyo necesarios para gestionar y realizar sus actividades de laboratorio (personal, instalaciones y condiciones ambientales, equipamiento, trazabilidad metrológica, productos y servicios suministrados externamente).

De acuerdo con lo presentado en la NTC-ISO-17025, el informe de resultados debe incluir: título, nombre y dirección del laboratorio; lugar donde se realizan las actividades del laboratorio (incluso cuando se realizan en las instalaciones del cliente); el nombre y la información de contacto del cliente; la identificación del método utilizado; una descripción del ítem; la fecha de recepción de los ítems de calibración o ensayo y la fecha de muestreo; fechas de ejecución de la actividad del laboratorio; fecha de emisión del informe; referencia al plan y método de muestreo usado; declaración acerca de que los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo, calibración y muestreo; resultados con las unidades de medición, adiciones, desviaciones o exclusiones del método; identificación de las personas que autorizan el informe e identificación clara cuando los resultados provengan de proveedores externos.

El laboratorio debe ser responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información es suministrada por el cliente.

Ejemplo de un informe de resultados

Con el fin de identificar los elementos mínimos de un informe de resultados, a continuación, se muestra la información más relevante:

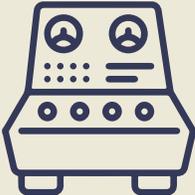
Información general:

Logo de la empresa

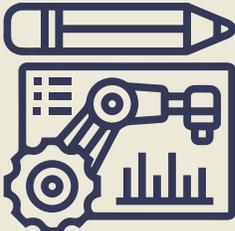


**INFORME ESTUDIO
DE EMISIONES
ATMOSFÉRICAS**

Título



Fecha



OT 2060

Nombre y dirección del laboratorio, lugar donde se realizan las actividades del laboratorio

Identificación de los métodos utilizados:

Con base en lo establecido en el Artículo 6 de la Resolución 909 de 2008, las actividades industriales clasificadas como **Clasificación correspondiente de la industria** deben verificar el cumplimiento de las emisiones de Dioxinas y Furanos, para lo cual, en la Tabla No.2 del numeral - 1.1.1.1 Matriz de Análisis de Contaminantes - del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica generada por Fuentes Fijas, se define los parámetros contaminantes, tiempos y volúmenes mínimos de muestreo, a saber:

Tabla 2. Parámetros contaminantes, tiempos y volúmenes, mínimos de muestreo

Actividad	Contaminante	Tiempo mínimo, volumen mínimo y otras consideraciones para el muestreo
Actividad de la industria	Dioxinas y Furanos	Método 23: Tiempo de medición 60 minutos

Conforme a lo establecido en el Art. 72 de la Resolución No. 0909/08, se aplico los métodos de referencia consignados en la Tabla No.1 del numeral - 1.1.1 *Métodos para la Evaluación de Emisiones Contaminantes* - del Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas, adoptado según Resolución 760 de 2010, los cuales corresponden a:

Tabla 3. Métodos de referencia aplicados

Actividad	Método de monitoreo
Actividad respectiva	Referencia 1,2,3,4 y 23

Información adjunta del informe: distribución de los puntos de muestreo, registros de calibración o verificación de la calibración de equipos, registros de campo, medición de gases, certificados de análisis, cadenas de custodia, certificado de acreditación en la matriz aire del IDEAM.

Reporte de resultados: en el artículo 5 de la Resolución 909 de 2008 se establecen los procedimientos que deben seguir para la medición de dioxinas y furanos y los factores de equivalencia que se deben utilizar.

En el punto 2.2.3 de unidades de medición, podrá observar cómo convertir las unidades.

Tabla 6. Resultados obtenidos para la chimenea COIN 3.

Nombre del Analito	Resultados (pg)	Vm (std) (ft ³)	Factor de equivalencia tóxica	Resultados x FET (ng)	Cs (ng/m ³) estándar
2,3,7,8-TCDD	60,5	165,24	1,0	0,0605	0,0129
1,2,3,7,8-PeCDD	306		0,5	0,1530	0,0327
1,2,3,4,7,8-HxCDD	184		0,1	0,0184	0,0039
1,2,3,6,7,8-HxCDD	401		0,1	0,0401	0,0086
1,2,3,7,8,9-HxCDD	296,00		0,1	0,0296	0,0063
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	575		0,01	0,0058	0,0012
OCDD	205		0,001	0,0002	0,0000
2,3,7,8-TCDF	627		0,1	0,0627	0,0134
1,2,3,7,8-PeCDF	831		0,05	0,0416	0,0089
2,3,4,7,8-PeCDF	1360		0,5	0,6800	0,1453
1,2,3,4,7,8-HxCDF	933		0,1	0,0933	0,0199
1,2,3,6,7,8-HxCDF	940		0,1	0,0940	0,0201
1,2,3,7,8,9-HxCDF	163		0,1	0,0163	0,0035
2,3,4,6,7,8-HxCDF	636		0,1	0,0636	0,0136
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1190		0,01	0,0119	0,0025
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	149		0,01	0,0015	0,0003
OCDF	661		0,001	0,0007	0,0001
					Masa Total x FET (ng)
				1,3731	0,2934
					Cs Total (ng/m ³) Referencia
					0,2885

Revise que las fechas reportadas en los resultados sean correctas, el nombre de los equipos, datos de la empresa y el laboratorio.

Adicionalmente, con base en lo establecido en el literal 2.2 "Informe final de la evaluación de emisiones atmosféricas", del *Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas*, adoptado según Resolución 760 y 2153 de 2010 (MAVDT), los informes finales a presentarse ante la autoridad ambiental competente, con posterioridad a la entrada en vigencia de la Resolución 909 de 2008, deberán radicarse con el anexo 2 del protocolo debidamente diligenciado, en el cual se certifique las condiciones de operación.

2.2.2 Interpretación de los resultados

Para interpretar los resultados de los informes del laboratorio, deberá tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Unidades de medición.
- Condiciones estándar y de referencia.
- Cálculos necesarios para un resultado estándar (EQT, condiciones).
- Comparación contra límites normativos.

2.2.3 Unidades de medición

De acuerdo con el *Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas*, el reporte de los resultados deberá incluir la memoria de todos los cálculos realizados durante la medición, especificando las fórmulas utilizadas para cada método de análisis. Todos los cálculos deberán ser presentados en el sistema MKS de unidades.

Este sistema está tomado de las iniciales de sus unidades fundamentales.

La unidad de longitud del sistema MKS. es el metro: longitud igual a la del metro patrón que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas.

La unidad de masa es el kilogramo: masa igual a la del kilogramo patrón que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Un kilogramo (kg)

es aproximadamente igual a la masa de un decímetro cúbico de agua destilada a 4 °C. La unidad de tiempo de todos los sistemas de unidades es el segundo: definido como 1/86.400 parte del día solar medio.



Conversiones útiles



Longitud

1 pulgada = 2,51 cm
1 m = 100 cm
1 pie = 0,3048 m
1 yarda = 0,91 m
1 milla = 1,61 km



Masa

1 miligramo = 0,001 gramos
1 microgramo = 0,001 miligramos
1 nanogramo = 0,001 microgramo
1 picogramo = 0,001 nanogramos



Tiempo

1 hora = 60 minutos
1 minuto = 60 segundos



Presión

1 mm Hg = 133,32 Pascales



Temperatura

0 °C = 273,15 K

Aparte de la conversión entre diferentes unidades de medida es importante tener en cuenta la conversión entre diferentes magnitudes. Esta se realiza a través del sistema de notación científica.

Prefijo		Símbolo	Factor	Equivalente
Múltiplos	Exa	E	10^{18}	1000000000000000000
	Peta	P	10^{15}	1000000000000000
	Tera	T	10^{12}	1000000000000
	Giga	G	10^9	1000000000
	Mega	M	10^6	1000000
	Kilo	k	10^3	1000
	Hecto	h	10^2	100
	Deca	da	10^1	10
Submúltiplos	Deci	d	10^{-1}	0,1
	Centi	c	10^{-2}	0,01
	Mili	m	10^{-3}	0,001
	Micro	μ	10^{-6}	0,000001
	Nano	n	10^{-9}	0,000000001
	Pico	p	10^{-12}	0,000000000001
	Femto	f	10^{-15}	0,000000000000001
	Atto	a	10^{-18}	0,000000000000000001

Las dioxinas y furanos son muy tóxicos, pero a su vez se encuentran a concentraciones muy bajas, por lo que es común encontrarlos en el rango de los picogramos (pg) en los ensayos de laboratorio, que deben convertirse luego a nanogramos de equivalente tóxico (ng EQT) para su comparación normativa.

Veamos los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1

El laboratorio encontró 13 pg de TCDD en la muestra analizada. ¿A cuántos ng corresponde? Como 1.000 pg son 1 ng, entonces:

$$13 \text{ pg TCDD} \times \frac{(1 \text{ ng})}{(1.000 \text{ pg})} = 0,013 \text{ ng TCDD}$$

Se hace la conversión por regla de tres simple y se obtiene que 13 pg de TCDD corresponden a 0,013 ng de TCDD.

Ejemplo 2

Se requiere saber la temperatura absoluta de una emisión que estaba a 45 °C. ¿A cuántos K corresponde?

Para pasar de °C a K (Kelvin, no confundir con kilogramos, que es kg) únicamente se requiere sumar 273,15 a la temperatura:

$$45 \text{ °C} + 273,15 = 318,15 \text{ K}$$

Se hace la conversión sumando y se obtiene que 45 °C corresponden a 318,15 K.



2.2.4 Actividad 4: Relacionar

Identifique las partes de un informe de resultados. La columna izquierda tiene algunas de las partes requeridas y la columna derecha información que le corresponde. Relaciónelas adecuadamente.

Partes de un informe

Información general

Métodos utilizado en el muestreo

Norma que rige el reporte de resultados

Artículo 74 de la Resolución 909 de 2008

Unidad de medición

Resultado y su incertidumbre

Información

NTC 17025

ng EQT/m³.

US-EPA 23 o equivalente

0,123 ± 0,015 ng EQT/m³

Logo de la empresa, título del informe, fecha, nombre, etc.

Los ensayos deben estar acreditados por el IDEAM. Se admiten ensayos internacionales acreditados en el exterior.

2.2.5 Factor de equivalente tóxico para dioxinas y furanos

De acuerdo con el artículo 5 de la Resolución 909 de 2008, que trata sobre los factores de equivalencia para dioxinas y furanos, las actividades industriales a las cuales les corresponda realizar la medición de dioxinas y furanos deben utilizar los factores de equivalencia (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008) y el procedimiento que se describe a continuación:

- A cada concentración de dioxinas y furanos determinada en el gas efluente, se le multiplica por el factor de equivalencia tóxica dado en la Resolución 909 de 2008 como factor de riesgo.

- Cada uno de los valores modificados por el factor de equivalencia tóxica se suma y esta representa la concentración neta de emisión por muestra.
- El resultado de concentración encontrado se debe corregir a condiciones de referencia de presión y temperatura.
- Este resultado se compara con el establecido en la norma para dioxinas y furanos.

Tabla 2.2 Factores de equivalencia para el cálculo del factor de riesgo y comparación con los estándares de emisión admisibles de dioxinas y furanos

Dioxinas y furanos	Factor de equivalencia tóxica
Grupo 1	
2,3,7,8 Tetraclorodibenzodioxina (TCDD)	1,0
1,2,3,7,8 Pentaclorodibenzodioxina (PeCDD)	0,5
2,3,7,8 Tetraclorodibenzofurano (TCDF)	0,1
2,3,4,7,8 Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)	0,5
Grupo 2	
1,2,3,4,7,8 Hexaclorodibenzodioxina (HxCDD)	0,1
1,2,3,7,8,9 Hexaclorodibenzodioxina (HxCDD)	0,1
1,2,3,4,7,8 Hexaclorodibenzodioxina (HxCDD)	0,1
1,2,3,7/4,8 Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)	0,05
1,2,3,4,7,8/9 Hexaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
1,2,3,7,8,9 Hexaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
1,2,3,6,7,8 Hexaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
2,3,4,6,7,8 Hexaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
Grupo 3	
1,2,3,4,6,7,8 Heptaclorodibenzodioxina (HpCDD)	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9 Heptaclorodibenzodioxina (OCDD)	0,001
1,2,3,4,6,7,8 Heptaclorodibenzofurano (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,7,8,9 Heptaclorodibenzofurano (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9 Octaclorodibenzofurano (OCDF)	0,001
Grupo 4	
2,3,7,8 Tetrabromodibenzodioxina (TBDD)	1,0
1,2,3,7,8 Pentabromodibenzodioxina (PeBDD)	0,5
2,3,7,8 Tetrabromodibenzofurano (TBDF)	0,1
2,3,4,7,8 Pentabromodibenzofurano (PeBDD)	0,5
Grupo 5	
1,2,3,4,6,7,8 Hexabromodibenzodioxina (HxBDD)	0,1
1,2,3,6,7,8 Hexabromodibenzodioxina (HxBDD)	0,1
1,2,3,7,8,9 Hexabromodibenzodioxina (HxBDD)	0,1
1,2,3,7,8 Pentabromodibenzofurano (PeBDF)	0,05

Veamos los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1

El laboratorio encontró 706 pg de PeCDD en la muestra analizada. ¿A cuántos ng EQT corresponde?

Primero, se convierte de pg a ng:

$$706 \text{ pg PeCDD} \times \frac{(1 \text{ ng})}{(1.000 \text{ pg})} = 0,706 \text{ ng PeCDD}$$

Luego, se multiplica el resultado obtenido por el factor de equivalencia tóxica establecido en la normatividad:

$$0,706 \text{ ng PeCDD} \times 0,5 = 0,353 \text{ ng EQT}$$

Se obtiene que 706 pg de PeCDD corresponden a 0,353 ng EQT de dioxinas y furanos.

¡Para tener en cuenta!

Existen diversas tablas de factores de equivalencia tóxica, sin embargo, para efectos de cumplimiento de la normatividad colombiana es indispensable que se utilicen estos factores de equivalencia.

Ejemplo 2

El laboratorio encontró 54 pg de HxCDD y 658 pg de PeCDF en la muestra analizada. ¿A cuántos ng EQT corresponde?

Primero, se convierte de pg a ng, de modo que se tienen 0,054 ng de HxCDD y 0,658 ng de PeCDF.

Luego, se multiplica el resultado obtenido por el factor de equivalencia tóxica establecido en la normatividad:

$$0,054 \text{ ng HxCDD} \times 0,1 = 0,005 \text{ ng EQT}$$

$$0,658 \text{ ng PeCDF} \times 0,05 = 0,033 \text{ ng EQT}$$

Sumando ambos resultados, la muestra analizada tiene 0,038 ng EQT de dioxinas y furanos.

¡Para tener en cuenta!

Los factores de equivalencia tóxica normalizan las concentraciones obtenidas, permitiendo totalizarlas. Teniendo esto en cuenta, los EQT no corresponden a una molécula en particular, sino a las dioxinas y furanos como un conjunto.

2.2.6 Condiciones estándar y de referencia

En el diagrama que se presenta a continuación se explica el origen de las fórmulas indicadas en la Resolución 909 de 2008.



- Origen de la norma: ley de los gases: donde
P= presión
R= Constante de los gases ideales
T= temperatura
n= número de moles
V= volumen
P/RT= n/V
- Condiciones de campo: P, V y T.
- Concentraciones de los gases: n y V, dadas en los resultados de los laboratorios.
- Dado que la norma plantea las condiciones de referencia: (25 °C y 760 mm Hg) con oxígeno de referencia del 11 %, las condiciones de campo deben ajustarse a estas con el fin de que la comparación con los estándares sea clara, por esto la norma adopta en sus artículos 86, 87 y 88, las fórmulas para la corrección que corresponda.

La Resolución 909 de 2008 especifica lo siguiente respecto a la corrección desde las condiciones locales de temperatura y presión hasta las condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg):

Artículo 86. Corrección a condiciones de referencia. Todos los resultados de las mediciones de los diferentes contaminantes deben ser corregidos a condiciones de referencia por medio de la siguiente ecuación:

$$C_{CR} = C_{CL} \times \frac{T_{CL} \times P_{CR}}{T_{CR} \times P_{CL}}$$

Donde

- C_{CR} : Concentración del contaminante a condiciones de referencia en mg/m^3 .
- C_{CL} : Concentración del contaminante a condiciones locales en mg/m^3 .
- T_{CL} : Temperatura de los gases a la salida del ducto en $^{\circ}K$.
- P_{CR} : Presión a condiciones de referencia en $mm\ Hg$.
- P_{CL} : Presión de los gases a la salida del ducto en $mm\ Hg$.
- T_{CR} : Temperatura a condiciones en referencia en $^{\circ}K$.

Veamos los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1

La concentración de dioxinas en una muestra es de $0,12\ ng\ EQT/m^3$. Esta se obtuvo a las condiciones locales de $350\ K$ y $740\ mm\ Hg$. ¿Cuál es la concentración a condiciones de referencia?

Las condiciones de referencia son $25\ ^{\circ}C$ (es decir, $298,15\ K$) y $760\ mm\ Hg$. Al reemplazar los datos en la ecuación de la normativa se obtiene que:

$$C_{CR} = 0,12 \frac{ng\ EQT}{m^3} \times \frac{350\ K \times 760\ mm\ Hg}{298,15\ K \times 740\ mm\ Hg} = 0,145 \frac{ng\ EQT}{m^3}$$

Es decir, que la muestra de $0,12\ ng\ EQT/m^3$ tiene $0,145\ ng\ EQT/m^3$ a condiciones de referencia.

¡Para tener en cuenta!

El valor que debe usarse al comparar con la normativa en Colombia es el valor a condiciones de referencia, en este caso $0,145\ ng\ EQT/m^3$.

Ejemplo 2

La concentración de dioxinas en una muestra es de $264\ pg\ EQT/m^3$. Esta se obtuvo a las condiciones locales de $65\ ^{\circ}C$ y $95\ kPa$. ¿Cuál es la concentración a condiciones de referencia?

Antes de reemplazar en la ecuación es indispensable hacer la respectiva conversión de unidades así:

$$2.647 \frac{pg\ EQT}{m^3} \times \frac{1\ ng}{1.000pg} = 0,264 \frac{ng\ EQT}{m^3}$$

$$65\ ^{\circ}C + 273,15 = 338,15\ K$$

$$95\ kPa \times \frac{1\ mm\ Hg}{133,3\ Pa} = 712,52\ mm\ Hg$$

Ahora sí, al reemplazar los datos en la ecuación de la normativa se obtiene que:

$$C_{CR} = 0,264 \frac{ng\ EQT}{m^3} \times \frac{338,15\ K \times 760\ mm\ Hg}{298,15\ K \times 712,52\ mm\ Hg} = \frac{0,319\ ng\ EQT}{m^3}$$

Es decir, que la muestra de $0,264\ ng\ EQT/m^3$ tiene $0,319\ ng\ EQT/m^3$ a condiciones de referencia.

¡Para tener en cuenta!

Las unidades siempre deben ser consistentes. Recuerde que $95\ kPa$ son $95.000\ Pa$, de acuerdo a la notación científica.

Ejemplo 3

El laboratorio reportó una concentración de dioxinas de $989\ ng\ EQT$. El volumen capturado en el muestreador de aire fue de $5,4\ ft^3$. Las condiciones locales fueron $100\ ^{\circ}C$ y $755\ mm\ Hg$. ¿Cuál es la concentración a condiciones de referencia?

Primero debe conocerse la concentración, para lo cual debe llevarse el volumen a m^3 :

$$5,4\ ft^3 \times \left(\frac{0,3048\ m}{1\ ft} \right)^3 = 5,4\ ft^3 \times \frac{0,0283\ m^3}{1\ ft^3} = 0,153\ m^3$$

Luego, se calcula la concentración:

$$C = \frac{989\ ng\ EQT}{0,153\ m^3} = 6.464 \frac{ng\ EQT}{m^3}$$

Después de convertir la temperatura de $^{\circ}C$ a K , se puede reemplazar los datos en la ecuación de la normativa para obtener:

$$C_{CR} = 6.464 \frac{ng\ EQT}{m^3} \times \frac{373,15\ K \times 760\ mm\ Hg}{298,15\ K \times 755\ mm\ Hg} = 8.143,6 \frac{ng\ EQT}{m^3}$$

Es decir, que la muestra de $989\ ng\ EQT$ tiene $8.143,6\ ng\ EQT/m^3$ a condiciones de referencia.

¡Para tener en cuenta!

Este ejemplo ilustra de manera cercana la realidad y las dificultades de la estandarización de los cálculos de dioxinas y furanos. Por ende, es indispensable tener mucho cuidado al realizarlos y verificar los informes de resultados.

2.2.7 Corrección de oxígeno

El oxígeno es uno de los factores determinantes para la formación de dioxinas y furanos: si el suministro de oxígeno no es suficiente durante el proceso de incineración, la formación de estos contaminantes aumenta. Para fines de comparación normativa, se utiliza una concentración de oxígeno de referencia del 11 % para dioxinas y furanos. Es importante aclarar que la corrección por oxígeno de referencia aplica únicamente a los procesos en los cuales se realice combustión (Resolución 909, Art. 4, Par. 6).

La Resolución 909 establece lo siguiente:

Artículo 88. Corrección de oxígeno posterior a la medición. Todos los registros y mediciones de los diferentes contaminantes deben realizar la corrección de oxígeno de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C_{CR(O_2ref)} = C_{CR(X\%)} \times \left(\frac{21\% - \%O_2ref}{21\% - X\%} \right)$$

Donde

- **$C_{CR(O_2ref)}$** : Concentración del contaminante a condiciones de referencia con la corrección de oxígeno, basado en el oxígeno de referencia de conformidad con lo establecido en la presente resolución.
- **$C_{CR(X\%)}$** : Concentración del contaminante a condiciones de referencia.
- **$\%O_2ref$** : Oxígeno de referencia de la medición, de conformidad con lo establecido en la presente resolución en (%).
- **$X\%$** : Oxígeno medido a la salida de los gases, en (%).

Veamos los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1

La concentración de dioxinas en una muestra es de 0,45 ng EQT/m³ a condiciones estándar en un proceso al 15 % de oxígeno. ¿Cuál es la concentración corregida?

Al reemplazar los datos en la ecuación de la normativa se obtiene que:

$$C_{CR(O_2ref)} = 0,45 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3} \times \left(\frac{21\% - 11\%}{21\% - 15\%} \right) = 0,45 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3} \times \left(\frac{10\%}{6\%} \right) = \frac{0,75 ng \text{ EQT}}{m^3}$$

Es decir, la muestra de 0,45 ng EQT/m³ tiene 0,75 ng EQT/m³ a condiciones de referencia y con corrección de oxígeno.

¡Para tener en cuenta!

Inicialmente parecía que no se excedía el límite de 0,5 ng EQT/m³, sin embargo, una vez realizados todos los cálculos se evidencia que sí hay incumplimiento. Cualquier cálculo puede hacer la diferencia entre cumplir o no la normativa y, por ende, es importante realizarlos adecuadamente. Para la empresa estos resultados también son de interés, por lo que tiene la responsabilidad de revisarlos y asegurarse de que son correctos.

Ejemplo 2

La concentración de dioxinas en una muestra es de 165 pg EQT/m³. Esta se obtuvo a las condiciones locales de 33 °C y 755 mm Hg, en un proceso con 10 % de O₂. ¿Cuál es la concentración corregida?

Para empezar, se encuentra la concentración a condiciones de referencia, utilizando lo visto con anterioridad:

$$165 \frac{pg \text{ EQT}}{m^3} \times \frac{1 \text{ ng}}{1.000 \text{ pg}} = 0,165 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3}$$

$$33 \text{ °C} + 273,15 = 306,15 \text{ K}$$

La concentración de referencia es:

$$C_{CR} = 0,165 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3} \times \frac{306,15 \text{ K} \times 760 \text{ mm Hg}}{298,15 \text{ K} \times 755 \text{ mm Hg}} = 0,171 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3}$$

Por la corrección por oxígeno se tiene que:

$$C_{CR(O_2ref)} = 0,171 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3} \times \left(\frac{21\% - 11\%}{21\% - 10\%} \right) = 0,171 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3} \times \frac{10\%}{11\%} = 0,155 \frac{ng \text{ EQT}}{m^3}$$

Por lo que la muestra de 165 pg EQT/m³ tiene 0,155 ng EQT/m³ a condiciones de referencia y con corrección de oxígeno.

¡Para tener en cuenta!

Las correcciones no siempre aumentan la concentración. Esta también puede disminuir. Esto depende de las condiciones locales de temperatura, presión y oxígeno.

2.2.8 Comparación contra límites normativos

Límites vigentes para dioxinas y furanos

En la Resolución 909 de 2008 se exponen los siguientes artículos, referentes a los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para fuentes fijas puntuales de actividades industriales:

Artículo 4. Estándares de emisión admisibles para actividades industriales. En la tabla 2.3 se establecen los estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para las actividades industriales definidas en el artículo 6 de la resolución (expuestas en el módulo 1).

Tabla 2.3 Estándares de emisión admisibles de contaminantes al aire para actividades industriales a condiciones de referencia (25 °C y 760 mm Hg), con oxígeno de referencia del 11 %

Contaminante	Flujo del contaminante (kg/h)	Estándares de emisión admisibles de contaminantes (mg/m ³)	
		Actividades industriales existentes	Actividades industriales nuevas
Dioxinas y furanos	Todos	0,5*	

* Las dioxinas y furanos se expresan en las siguientes unidades: (ng-EQT / m³).

Artículo 56, Parágrafo: El estándar de emisión admisible para dioxinas y furanos es de 0,5 (ng-EQT/m³) a condiciones de referencia (25 °C, 760 mm Hg), con oxígeno de referencia del 11 %, su cumplimiento se debe verificar de acuerdo con lo establecido en el artículo 5 de la resolución.

Ejemplo 1

Para una industria de tratamiento de residuos peligrosos, se tienen los siguientes resultados de laboratorio en la medición de dioxinas y furanos. Calcule la concentración con la corrección de los cálculos respectivos e interprete si cumple o no los estándares permitidos por la Resolución 909 de 2008.

Parámetro	Resultado	Unidades
Presión barométrica (Pb)	680	mm Hg
Temperatura del gas (T)	33	°C
Oxígeno	20,7	%
Concentración de PCDD/F	0,3	ng/m ³

Paso 1

Convierta las unidades para el uso de las fórmulas de corrección de condiciones de referencia (C_{CR}) y corrección de oxígeno ($C_{CR(O_2,ref)}$):

Parámetro	Resultado	Unidades del resultado	Unidades de C_{CR}
Información de campo			
Presión barométrica (Pb)	680	mm Hg	mm Hg
Temperatura del gas (T)	33	°C	306,15 K
Oxígeno	20,7	%	%
Concentración de PCDD/F	0,3	ng/m ³	0,0000003 mg/m ³
Información de condiciones de referencia			
Presión	760	mm Hg	mm Hg
Temperatura	25	C	298,15 K

Paso 2

Calcule la corrección a condiciones de referencia, reemplazando los datos:

$$C_{CR} = C_{CL} \times \frac{T_{CL} \times P_{CR}}{T_{CR} \times P_{CL}} = 0,3 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3} \times \frac{306,15 \text{ K} \times 760 \text{ mm Hg}}{298,15 \text{ K} \times 680 \text{ mm Hg}}$$

$$= 0,344 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3}$$

Paso 3

Calcule la corrección de oxígeno, reemplazando los datos:

$$C_{CR(O_2,ref)} = C_{CR(X\%)} \times \frac{21\% - O_{2,ref}}{21\% - X\%} = 0,344 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3} \times \frac{21\% - 11\%}{21\% - 20,7\%}$$

$$= 11,467 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3}$$

Paso 4

Comparando los resultados contra el límite normativo de 0,5 (ng-EQT/m³), el valor obtenido es mayor al límite, por ende, se incumple la normatividad vigente

Ejemplo 2

Para un proceso industrial se tiene la siguiente información sobre una medición de dioxinas y furanos. Calcule la concentración con la corrección de los cálculos respectivos e interprete si cumple o no los estándares permitidos por la Resolución 909 de 2008.

Parámetro	Resultado	Unidades
Presión barométrica (Pb)	98.500	kPa
Temperatura del gas (T)	50	°C
Oxígeno	18	%
Cantidad de PCDD/F	4.817	pg EQT
Flujo de gas	13	ft ³ /hora
Tiempo de medición	488	minutos

Paso 1

Se convierten las unidades de acuerdo a lo que requiere la normatividad, quedando de la siguiente manera:

Parámetros	Resultado	Unidades
Presión barométrica (Pb)	738,8	mm Hg
Temperatura del gas (T)	323,15	K
Oxígeno	18	%
Cantidad de PCDD/F	4,817	ng EQT
Flujo de gas	0,368	m3 / hora
Tiempo de medición	8,133	hora

Paso 2

Se calcula la concentración teniendo en cuenta el tiempo de la medición, el flujo y la cantidad de contaminante encontrada:

$$4,817 \text{ ng EQT} \times \frac{\text{hora}}{0,368 \text{ m}^3} \times \frac{1}{8,133 \text{ horas}} = 1,609 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3}$$

Paso 3

Calcule la corrección a condiciones de referencia, reemplazando los datos:

$$C_{CR} = C_{CL} \times \frac{T_{CL} \times P_{CR}}{T_{CR} \times P_{CL}} = 1,609 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3} \times \frac{323,15 \text{ K} \times 760 \text{ mm Hg}}{298,15 \text{ K} \times 738,8 \text{ mm Hg}} = 1,794 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3}$$

Paso 4

Calcule la corrección de oxígeno, reemplazando los datos:

$$C_{CR(O_2 \text{ ref})} = C_{CR(X \%)} \times \frac{21\% - O_2 \text{ ref}}{21\% - X\%} = 1,794 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3} \times \frac{21\% - 11\%}{21\% - 18\%} = 5,98 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3}$$

Paso 5

Comparando los resultados contra el límite normativo de 0,5 (ng-EQT/m³), el valor obtenido es mayor al límite, por ende, se incumple la normatividad vigente.

2.2.9 Límites de decisión

Los límites de decisión son valores cercanos a los límites normativos y son definidos por cada empresa para tomar decisiones de manera informada.

Ejemplifiquemos:

Un proceso industrial a 70 °C, 14 % de O₂ y 740 mm Hg produce 0,280 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos. ¿Qué debería hacer la empresa?

Al realizar los cálculos se tiene que:

$$C_{CR} = 0,280 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3} \times \frac{343,5 \text{ K} \times 760 \text{ mm Hg}}{298,15 \text{ K} \times 740 \text{ mm Hg}} \times \frac{21\% - 11\%}{21\% - 14\%} = 0,47 \frac{\text{ng EQT}}{\text{m}^3}$$

Pareciera que, al comparar contra el límite normativo de 0,5 (ng-EQT/m³) la empresa cumple la normatividad vigente, pero solo basta un pequeño cambio en la temperatura del proceso, en el flujo de gas o en el contenido de oxígeno para generar un incumplimiento. Si debido a la incertidumbre de la medición o a la aproximación de resultados, el laboratorio hubiese reportado 0,3 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos, el resultado sería de 0,51 ng EQT/m³.

Resulta evidente que un proceso industrial que libera 5,10 ng EQT/m³ necesita enfocarse en acciones muy distintas a otro que emite 0,51 ng EQT/m³. Igualmente, una empresa que libera 0,480 ng EQT/m³ deberá tomar precauciones que quizá no sean necesarias para otra cuyas emisiones son de 0,048 ng EQT/m³.

En el siguiente capítulo se discutirán estas acciones a tomar, conocidas como Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y Mejores Prácticas Ambientales (MPA), el grado en que impactan la formación de contaminantes y las diferentes implicaciones técnicas asociadas.

Para casos en los que el panorama no es tan claro (por ejemplo, cuando se está cerca del límite normativo) es aconsejable que la empresa realice un trabajo más minucioso, considerando la incertidumbre de las distintas mediciones para asegurar los resultados. De igual manera, para cumplimientos dudosos (como 0,49 ng EQT/m³) es aconsejable que la empresa tome medidas preventivas adicionales, en lugar de esperar a una próxima medición, que bien podría resultar en un incumplimiento normativo.



2.3 Evaluación del capítulo

1

Una presión de 98.500 Pa corresponde a:

a. 98.500 m Hg

b. 739 mm Hg

c. 371,65 K

d. 2.789 m³

4

Un volumen de 20 ft³ corresponde a:

a. 0,15 m³

b. 0,020 ng EQT/m³

c. 293,15 K

d. 0,57 m³

2

Una temperatura de 37 °C corresponde a:

a. 232 mm Hg

b. 370,15 K

c. 310,15 K

d. 1,048 m³

5

Un proceso industrial a 75 °C, 15 % de O₂ y 716 mm Hg produce 0,294 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos. La concentración de sus emisiones a condiciones de referencia con corrección de oxígeno es:

a. 294 pg EQT/m³

b. 0,608 ng EQT/m³

c. 3,398 pg EQT/m³

d. 0,364 ng EQT/m³

3

Una cantidad de 681 pg EQT corresponde a:

a. 0,681 ng EQT

b. 681.000 ng EQT

c. 20 ft³

d. 273,15 K

6

Un proceso industrial a 68 °C, 18 % de O₂ y 735 mm Hg produce 389,5 pg EQT/m³ de dioxinas y furanos. La concentración de sus emisiones a condiciones de referencia con corrección de oxígeno es:

a. 0,390 ng EQT/m³

b. 0,461 ng EQT/m³

c. 1,536 ng EQT/m³

d. 0,481 ng EQT/m³

7

Un proceso industrial a 40 °C, 13 % de O₂ y 760 mm Hg produce 1.500 ng EQT de dioxinas y furanos. El flujo fue de 17 ft³ durante 6 horas. La concentración de sus emisiones a condiciones de referencia con corrección de oxígeno es:

a. 0,682 ng EQT/m³

b. 0,545 ng EQT/m³

c. 0,520 pg EQT/m³

d. 2,888 pg EQT/m³

8

El laboratorio determinó que una muestra contiene 50 pg de TCDD, 100 pg de PeCDD, 800 pg de TCDF y 600 pg de PeCDF. La cantidad de ng EQT presentes en la muestra son:

a. 1,550 ng EQT

b. 0,480 ng EQT

c. 0,233 ng EQT

d. 0,800 ng EQT

9

El laboratorio determinó que una muestra contiene 100 pg de TCDD, 20 pg de PeCDD, 400 pg de TCDF y 1.200 pg de PeCDF. La cantidad de ng EQT presentes en la muestra son:

a. 0,910 ng EQT

b. 0,409 ng EQT

c. 0,750 ng EQT

d. 1,720 ng EQT

10

Una empresa cuyo informe de emisiones revela que emite 0,480 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos:

a. No requiere hacer ninguna acción, pues cumple con la normatividad vigente.

b. Excede los límites permisibles y debe tomar acciones inmediatamente.

c. Puede considerarse amigable con el medio ambiente.

d. Debería tomar medidas para asegurar y disminuir sus emisiones.

11

Una empresa cuyo informe de emisiones revela que emite 6,500 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos:

a. No requiere hacer ninguna acción, pues cumple con la normatividad vigente.

b. Excede los límites permisibles y debe tomar acciones inmediatamente.

c. Puede considerarse amigable con el medio ambiente.

d. Debería tomar medidas para asegurar y disminuir sus emisiones.

12

¿Cuál es la distancia mínima a la cual es necesario identificar el área de influencia de una fuente de emisión?

a. 500 metros.

b. 800 metros.

c. 300 metros.

d. 100 metros.

13

¿Cuáles de las siguientes estructuras no se deben tener en cuenta en el área de influencia de una fuente de emisión?

a. Edificios y torres eléctricas.

b. Edificios y casas.

c. Vallas de publicidad y casas.

d. Vallas de publicidad y torres eléctricas.

15

El nombre del método que ayuda a determinar la concentración de dioxinas y furanos es una emisión es:

a. US-EPA 23.

b. NTC-ISO-17025.

c. Resolución 909 de 2008.

d. Reglamento Europeo 644.

14

Seleccione la practica que NO se debe de implementar en un punto de muestreo:

a. Altura de chimenea mínima de 15 metros.

b. Diámetro interno de los niples de mínimo 3 pulgadas.

c. Distancia mínima de un metro entre el equipo de medición y los obstáculos más cercanos.

d. Plataforma y escaleras con piso antideslizante.

16

Nombre de la entidad encargada de acreditar a los laboratorios en el uso del método para medición de dioxinas y furanos:

a. Autoridades ambientales.

b. IDEAM.

c. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

d. INVIMA.

2.4 Bibliografía

- Fernández, I., Fuentes, A. y García, E. (2011). *Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQT) de Dioxinas*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29721/EQT.pdf>

ICONTEC. (2017, 6 de diciembre). *Norma Técnica NTC-ISO/IEC Colombiana 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. <https://tienda.icontec.org/gp-requisitos-generales-para-la-competencia-de-los-laboratorios-de-ensayo-y-calibracion-ntc-iso-iec17025-2017.html>

- <https://tienda.icontec.org/gp-requisitos-generales-para-la-competencia-de-los-laboratorios-de-ensayo-y-calibracion-ntc-iso-iec17025-2017.html>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Resolución 909 de 2008*. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527650/Resolucion+909+de+2008.pdf>

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Protocolo-Fuentes-Fijas.pdf>

Unión Europea. (2017). Reglamento (UE) 2017/644 de la Comisión. Por el que se

- establecen métodos de muestreo y de análisis para el control de los niveles de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en determinados productos alimenticios y por el que se deroga el Reglamento (UE) n.o 589/2014. *Diario Oficial L 92*. <https://www.boe.es/doue/2017/092/L00009-00034.pdf>

United States Environmental Protection Agency (US-EPA). (2017, 8 de marzo). *Method 23. Determination of Polychlorinated Dibenzo-P-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Stationary Sources*. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-08/documents/method_23.pdf

CAPÍTULO

Mejores Técnicas Disponibles y Mejores Prácticas Ambientales para mitigar la liberación de COPNI



Competencias a desarrollar:

Comprender las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) y las Mejores Prácticas Ambientales (MPA) existentes para mitigar la liberación de los COPNI en la gestión de residuos, producción agrícola, industria metalúrgica y otros sectores.

3.1 Estrategias MTD y MPA para mitigar las emisiones de COPNI

De acuerdo con el documento de *Directrices sobre Mejores Técnicas Disponibles y orientación provisional sobre Mejores Prácticas Ambientales conforme al Artículo 5 y Anexo C del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes*, en el marco del Convenio de Estocolmo, aparecen las siguientes definiciones:

- **Mejores Técnicas Disponibles (MTD):** es la etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de actividades y sus métodos de operación, que indican la idoneidad práctica de técnicas específicas para proporcionar, en principio, la base de la limitación de las liberaciones destinada a evitar y, cuando no sea viable, reducir en general las liberaciones de las sustancias incluidas en la parte I del anexo C y sus efectos en el medio ambiente en su conjunto. Al respecto, se entiende que:
 - **Técnicas:** incluye tanto la tecnología utilizada como el modo en que la instalación es diseñada, construida, mantenida, operada y desmantelada.
 - **Disponibles:** son aquellas técnicas que resultan accesibles al operador y que se han desarrollado a una escala que permite su aplicación en el sector industrial pertinente en condiciones económicas y técnicamente viables, teniendo en consideración los costos y las ventajas.
 - **Mejores:** se entiende por las técnicas más eficaces para lograr un alto grado general de protección del medio ambiente en su conjunto.
 - **Mejores Prácticas Ambientales (MPA):** es la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental.

- **Nueva fuente:** se refiere a cualquier fuente cuya construcción o modificación sustancial se haya comenzado por lo menos un año después de la fecha de: entrada en vigor del Convenio de Estocolmo para la parte interesada; o entrada en vigor para la parte interesada de una enmienda del anexo C, en virtud de lo cual la fuente queda sometida a las disposiciones del Convenio, exclusivamente en virtud de esa enmienda.

En la parte I del anexo C del Convenio de Estocolmo sobre COP, se mencionan los COP sujetos a los requisitos del artículo 5:

- Dibenzoparadióxinas y dibenzofuranos policlorados (PCDD/PCDF).
- Hexaclorobenceno (HCB) (No. CAS: 118-74-1).
- Bifenilos policlorados (PCB).

Y en la parte V, se encuentran las orientaciones generales sobre las MTD y las MPA sobre la prevención o reducción de las liberaciones de las sustancias incluidas en la parte I.

3.1.1 Medidas generales de prevención relativas a las MTD y a las MPA

- Utilización de una tecnología que genere pocos desechos.
- Utilización de sustancias menos peligrosas.
- Fomento de la regeneración y el reciclado de los desechos y las sustancias generadas y utilizadas en los procesos.
- Sustitución de materias primas que sean COP o en el caso de que exista un vínculo directo entre los materiales y las liberaciones de COP de la fuente.

- Programas de buen funcionamiento y mantenimiento preventivo.
- Mejoramiento de la gestión de desechos con miras a poner fin a la incineración de desechos a cielo abierto y otras formas incontroladas de incineración, incluida la incineración de vertederos. Al examinar las propuestas para construir nuevas instalaciones de eliminación de desechos, deben considerarse alternativas como, por ejemplo, las actividades para reducir al mínimo la generación de desechos urbanos y médicos, incluidos la regeneración de recursos, la reutilización, el reciclado, la separación de desechos y la promoción de productos que generan menos desechos. Dentro de este criterio deben considerarse cuidadosamente los problemas de salud pública.
- Reducción al mínimo de esos productos químicos como contaminantes en otros productos.
- Evitar el cloro elemental o productos químicos que generan cloro elemental para blanqueo.

3.1.2 Mejores Técnicas Disponibles

El concepto de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) no está dirigido a la prescripción de una técnica o tecnología específica, sino a tener en cuenta las características técnicas de la instalación tratada, de su ubicación geográfica y las condiciones ambientales locales. Las técnicas de control apropiadas para reducir las liberaciones de las sustancias incluidas en la parte I son en general las mismas. Al determinar las MTD se debe prestar atención especial, en general o en casos concretos, a los factores que figuran a continuación, teniendo en cuenta los costos y beneficios probables de una medida y las consideraciones de precaución y prevención:

Consideraciones generales

Naturaleza, efectos y masa de las emisiones de las que se trate (las técnicas pueden variar dependiendo del tamaño de la fuente).

- Fechas de puesta en servicio de las instalaciones nuevas o existentes.

- Tiempo necesario para incorporar la MTD.
- Consumo y naturaleza de las materias primas utilizadas en el proceso y su eficiencia energética.
- Necesidad de evitar o reducir al mínimo el impacto general de las liberaciones en el medio ambiente y los peligros que representan para este.
- Necesidad de evitar accidentes y reducir al mínimo sus consecuencias para el medio ambiente.
- Necesidad de salvaguardar la salud ocupacional y la seguridad en los lugares de trabajo.
- Procesos, instalaciones o métodos de funcionamiento comparables, que se han ensayado con resultados satisfactorios a escala industrial.
- Avances tecnológicos y cambio de los conocimientos y la comprensión en el ámbito científico.

Medidas de reducción de las liberaciones de carácter general

Al examinar las propuestas de construcción de nuevas instalaciones o de modificación importante de instalaciones existentes que utilicen procesos que liberan las sustancias incluidas en el anexo c del Convenio de Estocolmo sobre COP, deberán considerarse de manera prioritaria los procesos, técnicas o prácticas de carácter alternativo que tengan similar utilidad, pero que eviten la formación y liberación de esos productos químicos. En los casos en que dichas instalaciones vayan a construirse o modificarse de forma importante, además de las medidas de prevención descritas en la sección A de la parte V, para determinar las MTD, se podrán considerar también las siguientes medidas de reducción:

- Empleo de métodos mejorados de depuración de gases de combustión, como la oxidación termal o catalítica, la precipitación de polvos o la adsorción.

- Tratamiento de residuos, aguas residuales, desechos y lodos de alcantarillado mediante, por ejemplo, tratamiento térmico, volviéndolos inertes o mediante procesos químicos que les quiten la toxicidad.
- Cambios de los procesos que den lugar a la reducción o eliminación de las liberaciones, tales como la adopción de sistemas cerrados.
- Modificación del diseño de los procesos para mejorar la combustión y evitar la formación de las sustancias incluidas en el anexo, mediante el control de parámetros como la temperatura de incineración o el tiempo de residencia (PNUMA, 2007).

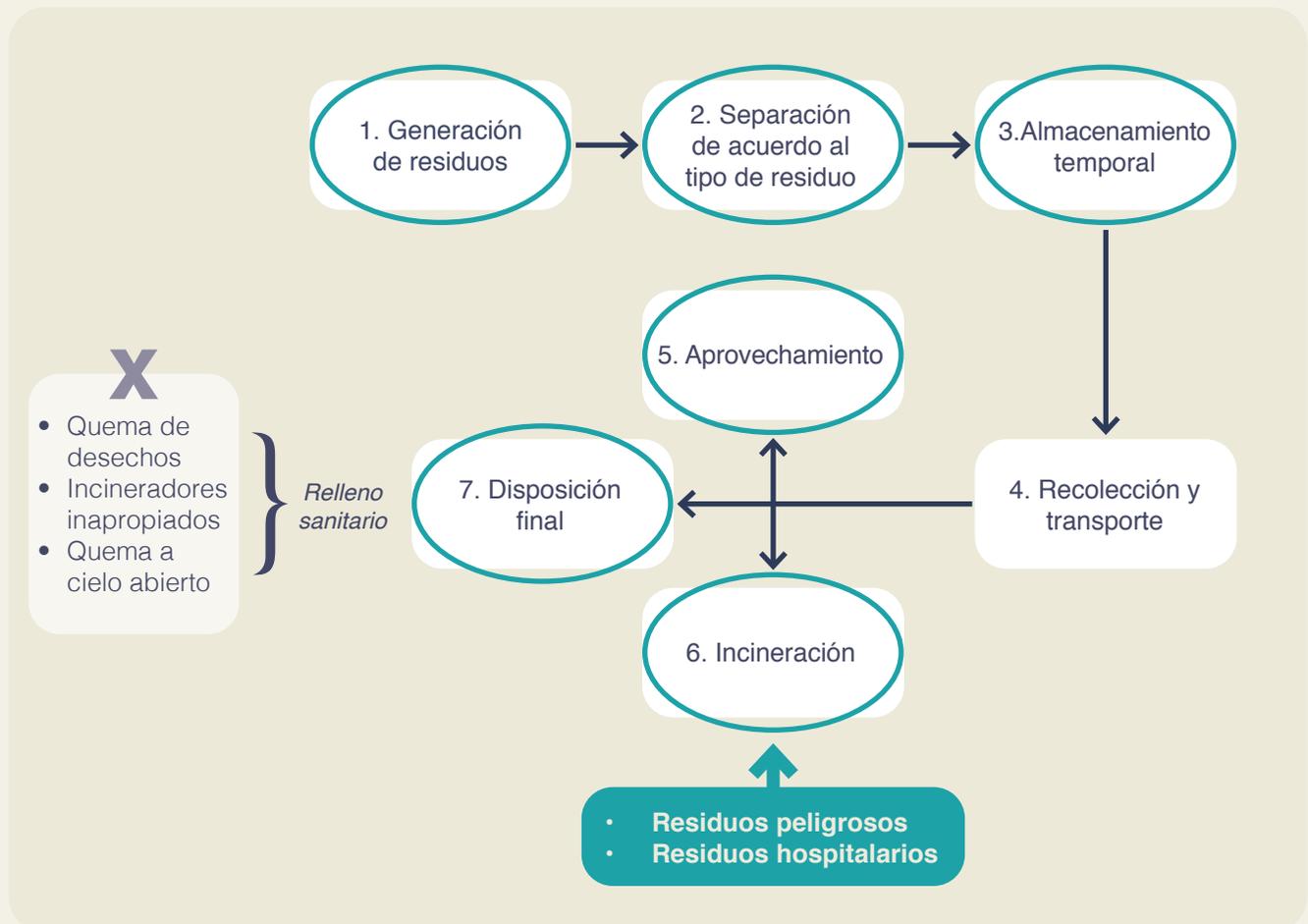
A continuación, se describen los sectores típicos en los cuales se pueden formar y emitir los COP, incluyendo las MTD y MPA aplicables:

3.2 MTD y MPA en la gestión de residuos

Una de las técnicas utilizadas en la gestión de los residuos es la incineración, la cual permite reducir el volumen, peso y modificar la composición de los residuos, pero de igual forma, constituye una fuente con un potencial elevado en la formación involuntaria de COP y de su liberación en el medio ambiente (PNUMA, 2007).

Con el objetivo de prevenir la formación o disminución en la liberación de COP durante el proceso de incineración de residuos, incluidas las co-incineradoras de residuos peligrosos (Respel) o residuos hospitalarios, se recomienda la implementación de las MPA y de las MTD aplicables, desde la generación del residuo y pasando por algunas de las etapas de gestión de residuos donde se puedan aplicar, como se puede apreciar en la tabla 3.1.

Figura 3.1 Diagrama de gestión de residuos



Fuente: elaboración propia.

Tabla 3.1 MTD y MPA para gestión de residuos

Etapa de la gestión	MTD	Aspectos importantes	MPA	Aspectos importantes
Etapa 1			<ul style="list-style-type: none"> • Prevención y reducción del volumen de desechos. Reducción en la fuente, en lo que respecta tanto a su cantidad como a su potencial contaminante. • Promover productos duraderos y reutilizables, empleando materiales y diseños de productos que impidan la toxicidad y otras características peligrosas y que permitan la refabricación, recuperación del material y reciclado al final de su vida útil. 	
Etapa 2			<ul style="list-style-type: none"> • Separación en la fuente. • Reutilizar o reciclar. • Capacitación y sensibilización al personal. 	Entre los principios importantes que se aplican a la prevención y reducción de desechos están el principio de reducción desde la fuente, el del ciclo de vida integrado y el de máxima recuperación de componentes reutilizables y reciclables, que se facilita, en muchos casos, separando desde la fuente los desechos que pueden ser compostados, reutilizados o reciclados.
Etapa 3	<p>Para la selección del sitio: hay que tener en cuenta la calidad ambiental preexistente, la naturaleza de los desechos, el costo y la factibilidad de aplicar una técnica particular, la disponibilidad, el grado de utilización y el costo, además de factores económicos, comerciales y políticos locales.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Inspección y clasificación de desechos. • Reducción de los periodos de almacenamiento de los residuos. 	

Etapa de la gestión	MTD	Aspectos importantes	MPA	Aspectos importantes
Etapa 4	<p>Para la selección del sitio: es importante tener en cuenta la calidad ambiental preexistente, naturaleza de los desechos, el costo y la factibilidad de aplicar una técnica particular, la disponibilidad, el grado de utilización y el costo, además de factores económicos, comerciales y políticos locales.</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación. • Reciclaje y valorización. • Manipulación, almacenamiento y pretratamiento adecuados, dependiendo del tipo de residuo. 	<p>Para que en todas las etapas (sistema de recolección, actividades de reciclado y eliminación final) las soluciones sean eficaces, deberían adaptarse a las circunstancias locales, teniendo en cuenta factores como la posibilidad de evitar los desechos, su composición, los posibles procesos de reciclado, las estructuras existentes, así como aspectos financieros, económicos y sociales.</p>
Etapa 5	<p>Para el ingreso y control de desechos: es necesario mantener la limpieza general y establecer y mantener controles de calidad para el ingreso de desechos.</p> <p>Para la combustión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mezclar el combustible con aire para disminuir la permanencia de concentraciones de productos de combustión con una gran carga de combustible. • Obtener temperaturas lo suficientemente altas en presencia de oxígeno para destruir las especies de hidrocarburos. • Prevenir zonas de enfriamiento o corredores de baja temperatura que permitan que salga de la cámara de combustión, combustible parcialmente reaccionado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para evitar emisiones de gases o partículas, los incineradores deben estar equipados con sistemas eficaces de limpieza de gases de combustión que, en muchos casos, funcionan con convertidores catalíticos o añadiendo carbón activado a los gases de combustión o depuradores. Si se descarga agua de los depuradores, esta debe ser tratada. Las cenizas volantes de los precipitadores electrostáticos y los residuos de los equipos de contaminación atmosférica casi siempre contienen cantidades considerables de sustancias del anexo C del Convenio de Estocolmo sobre COP, por lo que estos desechos deben ser eliminados en condiciones controladas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción de incombustibles (metales ferrosos y no ferrosos in situ) en la incineradora. • Manipulación, almacenamiento y pretratamiento adecuados dependiendo del tipo de residuo. • Reducción de los periodos de almacenamiento de los residuos. • Carga de desechos: lograr una buena mezcla y cargar adecuadamente las tolvas de alimentación para mantener un rendimiento óptimo. • Asegurar una buena combustión: controlar debidamente los parámetros de combustión y de escape. • Evitar arranques en frío, alteraciones y suspensiones. • Inspecciones regulares del incinerador, almacenamiento y sistemas de control ambiental. 	<p>Las actividades de información, sensibilización y capacitación relativas a los problemas ambientales y la protección de la salud pueden significar co-beneficios para la reducción de las sustancias del anexo C y otros contaminantes.</p>

Etapa de la gestión	MTD	Aspectos importantes	MPA	Aspectos importantes
Etapa 5	<p>Para el tratamiento de gases de combustión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de material particulado <ul style="list-style-type: none"> • Procesos de separación de polvos como: uso de ciclones, precipitadores electrostáticos y filtros de tela, reducirán las emisiones en el medio ambiente de material particulado y contaminantes asociados con este. • Procesos de depuración: estas medidas reducirán las emisiones de material particulado mediante el uso de eliminadores de neblina eficaces y pueden reducir contaminantes gaseosos como gases ácidos y mercurio. • Eliminación del gas ácido Procesos de depuración que junto con el uso de eliminadores de neblina eficaces pueden reducir contaminantes gaseosos como gases ácidos y mercurio. La desulfurización de gases de combustión reducirá las emisiones de SO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> • La necesidad de un control fidedigno de los parámetros de combustión, los requisitos de sistemas muy tecnificados de limpieza de gases de combustión, y la inversión necesaria para la recuperación de energía (calderas, turbinas, generadores eléctricos) pueden explicar la razón por la que los incineradores cuentan con tecnología desarrollada, eficiente y costosa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un sistema de vigilancia y monitoreo de los parámetros operativos principales, como el monóxido de carbono (CO), el índice de flujo volumétrico, la temperatura y el contenido de oxígeno. • Manejo y disposición final adecuada de los residuos (cenizas de fondo y cenizas volantes) del incinerador. • Capacitación de los operadores. • Sensibilización y comunicación permanentes entre la comunidad y las autoridades correspondientes (PNUMA, 2007). 	

Etapa de la gestión	MTD	Aspectos importantes	MPA	Aspectos importantes
Etapa 5	<ul style="list-style-type: none"> • Refinamiento de gases de combustión Se puede lograr la reducción de emisiones de dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF) mediante los siguientes procesos de limpieza de gases de escape: <ul style="list-style-type: none"> • Cámaras de postcombustión • Sistemas de enfriamiento brusco • Separación de polvos • Procesos de depuración • Procesos de sorción • Oxidación catalítica • Eliminación por óxidos de nitrógeno (NOx) usando un catalizador <p>Para la gestión de los residuos sólidos derivados de la incineración: Mantener la separación de los residuos durante el tratamiento, gestión y eliminación, como por ejemplo las cenizas de fondo separadas de cenizas volantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento para cenizas de fondo y de caldera • Reutilizar las cenizas de fondo, una vez hayan sido analizadas y tratadas. • Tratamiento de residuos de gases de combustión. 			
	<p>Para el tratamiento de efluentes (depuración húmeda).</p>			

Etapa de la gestión	MTD	Aspectos importantes	MPA	Aspectos importantes
Etapa 6	<p>Para el tratamiento de residuos sanitarios con tratamiento térmico sin combustión y otros tratamientos: uso de técnicas alternativas como esterilización por vapor (autoclave), microondas, calor seco, hidrólisis alcalina o tratamientos biológicos.</p>	<p>Estas técnicas no generan ni liberan sustancias relacionadas al anexo C del Convenio de Estocolmo; sin embargo, solo es aplicable a desechos infecciosos. Se requiere considerar otro tipo de riesgos, como los riesgos químicos y de manipulación de residuos y equipos, etc. Requiere considerar varios factores para cada caso particular (legalidad, espacio, ruido, olores, etc.).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en la fuente: eliminación o cambio del material, o sustitución del producto, cambio de tecnología o proceso, adquisiciones preferenciales, buenas prácticas operativas. • Separación: es la clave para la gestión eficaz de desechos médicos y garantiza que se sigan las vías de eliminación correctas. • Recuperación y reciclaje de recursos: <ul style="list-style-type: none"> • Reciclar material de embalaje, papelería, vidrio y otros materiales reciclables. • Comprar productos hechos de material reciclado. • Compostar los desechos de alimentos orgánicos. • Recuperar la plata de las sustancias químicas fotográficas. • Capacitación del personal: apuntando siempre al conocimiento de sus funciones, responsabilidades y riesgos. • Recolección y transporte: para minimizar el riesgo biológico asociado a los residuos y conservar la disminución y segregación de estos. 	<p>Los objetivos principales de la gestión de desechos hospitalarios son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aminorar los riesgos para las personas y el ambiente. • Disminuir la generación de residuos. • Separar los residuos. • Establecer métodos seguros de transporte y recolección. • Tratar y eliminar los desechos de manera ambientalmente racional. <p>Para esto se requiere:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar la naturaleza y cantidad de los desechos. • Determinar alternativas para minimizar la generación de desechos. • Establecer sistemas de separación, recolección y almacenamiento eficaces. • Establecer las responsabilidades del personal. • Prever la documentación y el control adecuados para la eliminación de desechos. • Calcular los costos de las distintas actividades.
Etapa 7			<p>Se deberán emplear métodos mejorados de gestión de desechos con el fin de evitar la quema de desechos a cielo abierto y otros procesos no controlados durante la disposición final.</p>	

Por último, es importante mencionar que, para alcanzar una óptima implementación de las MTD, previamente se debe realizar un análisis de las condiciones del lugar, de la naturaleza de los residuos y demás variables costo-efectivas a considerar. Así mismo, se debería dar prioridad a los métodos que evitan la formación y liberación de las sustancias incluidas en el anexo C del Convenio de Estocolmo, ya que cualquier medida a aplicar es importante en la prevención y mitigación de la liberación de COPNI.

3.3 MTD y MPA en la producción agrícola

Una de las fuentes de COP en el sector agrícola corresponde a la quema intencional de biomasa (madera, vegetación, cascara de café, corontas y tallos de maíz, caña de azúcar o cascarilla de arroz).

La liberación de PCDD/PCDF en esta categoría se produce porque la combustión se desarrolla en condiciones en las que los combustibles no se encuentran uniformemente mezclados (a diferencia de los procesos de combustión controlada), presenta deficiencia de oxígeno, presencia de precursores clorados y metales catalíticamente activos (Suárez, 2007) presentes en los cultivos por medio de la aplicación de plaguicidas y fertilizantes.

Las MPA y las MTD para minimizar el impacto por la liberación de COP se presentan a continuación:

Tabla 3.2 MTD y MPA en la producción agrícola

MTD	MPA
Planificar cuidadosamente las quemas prescritas en función de las condiciones climáticas permitirá un mayor control.	Reducir la cantidad de material que se elimina por quema.
Evitar la exposición potencial de las poblaciones ubicadas en la misma dirección del viento que los contaminantes atmosféricos.	Implementar la cosecha mecanizada, en conjunto con usos alternativos y no destructivos de los materiales cosechados, puede reducir la necesidad de una quema generalizada.
Disminuir la aplicación de sustancias químicas en la agricultura y silvicultura, de conformidad con las necesidades locales y con los principios de una buena gestión.	Usos alternativos y no destructivos de los materiales cosechados.

MTD	MPA
<p>Cuando los materiales cosechados puedan retirarse de forma mecánica y posean usos alternativos, pueden evitarse las quemadas ocasionales; sin embargo, en ciertas circunstancias locales, las pequeñas quemadas prescritas podrían incluirse en un plan general de gestión de suelos si sirven para prevenir incendios involuntarios que sean más devastadores y que generen emisiones mayores de COP.</p>	<p>Realizar el almacenaje adecuado de las cosechas.</p>
<p>Evitar la combustión lenta, incluso apagando directamente el fuego. La combustión lenta es la fase de la combustión asociada a la mayor producción de COP.</p>	<p>Los desechos de las cosechas pueden procesarse para obtener forraje, fermentarse, dejarse descomponer <i>in situ</i> o ser compostados.</p>
	<p>Madera de buena calidad puede ser procesada y reincorporada al ciclo de vida.</p>
	<p>Los residuos de agrícolas o de huerta pueden ser compostados y usados para mejorar los suelos.</p>
	<p>La biomasa no tradicional puede usarse como materia prima para papel.</p>
	<p>Reformar prácticas agrícolas. Aplicar técnicas de reemplazo de quemadas, cuando sea pertinente para la región y para los cultivos.</p>

Para ver las acciones y proyectos que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible está adelantando en este tema, puede revisar el video “Biomasa: más cultivos, menos quemadas” disponible en <https://youtu.be/DI5qHUBRbGs>

3.4 MTD y MPA en la industria metalúrgica



A continuación, se presentan las medidas primarias y secundarias para reducir o eliminar las emisiones de algunos COP, principalmente los PCDD y PCDF, derivadas de diferentes procesos de la industria metalúrgica en Colombia, como:

- 1 Producción secundaria de cobre.
- 2 Plantas de sinterización en la industria del hierro y el acero.
- 3 Producción secundaria de aluminio.
- 4 Producción secundaria de zinc.
- 5 Producción secundaria de acero.
- 6 Fundición primaria de metales comunes.

Las medidas están orientadas tanto para nuevas instalaciones como para las ya existentes. Respecto a las medidas existentes, se cuenta con las siguientes definiciones:

Medidas primarias: aquellas medidas para prevenir la contaminación con el fin de reducir o evitar la formación y liberación de COP.

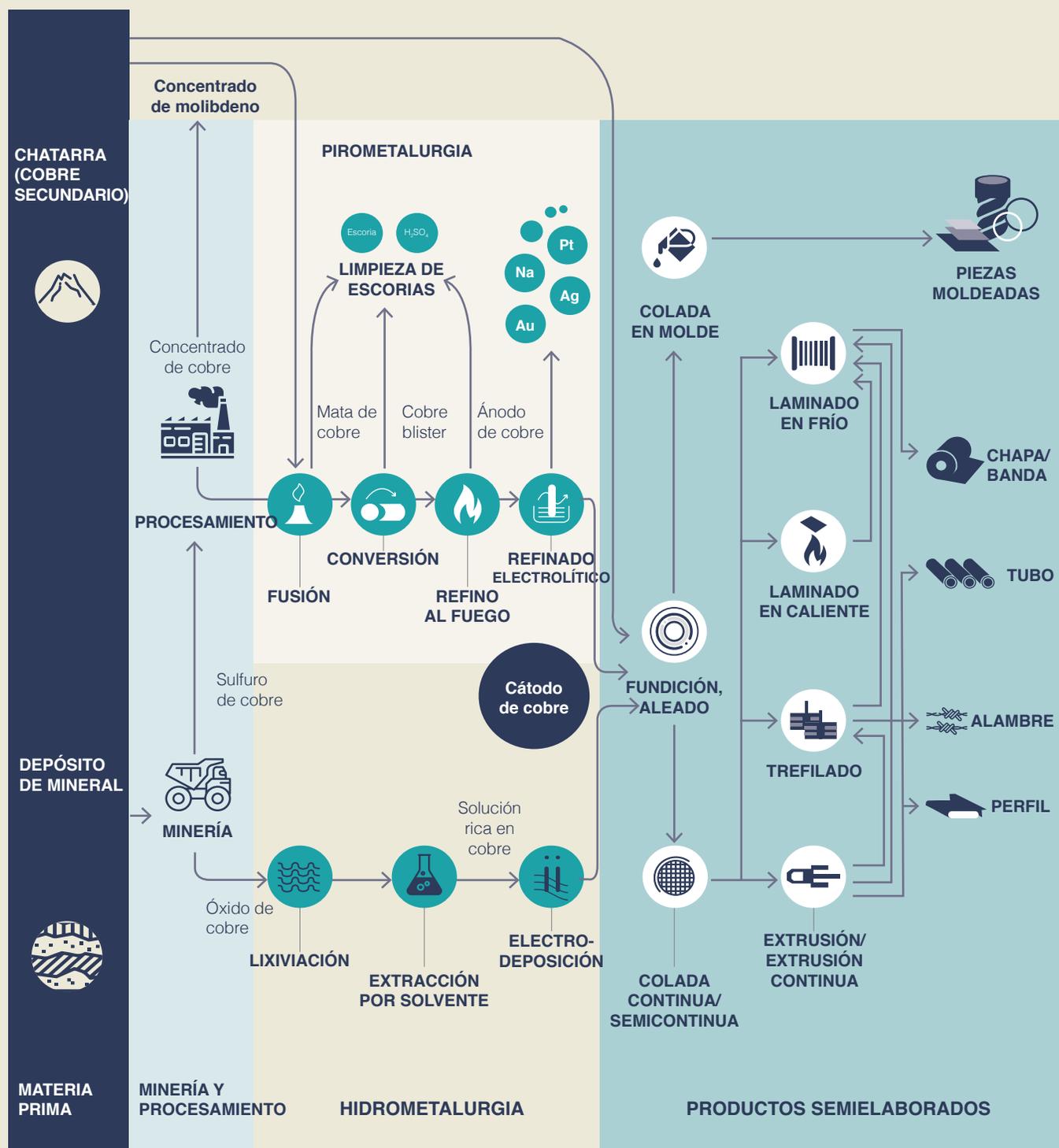
Medidas secundarias: tecnologías o técnicas para controlar la contaminación. Estos métodos no eliminan la generación de contaminantes, pero constituyen un medio para controlar, prevenir o reducir las emisiones.

Se recomienda que las medidas primarias se ejecuten en conjunto con las medidas secundarias apropiadas para asegurar la máxima disminución posible de emisiones, teniendo en cuenta el tipo de proceso y realidad de cada empresa para llegar a su potencial aplicación.

3.4.1 Producción secundaria de cobre

La fundición secundaria de cobre consiste en la producción de cobre a partir de fuentes como chatarra de cobre, sedimentos, chatarra de computadores y aparatos electrónicos (RAEE), y escorias de refinerías. Los procesos que implica la producción de cobre son el pretratamiento del material, la fundición, la aleación y el vaciado. A continuación, se presenta un diagrama general del proceso.

Figura 3.2 Producción de cobre



Fuente: Instituto Europeo del Cobre. Copper Alliance (s. f.).

Las medidas recomendadas para la producción secundaria de cobre son:

Tabla 3.3 MTD y MPA en la producción secundaria de cobre

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
<p>Para nuevas plantas deberían considerarse los diversos procesos de fundición recomendados</p>	<p>Procesos de fundición y reducción recomendados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Altos hornos. • Mini horno de fundición (mini smelter totalmente cerrado). • Horno rotatorio con alimentación de aire por la parte superior (TBRC). • Horno de arco eléctrico sumergido sellado. • Fundición ISA. • ISASMELT – KRS. • Convertidor Peirce-Smith. • Horno de reverberación con solera, horno de cubilote con solera y proceso Contimelt para tratar chatarra de cobre limpia, sin contaminación orgánica. 	<p>Estas son consideradas MTD en combinación con sistemas adecuados para recolección de gases y reducción.</p> <p>El horno rotatorio con alimentación de aire por la parte superior (totalmente cerrado) y el convertidor Peirce-Smith son MTD para la conversión.</p> <p>El horno de arco eléctrico sumergido está sellado y es más limpio que otros modelos si el sistema de extracción de gases está correctamente diseñado y dimensionado.</p>
<p>Medidas primarias</p>	<p>1. Preclasificación del material de alimentación a partir de procesos recomendados como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Control estricto de las fuentes de materiales. • Eliminación de aceites del material de alimentación (por ejemplo, eliminación térmica de revestimientos y lubricantes seguida de postcombustión, para destruir cualquier material orgánico presente en los gases residuales, el lavado con una solución acuosa de detergentes es una posible técnica adicional para eliminar el aceite). • Uso de técnicas de molienda y trituración con buenos sistemas de extracción y reducción de polvo. • Eliminación de plásticos por desforramiento de cables (por ejemplo, posibles técnicas criogénicas para hacer friables los plásticos y fáciles de separar). <p>Con vistas a aumentar el rendimiento de la recuperación secundaria de la escoria se pueden emplear las siguientes técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separación manual para grandes constituyentes visibles. • Separación magnética para metales ferrosos. • Separación óptica o mediante corrientes de Foucault para aluminio. • Separación de densidad relativa para la de diferentes constituyentes metálicos y no metálicos. 	<p>Debería evitarse la presencia de aceites, materiales orgánicos y compuestos clorados en el material de alimentación para reducir la generación de PCDD/PCDF durante una combustión incompleta o en la síntesis de novo. Después de los procesos térmicos para eliminar revestimientos y aceites debería realizarse una postcombustión para destruir cualquier material orgánico de los gases de escape.</p>

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas primarias	<p>2. Control efectivo del proceso Deberían usarse sistemas de control de proceso para mantener la estabilidad de este y para que opere a niveles paramétricos que contribuyan a disminuir la generación de las sustancias del anexo C.</p>	<p>Las emisiones de PCDD/PCDF pueden disminuirse controlando otras variables como temperatura, tiempo de residencia, composición de gases y los reguladores de tiro para captación de vapores después de establecer las condiciones óptimas de funcionamiento para la reducción de los PCDD/PCDF.</p>
Medidas secundarias	<p>1. Captación de vapores y gases Las medidas para evitar o reducir las emisiones difusas del pretratamiento son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cintas transportadoras o sistemas neumáticos de transferencia cubiertos. • Recinto cerrado. • Uso de sistemas de supresión de polvo, como cañones o aspersores de agua. • Equipos cubiertos. • Sistema de extracción como una campana. <p>Las medidas para evitar o reducir las emisiones difusas procedentes de la operación de carga, fusión y sangría son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Briquetación y peletización de las materias primas. • Sistema de carga cerrado como un quemador de chorro individual, cierre estanco de las puertas, cintas transportadoras o alimentadoras cerradas. • Funcionamiento del horno y la ruta de gas a presión negativa y una velocidad de extracción de gas suficiente. • Cerramientos o campanas de captura en los puntos de carga y sangría. • Instalar el horno en una envoltura con ventilación. • Mantener el cierre estanco del horno. • Mantener la temperatura del horno en el mínimo necesario. • Sistemas de succión mejorados. • Recinto cerrado en combinación con otras técnicas para captar las emisiones difusas. • Sistema de carga de doble depósito. • Utilizar cubiertas en la boca de los hornos anódicos rotatorios. 	<p>La captación efectiva de vapores y gases residuales debería realizarse en todas las etapas del proceso de fundición para capturar las emisiones de PCDD/PCDF. Por su elevado gasto energético, conviene evitar la captura de vapores en la línea del techo.</p>

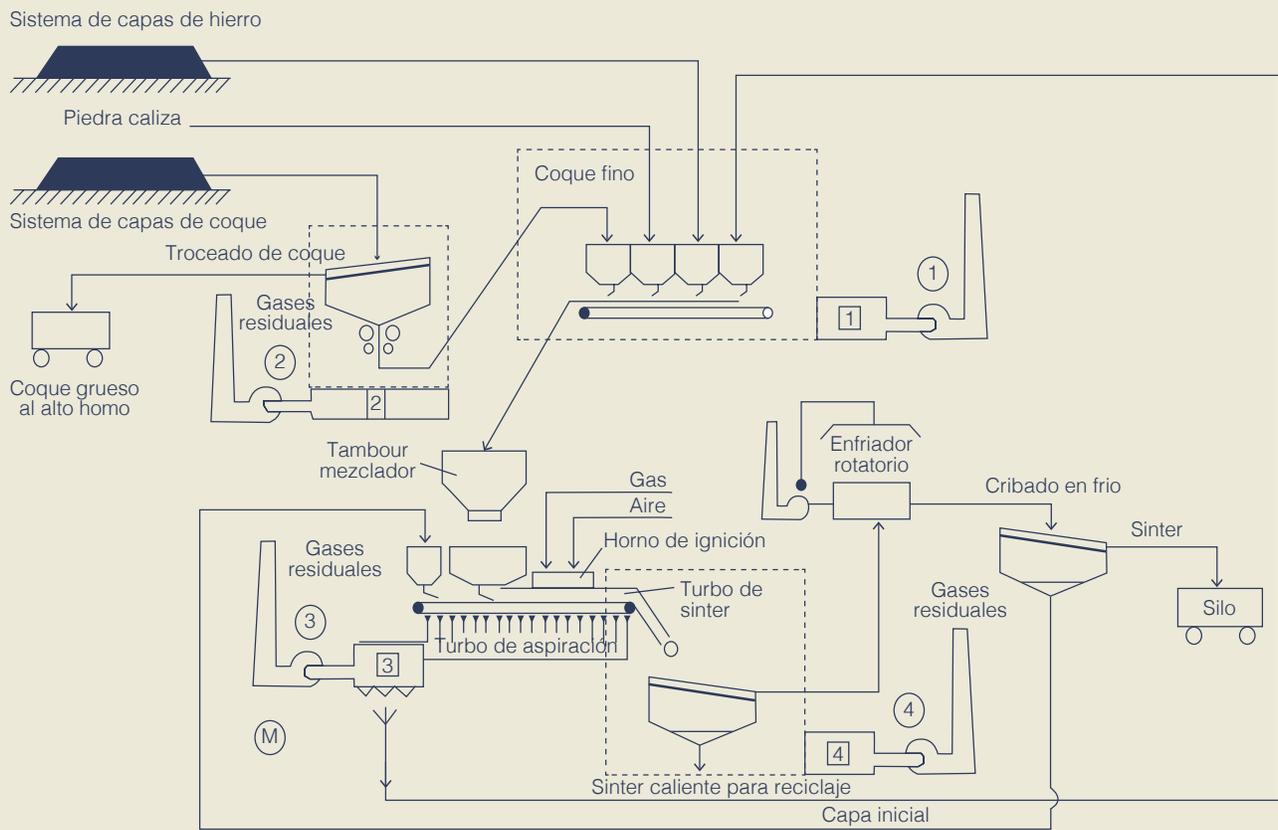
Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas secundarias	<p>2. Eliminación del polvo de alta eficiencia Procesos recomendados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtros de tela (método más eficaz). • Depuradores húmedos y secos en combinación con filtros de cerámica ESP. 	<p>Los polvos y compuestos metálicos deberían eliminarse ya que este material tiene una alta área superficial en la que los PCDD/PCDF pueden adsorberse de forma fácil. La eliminación de este polvo contribuiría a reducir las emisiones de PCDD/PCDF.</p> <p>La eliminación de polvo debe ser seguida de una postcombustión y enfriamiento rápido. El polvo capturado debe tratarse en hornos de alta temperatura para destruir PCDD/PCDF y recuperar metales.</p>
	<p>3. Postcombustión u oxidantes térmicos regenerativos y enfriamiento rápido Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formación de PCDD/PCDF entre 250 °C y 500 °C, y destrucción a > 850 °C con O₂. • Necesidad de suficiente O₂ en el área superior del horno para una combustión completa. • Necesidad de un diseño y operación adecuado de los sistemas de enfriamiento para disminuir el periodo de reformación. 	<p>Las cámaras de postcombustión o los oxidantes térmicos regenerativos deberían operar a temperaturas de >950 °C para garantizar la combustión total de los compuestos orgánicos, luego, los gases calientes deben enfriarse rápidamente hasta temperaturas de menos de 250 °C.</p> <p>Hay que tener en cuenta que siempre se puede producir una síntesis de novo al enfriarse los gases por la ventana de reformación.</p>
	<p>4. Adsorción por carbón activado Procesos recomendados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento con carbón activado usando reactores de lecho fijo o móvil. • Inyección de agente adsorbente (carbón pulverizado) en la corriente de gas seguido de un sistema eficiente de recolección de polvo. • También pueden utilizarse combinaciones de cal y carbón. 	<p>Debería considerarse el tratamiento por carbón activado ya que este material posee una gran área superficial, en la que se pueden adsorber los PCDD/PCDF de los gases residuales de fundición.</p>
	<p>5. Oxidación catalítica (Nueva investigación) Consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proceso efectivo para los contaminantes en fase vapor. • Tratar el ácido clorhídrico utilizando depuradores y liberando el agua y el CO₂ al aire después del enfriamiento. • Los filtros de tela empleados para eliminar el polvo también pueden ser tratados con un revestimiento catalítico para promover la oxidación de los compuestos orgánicos a altas temperaturas. 	<p>La oxidación catalítica es una tecnología incipiente, utilizada en incineradoras de desechos para reducir emisiones de PCDD y PCDF, que debería ser considerada por su alta eficiencia y bajo consumo energético.</p> <p>La oxidación catalítica convierte los compuestos orgánicos en agua, dióxido de carbono (CO₂) y ácido clorhídrico con un catalizador de metal precioso para que la tasa de reacción suba hasta situarse entre 370 °C y 450 °C.</p> <p>Nota: Se precisaría un trabajo de validación antes de poner en práctica este proceso ya que es sensible a las condiciones del gas de combustión y tiene un costo elevado.</p>

3.4.2 Plantas de sinterización en la industria del hierro y el acero

Las plantas de sinterización de hierro pueden usarse en la fabricación de hierro y acero, con frecuencia en acerías integradas. El proceso de sinterización es una fase de pretratamiento en la producción de hierro en la que partículas finas

de minerales de hierro y, en algunas plantas, desechos secundarios de óxido de hierro (polvo capturado, cascarilla de laminación) se aglomeran por combustión. A continuación, se presenta un diagrama general del proceso.

Figura 3.3 Diagrama del proceso de una planta de sinterización



Equipo del filtro

- 1 Combinación y mezcla ①
- 2 Troceado de coque ②
- 3 Desempolvamiento de gases residuales ③
- 4 Desempolvado de aire de ventilación sec. ④
- (M) Monitoreo

Fuente: PNUMA (2007).

Las medidas recomendadas para procesos de sinterización de hierro son:

Tabla 3.4 MTD y MPA en la sinterización de hierro

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Para nuevas plantas de sinterización de hierro	<ul style="list-style-type: none"> • Plantas de peletización. • Reducción directa de hierro en hornos de cubilote (Midres®, HyL), hornos rotatorios (proceso SL/RN), hornos de solera giratoria (Fastmet®/Fastmelt®, Inmetco®/RedIron®, ITmk3®) y reactores de lecho fluidizado (Fastmet®, Circored® y Circofer®). • Fundición directa: esta reemplaza la combinación tradicional de planta de sinterización, horno de coque y alto horno para producir hierro líquido. 	<p>Se debería dar prioridad a los procesos alternativos con un menor potencial de efectos ambientales que la sinterización tradicional de hierro.</p> <p>Los niveles de desempeño asociados a las MTD y MPA son: entre 0,05 y 0,2 ng EQT-1/Nm³ para PCDD/PCDF.</p>
Medidas primarias	<p>1. Funcionamiento estable y uniforme de la planta de sinterización: Condiciones para el funcionamiento de la cadena de sinterizado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrupciones mínimas: que el proceso se mantenga en condiciones estables y uniformes (es decir, operaciones estabilizadas, pocas alteraciones en el proceso). • Velocidad regular de la cadena. • Reducción de variaciones en la composición del lecho. • Composición y altura del lecho (mezcla uniforme de los materiales de rechazo, disminución de la entrada de cloro). • Uso de aditivos (por ejemplo, agregar cal quemada puede ayudar a reducir la formación de PCDD/PCDF). • Minimización del contenido de aceite manteniendo la hermeticidad de la cadena, tuberías y dispositivos de despolvamiento. • Reducción de la infiltración de aire a través de la cadena, sistemas de acondicionamiento para la red de tuberías y gases residuales, y reducción de interrupciones en la cadena. <p>2. Vigilancia continua de los parámetros Debería emplearse un sistema de vigilancia continua de los parámetros para asegurar un funcionamiento óptimo de la cadena de sinterizado y de los sistemas de acondicionamiento para gases residuales. Los operadores deberían preparar un plan de vigilancia particular para el sistema de vigilancia continua de los parámetros (instalación, desempeño, operación y mantenimiento, garantía de calidad y registros, y procedimientos de notificación) y conservar registros que documenten su conformidad con el plan.</p>	<p>La cadena de sinterizado debería operarse de forma que el proceso se mantenga en condiciones estables y uniformes (operaciones estabilizadas, mínimas alteraciones en el proceso) a fin de disminuir la formación y liberación de PCDD, PCDF y de otros contaminantes.</p> <p>Este método puede tener co-beneficios, como un aumento de la productividad y de la calidad del sinterizado, además de mejoras en la eficiencia energética.</p> <p>Habría que evaluar los efectos en los productos químicos del anexo C en cada planta por separado.</p> <p>Deberían determinarse las correspondencias entre los valores de los parámetros y de las emisiones de chimenea (operación estable). Luego, los parámetros se monitorean constantemente y se comparan con sus valores óptimos. Las variaciones significativas en los valores de los parámetros pueden notificarse para que se tomen las medidas correctivas.</p>

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas primarias	<p>3. Recirculación de gases residuales Los gases residuales pueden devolverse a la cadena de sinterizado para ser reciclados con el fin de disminuir las emisiones contaminantes, reducir la cantidad de gases residuales que requieren tratamiento al final del proceso y recuperar calor. La recirculación de los gases residuales puede implicar el reciclaje parcial de toda la cadena de sinterización; el reciclaje de la cadena de sinterización final, combinado con intercambio de calor; el reciclaje de parte de la cadena de sinterización final y el uso del gas residual del enfriador de sinterización o el reciclaje de parte del gas residual hacia otra parte de la cadena de sinterización.</p>	<p>El empleo de la recirculación de gas residual demanda esfuerzos especiales para garantizar que no se afecten ni la calidad de sinterización ni la productividad. Esta alternativa también puede ayudar a disminuir la producción, afectar la calidad del sinter y puede producir una mayor exposición al polvo en el lugar de trabajo y, por ende, más necesidad de mantenimiento.</p>
	<p>4. Selección del material de alimentación (disminución de los materiales de alimentación que contienen contaminantes orgánicos persistentes o que conducen a su formación). Es importante revisar los materiales de alimentación y, a partir de esto, determinar materiales y procedimientos alternativos para reducir al mínimo la entrada de material no deseado. Se deberían formular y aplicar procedimientos documentados para efectuar los cambios apropiados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción al mínimo del aporte de aceite por la vía del polvo y la cascarilla mediante: <ul style="list-style-type: none"> • La segregación y posterior selección de únicamente los polvos y cascarillas de laminación con bajo contenido de aceite. • Técnicas de buen mantenimiento de los cilindros de laminación. • Desaceitado de la cascarilla de laminación. • Sustituir el material (por ejemplo, reemplazar el coque fino por antracita). • Evitar el uso de material contaminado (por ejemplo, el polvo del sinterizado capturado por precipitadores electrostáticos). • Especificar los límites de las concentraciones admisibles de sustancias no deseadas (por ejemplo, el límite de aceite en el alimento debería ser menor a 0,02 %) 	<p>Puede requerirse una evaluación individual de cada planta para la selección del material de alimentación.</p>

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas primarias	<p>5. Preparación del material de alimentación El material fino de alimentación (por ejemplo, polvos capturados) debería ser aglomerado antes de ser depositado en la cadena de sinterizado. Los materiales de alimentación deberían estar perfectamente mezclados o combinados antes de colocarlos en la cadena de sinterizado.</p>	Estas medidas disminuirán la formación y el arrastre de contaminantes en los gases residuales, y además reducirán las emisiones fugitivas.
	<p>6. Inyección de urea En la cadena de sinterizado se agregan cantidades controladas de gránulos de urea a la mezcla para inhibir las reacciones catalíticas en las superficies pertinentes; esta técnica evita o reduce tanto las PCDD/PCDF como las emisiones de HCl y HF. Hay que sellar la cadena para reducir la cantidad de oxígeno (el amoníaco actúa como agente reductor, el exceso de oxígeno como oxidante). Se recomienda usar en combinación con sistemas de depuración de aire para eliminar las emisiones gaseosas de nitrógeno.</p>	<p>La adición de urea tiene diferentes desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La posibilidad de disminuir el rendimiento de la eliminación de polvo del ESP. • El penacho de escape de la planta de sinterización tiende a hacerse muy visible, lo cual acarrea quejas públicas. • El uso de la urea provoca liberaciones de amoníaco. • Las emisiones de polvo y de microcontaminantes aumentan debido a la combinación de los diversos factores mencionados.
Medidas secundarias	<p>1. Adsorción/absorción y desempolvamiento de alta eficiencia Se han demostrado las siguientes técnicas de adsorción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inyección de carbón activado antes de los precipitadores electrostáticos, se puede emplear carbonato cálcico como material inerte. • Tecnología para la regeneración de carbón activado (RCA) en la que primero se depuran los gases con precipitadores electrostáticos, y pasan por un lecho móvil de adsorción (carbón vegetal) tanto para adsorber los PCDD/PCDF como para filtrar partículas. Luego, el material adsorbente se regenera a temperaturas de entre 400 y 450 °C. • Inyección de carbón activado, lignito u otro material adsorbente similar (zeolitas) en la corriente de gas, seguida de un desempolvamiento por filtros de tela. <p>Usualmente se combina con la eliminación de los compuestos ácidos de los gases residuales mediante la inyección de cal o bicarbonato de sodio.</p>	<p>El uso de esta técnica debería comprender una fase de adsorción junto con un control efectivo del material particulado como componentes esenciales del sistema de acondicionamiento de gases de escape. Estas técnicas se asocian al siguiente nivel de concentración de emisiones: < 0,1 ng EQT-1/m³. Debe analizarse cuidadosamente la rentabilidad de los distintos sistemas de adsorción con carbón. Es probable que la inyección en la corriente sea mucho menos costosa que los sistemas de regeneración de carbón en el lecho.</p>

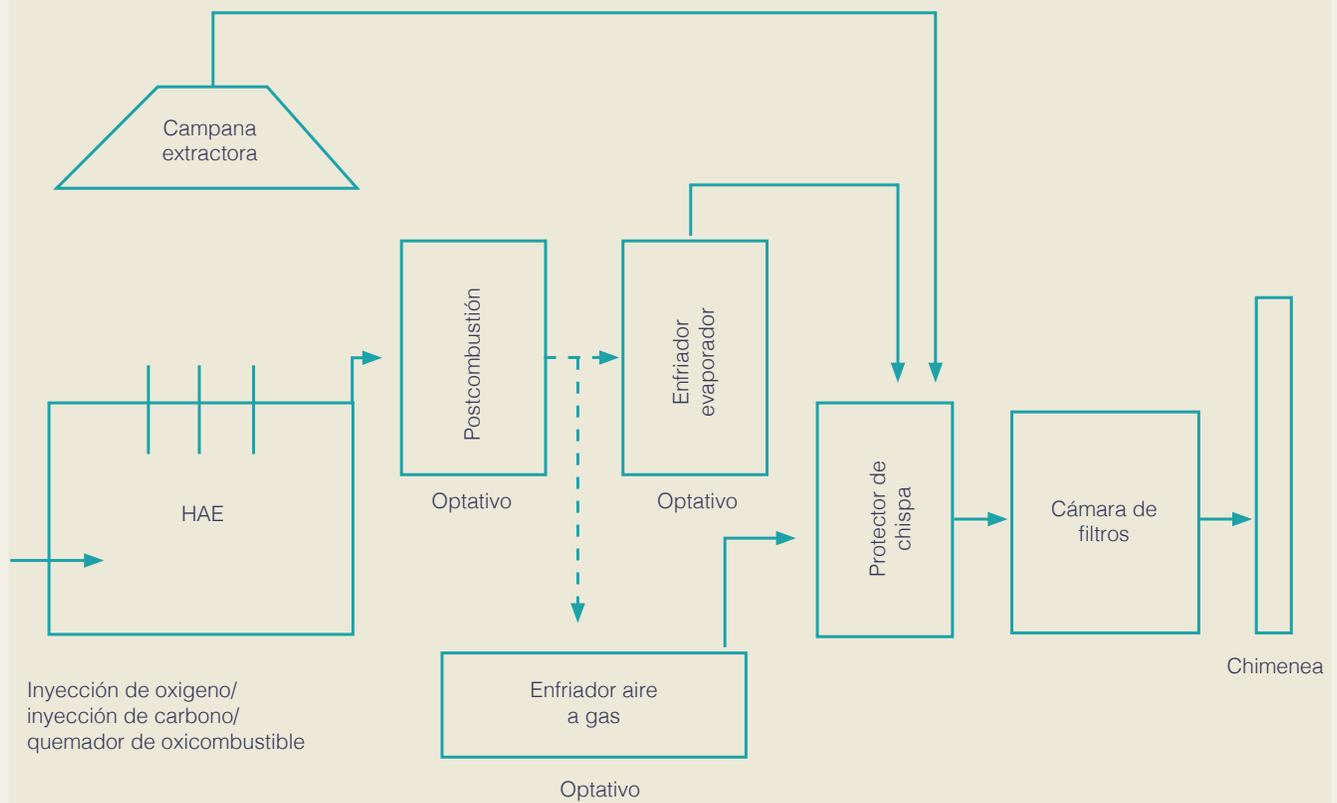
Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas secundarias	<p>2. Filtros de manga – reducción combinada o integrada de contaminantes sólidos o gaseosos</p> <p>En los filtros de mangas, la eliminación de polvo se combina con la eliminación de compuestos ácidos de los gases de desecho como HCl, HF y SOx mediante la inyección de soluciones de cal apagada o bicarbonato de sodio y la eliminación de contaminantes orgánicos persistentes tales como PCDD/PCDF, PCB, HCB o HAP mediante la inyección de adsorbentes (principalmente coque de lignito en polvo o carbón activado y, en ocasiones, zeolitas).</p> <p>Los extremos de alimentación y descarga de la cadena de sinterizado deberían contar con campanas adecuadas para capturar y mitigar las emisiones difusas.</p> <p>Los filtros de tela también pueden colocarse después de los precipitadores electrostáticos, lo que permite recolectar y usar los polvos por separado.</p>	<p>Se ha demostrado que los filtros de tela reducen las emisiones del sinterizado en el caso de las dibenzodioxinas policloradas/furanos (PCDD/PCDF) entre 0,05 y 0,2 ng EQT-I/Nm³, determinadas en muestras aleatorias durante 6-8 horas en condiciones estables.</p> <p>Otras opciones para el control de partículas en los casos en que no sea posible utilizar filtros de tela son los precipitadores electrostáticos avanzados. Un buen funcionamiento de estas tecnologías se asocia a emisiones en el caso de las PCDD/PCDF entre 0,2 y 0,4 ng EQT-I/Nm³, determinadas en muestras aleatorias durante 6-8 horas en condiciones estables.</p>
	<p>3. Depurador húmedo fino de gases residuales</p> <p>El uso de esta técnica debería incluir el uso previo de un depurador húmedo a contracorriente para enfriar rápidamente los gases y eliminar las partículas más gruesas, seguido de un depurador fino con chorro de niebla a alta presión simultáneamente a la corriente de gas para eliminar partículas finas e impurezas.</p>	<p>Se ha demostrado que el sistema de depuración fina en húmedo reduce las concentraciones de emisiones a 0,18 ng EQT-I/m³. Se garantiza 0,4 ng EQT-I/m³. Sin embargo, su aplicabilidad debe ser analizada en cada caso.</p> <p>Los depuradores húmedos se han reemplazado o se piensan reemplazar por filtros de tela.</p>
	<p>4. Reducción catalítica selectiva (SCR)</p> <p>La SCR se puede utilizar en un sistema de alto nivel de polvo, en un sistema de bajo nivel de polvo y como sistema de gas limpio. Hasta ahora, en las plantas de sinterización solamente se han empleado sistemas de gas limpio.</p>	<p>El gas deberá contener poco polvo y metales pesados, ya que estos pueden hacer que la superficie del catalizador sea ineficaz.</p> <p>Esta técnica podría ser una opción en los casos en que sea poco probable que se cumplan las normas de calidad ambiental mediante la aplicación de otras técnicas.</p>
	<p>5. Recubrimiento de la cadena de sinterizado</p> <p>Se deberían usar campanas en la cadena de sinterizado para disminuir las emisiones difusas del proceso.</p> <p>No deberían considerarse MTD por sí solas. Para lograr la reducción al mínimo y la reducción de PCDD, PCDF y otros contaminantes orgánicos persistentes, estas deben aplicarse en combinación con otras medidas identificadas.</p>	<p>El recubrimiento de la cadena con campanas permitirá aplicar otras medidas, como la recirculación de gases residuales.</p>

3.4.3 Producción secundaria de acero

El acero secundario se produce por fundición directa de chatarra ferrosa en hornos de arco eléctrico. El horno funde y refina una carga metálica de chatarra de acero para producir aceros al carbón, aleados e inoxidables en acerías no integradas. Los materiales de alimentación

ferrosos pueden ser chatarra, como vehículos triturados y virutas de metal, o hierro de reducción directa. A continuación, se presenta un esquema para el control de emisiones en hornos de arco eléctrico del proceso de producción secundaria de acero.

Figura 3.4 Sistema genérico para control de emisiones en hornos de arco eléctrico



Fuente: PNUMA (2007).

Las medidas recomendadas para la producción secundaria de acero son:

Tabla 3.5. MTD y MPA para la producción secundaria de acero

Medidas	MTD / MPA	Aspectos importantes
Mejoras en el proceso y prácticas operativas en nuevos hornos de arco eléctrico para la fabricación de acero	<p>Debería darse prioridad a los diseños de proceso comprobados más recientes, tomando en cuenta su desempeño en materia de proceso y emisiones, algunos de estos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mejoras en el diseño del horno de arco eléctrico para aumentar su productividad y eficiencia energética. • Utilizar una chatarra de mejor calidad con menores niveles de contaminantes. <p>Como medida general, una parte integral del programa para prevención de la contaminación de una planta debería implicar MPA, de funcionamiento y de mantenimiento para cada operación y aspecto del proceso de fabricación de acero con hornos de arco eléctrico.</p>	Una segunda opción es reemplazar parte de la carga de chatarra por hierro de reducción directa o productos similares a base de mineral de hierro, cuyas concentraciones de contaminantes sean menores que las de la chatarra de acero de baja calidad.
Medidas primarias	<p>1. Calidad de la materia prima Las prácticas de prevención de la contaminación son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios en las especificaciones del material. • Mejores programas de control de calidad. • Cambios en los tipos de materia prima (como controlar el uso de chatarra impregnada de aceites o limpiar este tipo de chatarra). • Programas para evitar el ingreso de contaminantes. 	
	<p>2. Operación del horno de arco eléctrico Las prácticas para prevenir la contaminación que podrían disminuir las emisiones de PCDD/PCDF son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir el tiempo de apertura del techo para la carga. • Reducir la infiltración de aire en el horno. • Evitar o disminuir los retrasos en la operación. La condensación de PCDD/PCDF aumenta rápidamente con temperaturas inferiores a 125 °C, comenzando con las dioxinas más cloradas. 	Se reducen otros contaminantes, como compuestos aromáticos organohalogenados, monóxido de carbono, hidrocarburos y gases de invernadero.

Medidas	MTD / MPA	Aspectos importantes
Medidas primarias	<p>3. Acondicionamiento de gases residuales Las mejores prácticas respecto al acondicionamiento de gases residuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistema bien dimensionado (diseño e instalación) para el acondicionamiento de los gases. • Maximización de la mezcla de los gases residuales y enfriamiento rápido de gases residuales por debajo de 200 °C, y establecimiento y ejecución de buenas prácticas de operación y mantenimiento. <p>Se deberían elaborar y ejecutar procedimientos documentados de operación y mantenimiento para potenciar el funcionamiento del sistema de acondicionamiento de gases.</p>	<p>Las condiciones del sistema de acondicionamiento (recolección, enfriamiento y canalización) de gases residuales pueden propiciar la formación de PCDD/PCDF por síntesis de novo a no ser que se tomen medidas para evitar estas condiciones.</p>
	<p>4. Monitoreo continuo de parámetros Debería utilizarse un sistema de monitoreo continuo de parámetros, como los Monitores de Opacidad Continua (COM) o Detectores de Fugas en las Mangas (BLD) para asegurar un funcionamiento óptimo.</p> <p>Los operadores deberían preparar un plan de vigilancia particular para el sistema de vigilancia continua de los parámetros y conservar registros que documenten su conformidad con el plan. Puede preverse un sistema de alerta para que se tomen las medidas correctivas en caso de desviaciones importantes.</p>	<p>Sistema de monitoreo continuo concebido para optimizar los parámetros adecuados para el funcionamiento del sistema de acondicionamiento de gases residuales, y mediante procedimientos documentados de operación y mantenimiento.</p>
Medidas secundarias	<p>1. Recolección del polvo de gases residuales Capturar todos los gases residuales, incluso las emisiones fugitivas, del área del horno de arco eléctrico es una parte importante del sistema de control.</p> <p>La eficiencia de la recolección de polvo de las emisiones primarias y secundarias del horno debería potenciarse combinando gases de escape con sistema de campanas, o boca de carga con sistema de campanas, o bien instalando un sistema de evacuación de aire.</p>	

Medidas	MTD / MPA	Aspectos importantes
Medidas secundarias	<p>2. Recolección de polvo mediante filtros de tela</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con filtros de tela bien diseñados y operados se logran bajas emisiones de polvo (< 5 mg de polvo/Nm³). • Establecer procedimientos para la operación y mantenimiento del sistema de recolección de polvo por filtros de tela para que su funcionamiento sea óptimo: mejora de los ciclos de limpieza, uso de los filtros de tela mejorados, y aplicación de prácticas de mantenimiento preventivas. • Prever un sistema continuo de control de temperatura y alerta para monitorear la temperatura de entrada de los gases residuales al dispositivo de control de emisiones. • Prever un sistema para detectar filtraciones en las mangas con procedimientos de operación y mantenimiento documentados para responder a las alertas del sistema de monitoreo. 	<p>Hay correlaciones entre emisiones de PCDD/PCDF y de polvo. A distintas temperaturas de los gases de combustión, los PCDD/PCDF se absorberán y adsorberán en el polvo atrapado en el filtro de tela.</p> <p>Los filtros de manga modernos de dimensiones apropiadas, funcionamiento adecuado, con un mantenimiento y monitoreo ideal, pueden obtener emisiones de polvo de < 5mg/Nm³.</p> <p>Mantener los gases residuales en la cámara de filtros a menos de 60 °C reducirá la evaporación de PCDD/PCDF y aumentará la captura de los PCDD/PCDF asociados al polvo. El polvo capturado deberá manipularse adecuadamente, considerando los contaminantes que contiene, cerrando las áreas de recolección del polvo de los filtros y los puntos de transferencia para reducir las fugas de polvo.</p> <p>El uso de sistemas de ventilación bien dimensionados y operados reducirá la exposición ocupacional de los trabajadores de la planta a los contaminantes.</p>
	<p>3. Sistema de postcombustión externa en conjunto con enfriamiento rápido del agua</p> <p>Puede disminuirse la formación de PCDD/PCDF con una postcombustión dentro del sistema de ductos de gases residuales, o mediante cámara de postcombustión separada (manteniendo la temperatura de postcombustión por encima de 800 °C).</p> <p>En algunos hornos, por dificultad y falta de espacio en el lugar para poder instalar cámaras de postcombustión externa o realizar mejoras en los sistemas de acondicionamiento de gases, la postcombustión de adentro puede contribuir a prevenir emisiones de PCDD/PCDF.</p>	<p>Los sistemas de postcombustión externa se crearon originalmente para quemar el monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂) presentes en los gases residuales del horno en una cámara de combustión con revestimiento refractario, por lo general con combustible complementario.</p>

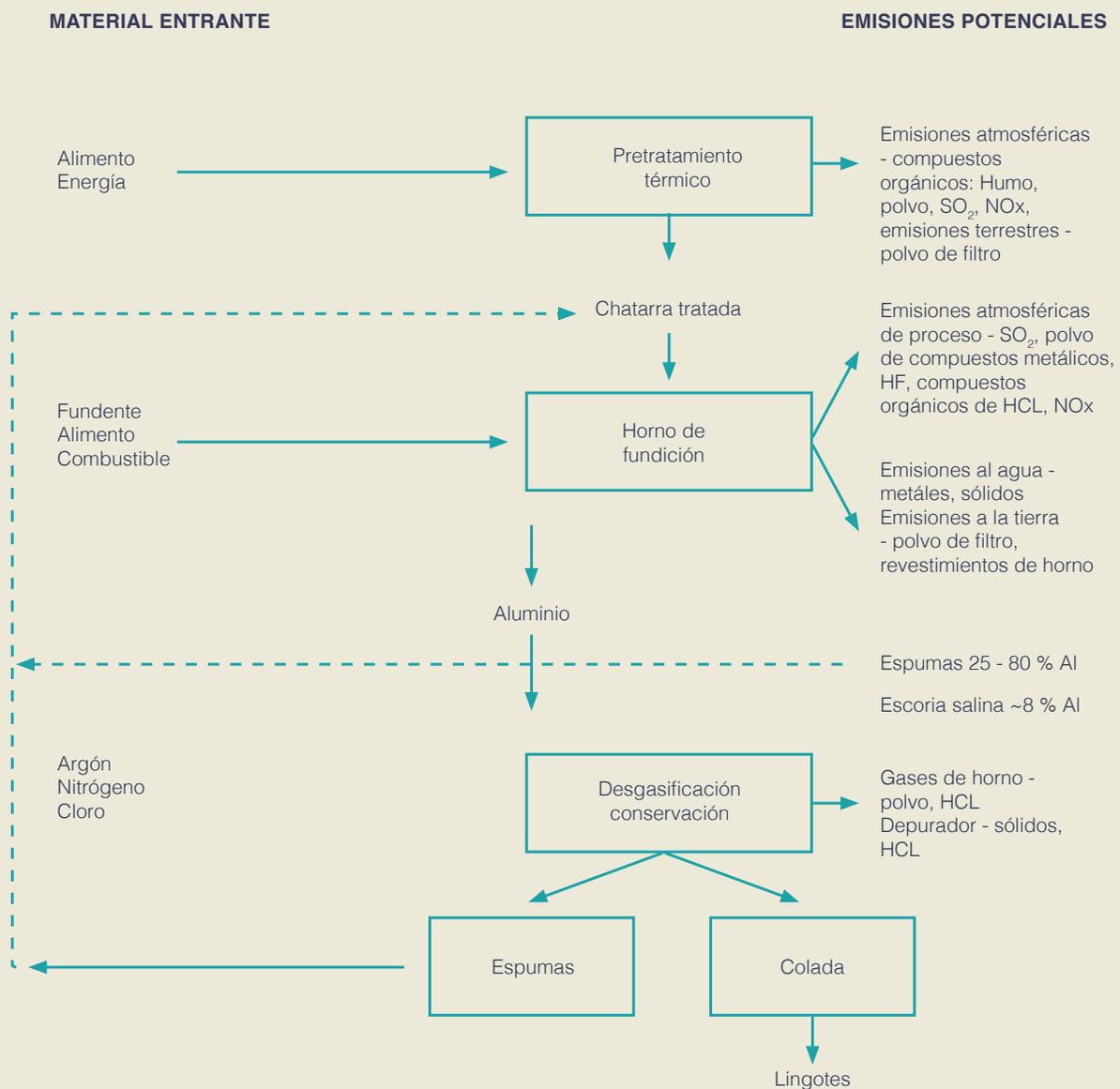
Medidas	MTD / MPA	Aspectos importantes
Medidas secundarias	<p>4. Inyección adsorbente La inyección de coque de lignito calibrado (o carbón activado ya que es un adsorbente similar) se puede utilizar en acerías con hornos de arco eléctrico para complementar la tecnología de cámara de filtros a fin de obtener bajas concentraciones de PCDD/PCDF de forma constante. Esta técnica también reduce las emisiones de mercurio.</p>	<p>Los resultados de pruebas de emisiones registrados de acerías con hornos de arco eléctrico en Europa indican que esta técnica, en conjunto con una cámara de filtros de alta eficiencia, permite sistemáticamente lograr concentraciones de PCDD/PCDF de menos de 0,1 ng EQT-I/Nm³. No obstante, otras técnicas también pueden ser efectivas para reducir las emisiones a estos niveles.</p> <p>Los sistemas de inyección de carbón activado o coque calibrado deberían considerarse en las acerías para reducir las emisiones de PCDD/PCDF. Las circunstancias del sitio, como falta de espacio, configuración de los sistemas existentes para controlar emisiones, así como consideraciones de costo pueden influir en la posibilidad de usar de esta técnica.</p>
Medidas secundarias	<p>5. Disminución de la generación de desechos sólidos La escoria de hornos de arco eléctrico y el polvo del filtro deberían reciclarse lo más posible que se pueda. El polvo del filtro proveniente de la producción de acero de alta aleación, cuando sea posible, puede ser tratado para recuperar metales valiosos. Deberían formularse y aplicarse mejores prácticas de gestión para el acarreo y manipulación de los desechos sólidos que generan polvo. Los desechos sólidos excedentes deberían eliminarse de forma ambientalmente racional.</p>	
Medidas secundarias	<p>6. Disminución de aguas residuales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de enfriamiento de aguas por circuito cerrado para componentes de hornos de arco eléctrico evitan la generación de agua residual. • Es importante reciclar las aguas residuales lo más posible que se pueda. • Se debería tratar el agua residual restante. • Podrían diseñarse sistemas semisecos para control de la contaminación a fin de no realizar descargas de aguas residuales. • Hay que tratarse el agua residual de los sistemas húmedos para limpieza de gases antes de su descarga al medio ambiente. 	<p>Estas medidas se vincularían principalmente a prácticas generales de prevención y control de la contaminación en lugar de aplicarse especial o exclusivamente a las emisiones de PCDD/PCDF.</p>

3.4.4 Producción secundaria de aluminio

La fundición secundaria de aluminio consiste en la producción de aluminio a partir de productos de aluminio usados o de desechos de procesos para recuperar los metales mediante pretratamiento, fundición y refinación de la

chatarra. El pretratamiento, tipo de horno y fundentes empleados variarán según la planta. A continuación, se presenta un diagrama general del proceso.

Figura 3.5 Producción secundaria de aluminio (materiales entrantes y salientes)



Fuente: PNUMA (2007).

Las medidas recomendadas para procesos de producción secundaria de aluminio son:

Tabla 3.6 MTD y MPA para la producción secundaria de aluminio

Medidas	MTD	Aspectos importantes	MPA
Para nuevas plantas de producción secundaria de aluminio	<p>Los procesos considerados MTD son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hornos de reverbero: apropiado para chatarras orgánicas contaminadas, ya que, debido al sistema de postcombustión interna, no se necesita sal y no se produce chatarra salina. • Hornos rotatorios: apropiado para gran variedad de chatarras, necesita fundente salino. • Hornos rotatorios basculantes: requiere menos fundente salino que el rotatorio y produce menos escoria salina. • Hornos de inducción: poca capacidad, procesa virutas y limpia chatarra. • Horno de cubilote Meltower: funde lingotes y retornos de fundición. 	<p>Todas las técnicas deben aplicarse junto con sistemas adecuados de recolección de gases y reducción de emisiones. La selección del horno de fundición depende en gran medida del tipo de material de desecho alimentado, de su tamaño, contenido de óxido y grado de contaminación</p>	<p>Los siguientes aspectos pueden considerarse en todas estas directrices como orientaciones prácticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No adquirir nada que pueda generar humo. Fundir los materiales gradualmente. • Efectuar la fundición y combustión sin generación de hollín o vapores. • Quemar completamente el hollín y los vapores generados enseguida. • Enfriar rápidamente a 170 °C o menos los gases de escape que están a temperaturas altas o medias. • Controlar el CO en los gases de escape (CO ≤ 50 ppm, gestión de la relación aire-combustible).
Medidas primarias	<p>1. Preclasificación del material de alimentación Los procesos por considerar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar o reducir, de ser posible, el uso de sales cloradas, de ser posible. • Eliminar aceites, pinturas y plásticos de la chatarra durante el pretratamiento. • Utilizar técnicas térmicas para eliminar revestimientos, como la centrifugación o el secado de virutas. 	<p>Debería evitarse la presencia de aceites, plásticos y compuestos de cloro en el material de alimentación a fin de reducir la generación de PCDD/PCDF durante una combustión incompleta o por síntesis de novo.</p>	<p>1. Asuntos relacionados con los materiales y chatarra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensificar la clasificación antes y después de ingresados los materiales. • Clasificar y eliminar las resinas y aceites. • Clasificar y eliminar las sustancias y resinas foráneas después del proceso de trituración. • Devolver los materiales con resinas o aceites pegados. No aceptarlos a precio de ganga. <p>2. Durante la combustión y fundición en la cámara:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evitar, en lo posible, encender y apagar el quemador para reducir la combustión incompleta y la generación de hollín. • Introducir los materiales cuando el quemador esté encendido, e inflamar los vapores y hollín para una combustión secundaria.

Medidas	MTD	Aspectos importantes	MPA
Medidas primarias	<p>El material de alimentación debería clasificarse (separación magnética para la separación de metales ferrosos, separación por corrientes parásitas para la separación del aluminio de otros constituyentes y separación de densidad relativa para la separación de diferentes constituyentes metálicos y no metálicos) antes de la fundición para adaptarlo al tipo de horno y al sistema de reducción, y para permitir el traslado de los materiales que no sean compatibles a otras instalaciones en las que donde puedan ser tratados. De este modo, se evitará o reducirá el uso de fundentes salinos clorados durante la fundición.</p> <p>Los procesos térmicos para eliminar revestimientos y aceites deberían ir seguidos de una postcombustión para destruir cualquier material orgánico en los gases de escape.</p>		<p>3. Durante la combustión y fundición en crisol abierto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajustar la relación aire-combustible midiendo la concentración de CO y O₂ en las emisiones de gases de combustión. • Calentar y quemar en la llama del quemador el humo y hollín derivados de los materiales depositados en el crisol abierto. • Ajustar el suministro de materiales para fundición conforme a la generación de humo y llama (hollín). • Igualar el suministro de material combustible (en de forma repetitiva y gradual). • Procurar que no haya combustión incompleta en el espacio de combustión. • No permitir escapes de humo de la campana. • Mantenimiento regular del recolector de polvo (inspecciones periódicas y reemplazo de las mangas).
	<p>2. Control efectivo del proceso</p> <p>Deberían usarse sistemas de control de proceso para mantener la estabilidad de este y para que opere a niveles paramétricos que contribuyan a reducir la generación de PCDD/PCDF.</p> <p>Estas emisiones pueden disminuirse con el control de otras variables como temperatura, tiempo de residencia, composición de gases y controles de regulación del sistema de captación de vapores después de establecer las condiciones óptimas de funcionamiento para reducir los PCDD/PCDF.</p>	<p>Para algunos sectores (por ejemplo, la incineración de desechos) el muestreo continuo de las emisiones de PCDD/PCDF ha sido demostrado, pero su aplicación en este campo todavía requiere investigación.</p>	<p>4. Durante el proceso de eliminación de magnesio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dejar un intervalo de 5 a 10 minutos entre la extinción del quemador y el comienzo de la cloruración, y entre el término de esta y el encendido del quemador, mientras se realiza la succión de aire (descarga de gas residual). • Mejorar la eficiencia aumentando la temperatura inicial del proceso de fundición. • Clasificar los materiales mezclados según la cantidad de Mg. • Normalizar las cantidades empleadas de cloro y fundente empleadas.

Medidas	MTD	Aspectos importantes	MPA
Medidas primarias	<p>3. Eliminación del magnesio El uso de tabletas de hexacloroetano en la eliminación de magnesio puede generar altas liberaciones de PCDD/PCDF y HCB (no hay información sobre PCB), pero tiene ventajas importantes para el proceso. Optar por un método de eliminación requiere una evaluación cuidadosa de las alternativas, ya que intervienen factores prácticos, sanitarios y de seguridad, además de ambientales.</p>	Considerar detenidamente las opciones de sustancias y procesos de control para asegurar el tratamiento de los gases de escape.	<p>5. Durante el secado de virutas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Exigir mejoras en los residuos de corte que tienen exceso de aceite de corte (aceites de corte con alto contenido de cloro). Recalentar a altas temperaturas, mantener los gases de escape del horno de secado, y enfriarlos rápidamente (es decir, tener un buen control de la temperatura). Medir regularmente la concentración de CO en los gases de escape.
Medidas secundarias	<p>1. Recolección de vapores y gases La recolección de vapores y gases debería efectuarse para el control de las emisiones derivadas de todas las etapas del proceso. Se deben controlar las emisiones difusas. Algunos procesos recomendados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> Colocar una campana en la parte superior de la puerta del horno y en el orificio de sangría, con extracción de gases de escape, conectada al sistema de filtración. Usar sistemas de alimentación y hornos sellados. Controlar las emisiones difusas manteniendo una presión de aire negativa dentro del horno para evitar fugas. Usar campanas si no se dispone de una unidad sellada. Horno o reactor en recinto cerrado. Cierre estanco de la puerta del horno. Cierre estanco del carro de carga. Recolección específica de gases tanto en la zona de carga como en la zona de sangría. 	Cuando no es factible la extracción primaria ni la contención de vapores, el horno debería cerrarse para poder extraer, tratar y descargar el aire de ventilación.	<p>6. Durante la eliminación de pintura y la cocción de chatarra de lata (latas vacías):</p> <ul style="list-style-type: none"> Eliminar las sustancias extrañas, como la resina y las bolsas de resina. Mantener la estabilidad de la operación del horno de precalentamiento, con circulación y temperaturas de los gases de escape constantes. <p>7. Generalidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento e inspección de la capacidad del recolector de polvo, reemplazo de mangas, ciclo de agitación, y presión de la succión. Realizar periódicamente actividades internas de educación ambiental para los trabajadores de la fundición. Fijar el objetivo para la concentración de dioxinas y furanos en los gases de escape (< 1 ng EQT-I/Nm³) para plantas existentes.

Medidas	MTD	Aspectos importantes	MPA
Medidas secundarias	<p>2. Eliminación de polvo de alta eficiencia El material particulado que se genera durante el proceso de fundición debe eliminarse ya que posee una gran área superficial en la que pueden adsorberse los PCDD/PCDF. Aislar y eliminar debidamente estos polvos contribuirá a controlar los PCDD/PCDF. Algunos procesos recomendados son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filtros de tela y filtros de cerámica para la reducción de polvo. • Depuradores secos o semisecos para la reducción de gases ácidos. • Revestimiento catalítico en los filtros de manga para destruir los PCDD/PCDF por oxidación y, al mismo tiempo, capturar el material particulado en el que se han adsorbido estos contaminantes. • Inyección de carbón activado para reducir compuestos orgánicos, incluyendo PCDD/PCDF. <p>Depurar los gases residuales con bicarbonato de sodio eliminará los cloruros generados por el fundente salino, produciendo cloruros de sodio, que después pueden eliminarse con filtros de tela para devolverlos al horno.</p>	<p>Las partículas capturadas deberían tratarse en hornos a alta temperatura para destruir los PCDD/PCDF y recuperar metales.</p>	
	<p>3. Sistemas de postcombustión y enfriamiento rápido o de quemadores internos. Los postquemadores (cámaras de postcombustión) deberían funcionar a temperaturas mayores a 950 °C para garantizar la combustión completa de los compuestos orgánicos; luego, los gases calientes deben enfriarse rápidamente hasta temperaturas de menos de 250 °C.</p>	<p>Todavía puede producirse síntesis de novo cuando los gases se enfrían al pasar por la ventana de reformación que se produce en los sistemas de reducción y en las áreas más frías del horno.</p> <p>El enfriamiento de los gases de combustión antes de su depuración ofrece la ventaja de que reduce su volumen, lo que permite disminuir el tamaño del equipo de reducción, de los ductos, así como las necesidades de energía para el movimiento de los gases.</p>	

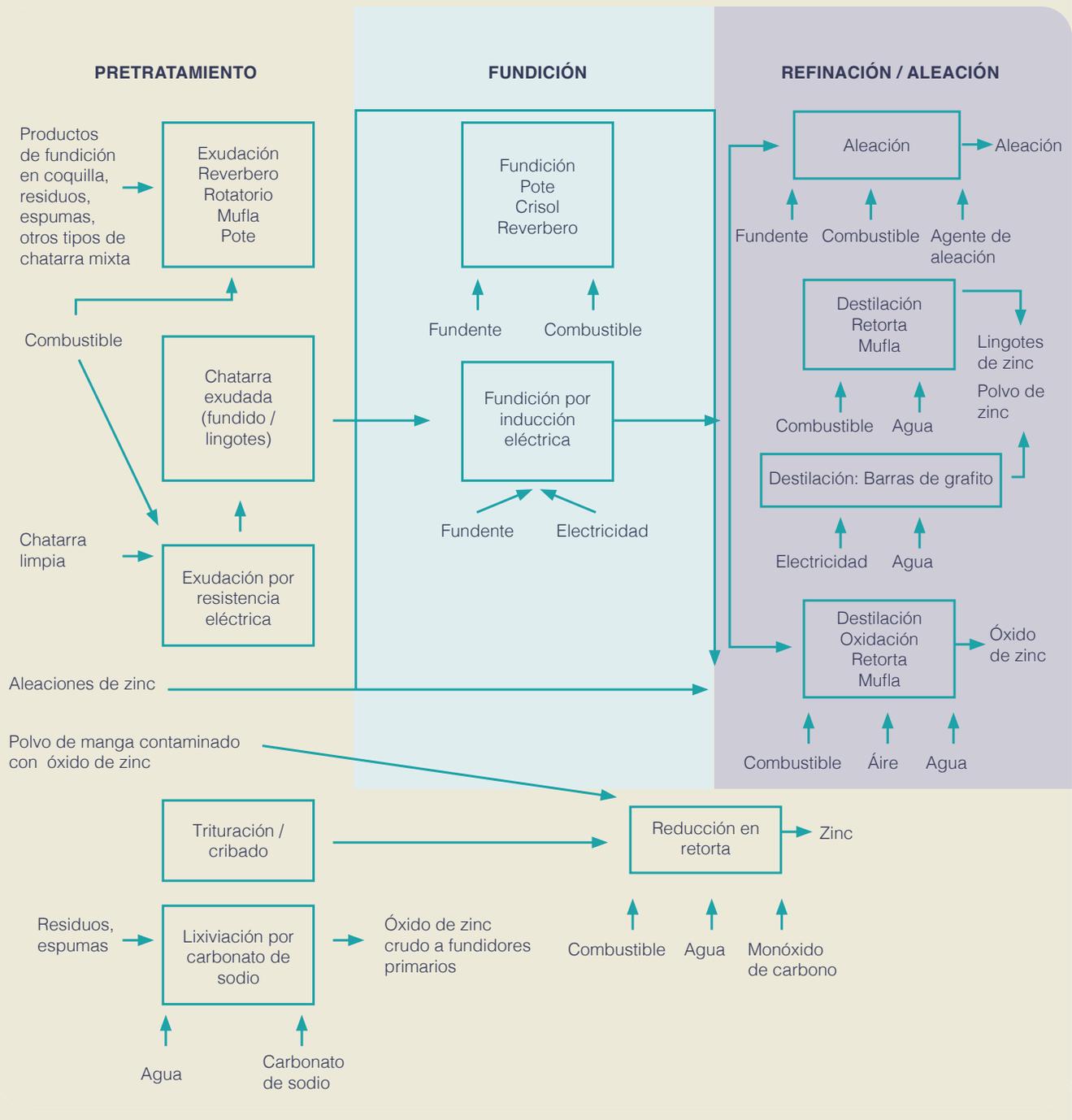
Medidas	MTD	Aspectos importantes	MPA
Medidas secundarias	<p>Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formación de PCDD/PCDF de 250 °C a 500 °C, y su destrucción a temperaturas mayores a 850 °C con O₂. • Necesidad de suficiente O₂ en el área superior del horno para una combustión completa. • Necesidad de un diseño y operación adecuado de los sistemas de enfriamiento para disminuir el periodo de reformación. • El sistema de quemador interno usualmente se emplea en hornos de doble cámara. 		
	<p>4. Adsorción por carbón activado Algunos procesos por considerar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento con carbón activado con reactores de lecho fijo o móvil. • Inyección de carbono en la corriente de gas seguida de sistemas para eliminación de polvo de alta eficiencia como filtros de tela. También pueden utilizarse mezclas de cal y carbono. 	<p>El tratamiento con carbón activado debería considerarse ya que este material es un medio ideal para la adsorción de los PCDD/PCDF debido a su gran área superficial.</p>	
	<p>5. Oxidación catalítica La oxidación catalítica convierte los compuestos orgánicos en agua, dióxido de carbono (CO₂) y ácido clorhídrico mediante un catalizador de metal precioso. Algunas consideraciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia del proceso para la fase gaseosa de los contaminantes. • Tratamiento con ácido clorhídrico con depuradores mientras que el agua y el CO₂ se liberan al aire después del enfriamiento. <p>Se ha demostrado que reduce los PCDD/PCDF en tiempos de residencia más cortos, con un menor consumo de energía y un 99 % de eficiencia. Deberían desempolvarse los gases de escape antes de la oxidación catalítica para obtener una eficiencia óptima.</p>	<p>La oxidación catalítica es una nueva tecnología que debería considerarse por su alta eficiencia y su bajo consumo de energía.</p> <p>Esta, según la selección del catalizador, puede ser susceptible de envenenamiento por metales traza y otros contaminantes de los gases de escape. Se requeriría un trabajo de validación antes de usar este proceso.</p>	

3.4.5 Producción secundaria de zinc

Esta consiste en la producción de zinc a partir de materiales como los polvos provenientes de la producción de aleaciones de cobre y de la fabricación de acero en hornos de arco eléctrico, y los residuos derivados de los procesos de fragmentación y galvanizado de la chatarra

de acero. Los procesos de producción son: preclasificación, limpieza de pretratamiento, y trituración del alimento, exudación en hornos a 364 °C, fundición, refinación, destilación y aleación. A continuación, se presenta un diagrama general del proceso.

Figura 3.6 Fundición secundaria de zinc



Fuente: PNUMA (2007).

Las medidas recomendadas para el procesamiento secundario de zinc son:

Tabla 3.7 MTD y MPA para la producción secundaria de zinc

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Procesos de fundición recomendados en nuevas plantas	<p>Los procesos considerados MTD son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Separación física, fundición y otras técnicas de tratamiento a altas temperaturas, seguidas de la eliminación de cloruros. • Uso de hornos Waelz, tipo ciclón, o convertidor para aumentar la temperatura con el fin de volatilizar los metales y luego formar los óxidos que se recuperarán de los gases en la etapa de filtración. 	<p>Estos procesos deberían aplicarse con un buen control de proceso, y sistemas de recolección de gases y de reducción.</p> <p>Los hornos Waelz pueden constituir una importante fuente de PCDD/PCDF (y de otras sustancias que figuran en el anexo C), controlar su uso y funcionamiento es primordial para reducir las liberaciones totales.</p>
Medidas primarias	<p>1. Preclasificación del material de alimentación</p> <p>Algunos procesos por considerar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Molienda y trituración, junto con técnicas de separación neumática o por densidades, para la eliminación de plásticos. • Eliminación de aceites por medio de procesos térmicos de eliminación de revestimientos y aceites. <p>Los procesos térmicos para eliminación de revestimientos y de aceites deberían ser seguidos por una postcombustión para destruir cualquier material orgánico en los gases de escape (residuales).</p>	<p>Los polvos de los hornos de arco eléctrico y del procesamiento cuprífero que se emplean como materia prima de zinc pueden contener altos niveles de PCDD/PCDF y de otras sustancias del anexo C del Convenio de Estocolmo sobre COP. Hay que asegurarse de que cualquier sustancia que se haya podido transferir al proceso sea efectivamente destruida o capturada y eliminada.</p> <p>Se deberían separar los aceites y plásticos de la chatarra de zinc del alimento del horno para reducir la formación de PCDD/PCDF por combustión incompleta o síntesis de novo.</p>
	<p>2. Control efectivo del proceso</p> <p>Las emisiones de PCDD/PCDF pueden reducirse con el control de otras variables como temperatura, tiempo de residencia, composición de gases y reguladores de flujo para captura de vapores, después de haber establecido las condiciones óptimas de funcionamiento para la reducción de PCDD/PCDF. Lo ideal sería monitorear constantemente las emisiones de PCDD/PCDF con el fin de garantizar menos liberaciones.</p>	<p>Deberían usarse sistemas de control de proceso para mantener la estabilidad de este y para que opere a niveles paramétricos que contribuyan a reducir la generación de PCDD/PCDF, por ejemplo, mantener la temperatura del horno por encima de 850 °C buscando destruir los PCDD/PCDF.</p>

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas secundarias	<p>1. Recolección de vapores y gases Algunos procesos por a considerar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de sellado de hornos para mantener un vacío adecuado en el horno y evitar filtraciones y emisiones fugitivas. • Uso de campanas. • Ingreso del material por la campana, por medio de toberas o lanzas, y empleando válvulas rotativas robustas en los sistemas de alimentación. <p>Las MTD para los sistemas de tratamiento de gases y vapores son las que usan el enfriamiento y la recuperación de calor, si es factible, antes del filtro de tela, excepto cuando se llevan a cabo como parte de la producción de ácido sulfúrico.</p>	<p>Debería ponerse en práctica una recolección efectiva de vapores y gases de escape en todas las fases del proceso de fundición a fin de para capturar las emisiones de PCDD/PCDF.</p>
	<p>2. Eliminación de polvo de alta eficiencia Procesos o técnicas que pueden considerarse MTD son: uso de filtro de tela, depuradores secos y húmedos, y filtros de cerámica. Deberían eliminarse los polvos y los compuestos metálicos del proceso de fundición ya que este material particulado tiene una gran área superficial, en la que los PCDD/PCDF pueden adsorberse fácilmente. Eliminar estos polvos contribuiría a reducir las emisiones de PCDD/PCDF.</p>	<p>Los filtros de tela hechos con materiales de alto rendimiento son la opción más efectiva. El material particulado recolectado se suele reciclar en el horno.</p> <p>Algunas innovaciones para este método son los sistemas de detección de roturas de mangas, métodos de limpieza en curso de producción, y revestimientos catalíticos para destruir los PCDD/PCDF.</p>
	<p>3. Postcombustión u oxidantes térmicos regenerativos y enfriamiento rápido Los postquemadores (cámara de postcombustión) deberían funcionar a temperaturas mayores a 950 °C para garantizar la combustión completa de los compuestos orgánicos, después, los gases calientes deben enfriarse rápidamente hasta temperaturas menores a 250 °C. La inyección de oxígeno en la parte superior del horno favorecerá la combustión completa.</p> <p>Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formación de PCDD/PCDF entre 250 °C y 500 °C, y su destrucción a temperaturas > 850 °C con O₂. • Necesidad de suficiente O₂ en la parte superior del horno para una combustión completa. • Necesidad de un diseño apropiado y de operación adecuada de los sistemas de enfriamiento para disminuir el periodo de reformación. 	<p>Todavía puede producirse síntesis de novo cuando los gases se enfrían al pasar por la ventana de reformación que se produce en los sistemas de reducción y en las áreas más frías del horno.</p>

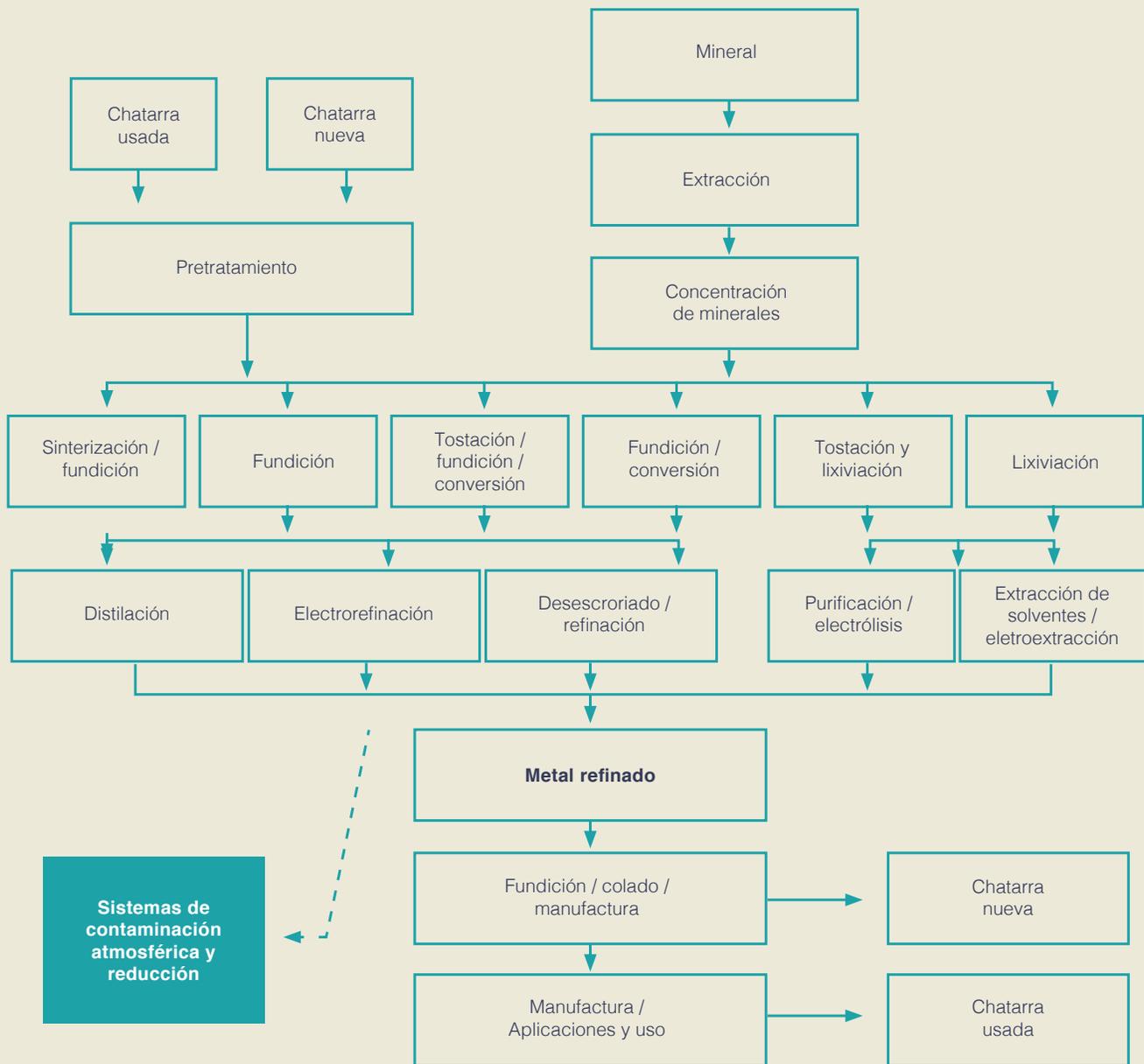
Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
	<p>4. Adsorción por carbón activado Algunos procesos por considerar son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tratamiento con carbón activado usando reactores de lecho fijo o móvil. • Inyección de partículas de carbón (carbón activado o coque de lignito) en la corriente de gas para luego eliminarlas como polvo de filtro, empleando sistemas de eliminación de polvo de alta eficiencia como filtros de tela. También pueden utilizarse mezclas de cal/ carbono. 	<p>Debería considerarse el tratamiento con carbón activado ya que este material es un medio ideal para la adsorción de PCDD/PCDF por su gran área superficial.</p>
Medidas secundarias	<p>5. Oxidación catalítica Esta convierte los compuestos orgánicos en agua, dióxido de carbono (CO₂) y ácido clorhídrico usando un catalizador de metal precioso. Algunas consideraciones son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia del proceso para la fase gaseosa de los contaminantes. • Tratamiento con ácido clorhídrico con depuradores mientras que el agua y el CO₂ se liberan al aire después del enfriamiento. <p>Se ha demostrado que reduce los PCDD/PCDF en tiempos de residencia más cortos, con un menor consumo de energía y > 99 % de eficiencia. Los gases de escape deberían tratarse para eliminar las partículas antes de la oxidación catalítica para obtener una eficiencia óptima.</p>	<p>La oxidación catalítica es una nueva tecnología que debería considerarse por su alta eficiencia y su bajo consumo de energía.</p> <p>La oxidación catalítica, según la selección del catalizador, puede ser susceptible de envenenamiento por metales traza y otros contaminantes de los gases de escape. Se requeriría un trabajo de validación antes de usar este proceso.</p>

3.4.6 Fundición primaria de metales comunes

La fundición primaria de metales comunes consiste en la extracción y refinación de níquel, plomo, cobre, zinc y cobalto. Por lo general, las instalaciones de fundición primaria de metales comunes procesan concentrados de mineral. La mayoría de las fundiciones primarias tienen

la capacidad técnica de complementar el alimento de concentrado primario con materiales secundarios (p. ej., reciclables). En la figura 3.7 se presenta un diagrama de flujo con los principales procesos de producción, correspondientes a la fundición y refinación primarias.

Figura 3.7 Diagrama de fundición primaria de metales



Fuente: PNUMA (2007).

Debido a que hace falta más información sobre la liberación de sustancias del anexo C de las operaciones de fundición primaria de metales comunes, no se han determinado técnicas específicas para esta actividad, para prevenir o controlar la formación y liberación involuntaria de

PCDD/PCDF y otras sustancias del anexo C del Convenio de Estocolmo sobre COP. Las siguientes medidas constituyen medidas generales que pueden disminuir las emisiones contaminantes de fundiciones primarias de metales comunes, incluidas las liberaciones de PCDD/PCDF.

Tabla 3.8 MTD y MPA para la fundición primaria de metales comunes

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Procesos alternativos para nuevas operaciones de fundición primaria de metales comunes	<p>Los procesos hidrometalúrgicos son un medio importante para prevenir emisiones. Se puede considerar la lixiviación atmosférica directa de concentraciones de sulfuros (concentrados Fe y Zn).</p> <p>Las plantas de electrólisis de circuito cerrado contribuirán a prevenir la contaminación.</p>	Se debería dar prioridad a los procesos alternativos que tienen un potencial menor de afectar el medio ambiente que la fundición pirometalúrgica de metales comunes.
Medidas primarias	<p>1. Uso de procesos hidrometalúrgicos</p> <p>Usar procesos hidrometalúrgicos en vez de procesos pirometalúrgicos, cuando sea posible, es una forma importante de prevenir emisiones. Las plantas de electrólisis de circuito cerrado ayudarán a prevenir la contaminación. El uso de los procesos hidrometalúrgicos dependerá mayormente del mineral y concentrado que se procese (p. ej., laterita o sulfuro). La combinación de hidrometalurgia y pirometalurgia, técnicas nuevas para metales como níquel y cobre, puede servir para la fundición de zinc.</p>	La selección y clasificación para evitar introducir material contaminado con materia orgánica o precursores puede reducir el potencial de formación de PCDD/PCDF.
	<p>2. Control de calidad del material de alimentación (chatarra)</p> <p>Métodos para tener en consideración:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminación del aceite del alimento (p. ej., eliminación térmica de revestimientos y aceites seguida de postcombustión para destruir cualquier material orgánico en los gases residuales). • Utilización de técnicas de molienda y trituración con buenos sistemas de extracción y reducción de polvo. Las partículas restantes pueden tratarse con técnicas de separación neumática o por densidad para recuperar metales valiosos. • Eliminación de plásticos por desforramiento de cables (p. ej., posibles técnicas criogénicas para hacer friables los plásticos y fáciles de separar). • El método prioritario sería un mezclado suficiente del material para obtener un alimento homogéneo y para que las condiciones sean estables. 	

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas primarias	<p>3. Control efectivo del proceso Mantener temperaturas del horno por sobre los 850 °C para destruir PCDD/PCDF. A falta de un monitoreo constante de PCDD/PCDF, otras variables, como temperatura, tiempo de residencia, composición de gases y reguladores de flujo para captación de vapores, deberían ser monitoreadas y mantenidas a fin de establecer las condiciones de funcionamiento óptimas para la reducción de PCDD/PCDF.</p>	Deberían utilizarse sistemas de control del proceso para mantener la estabilidad de este y para que opere según parámetros que contribuyan a disminuir la generación de PCDD/PCDF.
	<p>4. Uso de la tecnología de fusión flash Cuando se emplean técnicas pirometalúrgicas, la tecnología de fusión flash en reemplazo de tecnologías más antiguas (p. ej., tostadores, altos hornos) permite reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones.</p>	La fusión flash también producirá una alta concentración de SO ₂ en la corriente de gases residuales, que permitiría la fijación o recuperación eficiente de SO ₂ antes de la evacuación de los gases residuales.
	<p>5. Maximizar el contenido de SO₂ para fijación de azufre Operar los procesos de forma que se obtenga una máxima concentración de SO₂ en los gases de escape (al procesar minerales o concentrados de sulfuro), para permitir la recuperación o fijación del azufre. Se debería dar preferencia a procesos que emplean aire enriquecido con oxígeno (u oxígeno puro) para aumentar el contenido de SO₂ del flujo de gas del proceso y reducir el volumen total de la corriente.</p>	
Medidas secundarias	<p>1. Limpieza de gases de alta eficiencia y conversión de SO₂ en ácido sulfúrico Utilizarse gases residuales ricos en SO₂, una prelimpieza de alta eficiencia de los gases residuales seguida de conversión de SO₂ en ácido sulfúrico, que en conjunto se consideran en conjunto MTD.</p>	Esta combinación de técnicas tiene la ventaja adicional de controlar las emisiones de polvo y de SO ₂ , además de los PCDD/PCDF.
	<p>2. Recolección de vapores y gases Las emisiones atmosféricas deberían controlarse en todas las etapas del proceso, incluida la manipulación, la fundición y los puntos de transferencia del material, a fin de controlar las emisiones de PCDD/PCDF.</p>	

Medidas	MTD y MPA	Aspectos importantes
Medidas secundarias	<p>3. Eliminación de polvo de alta eficiencia Emplear técnicas de desempolvamiento de muy alta eficiencia, como, por ejemplo, los filtros de cerámica, filtros de tela de alta eficiencia o el tren de limpieza de gases antes de pasar a una planta de ácido sulfúrico. El polvo del equipo de control de polvos debería devolverse al proceso, el que ya ha sido devuelto o recolectado debería tratarse en hornos de alta temperatura para destruir PCDD/PCDF y recuperar metales. El funcionamiento de los filtros de tela debería monitorearse con dispositivos para detectar fallas en las mangas.</p>	<p>Para controlar el polvo, se debería dar preferencia a los filtros de tela en lugar de los depuradores húmedos y precipitadores electrostáticos húmedos o calientes. El polvo capturado que no se recicle se deberá eliminar en un relleno sanitario seguro o de alguna otra forma aceptable.</p>

En general, las medidas planteadas aquí, relativas a las MTD y las MPA, conforme a lo indicado al inicio de este módulo, tienen que ver con establecer las opciones más viables, en función del costo, las características técnicas de la instalación a evaluar y demás condiciones ambientales y socioeconómicas existentes. En el contexto del diseño y la operación de la planta, estas técnicas y prácticas deberán considerarse en una etapa en la que resulte eficiente y rentable incorporarlas.

Al determinar las fuentes existentes que son prioritarias en su plan de acción, cada parte tendrá que considerar medidas que propicien los cambios necesarios en el proceso, o prácticas de gestión que puedan contribuir al logro de MTD y MPA. Estas modificaciones podrían introducirse gradualmente y formar parte de los planes de modernización de una planta.

Para ver las acciones y proyectos que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible está adelantando en este tema, revise el video “Chatarra: mayor cantidad y mejor calidad” disponible en:



<https://youtu.be/QH2wJ46AILE>

3.5 MTD Y MPA en otros sectores

3.5.1 Crematorios

Los crematorios pueden formar y liberar PCDD, PCDF, HCB y PCB por la presencia de estos compuestos clorados, precursores o cloro, en los cadáveres y en algunos plásticos co-incinerados. Algunas medidas para reducir al mínimo la formación y liberación de las sustancias del anexo C son:

- Evitar el material clorado.
- Diseñar crematorios que operen a una temperatura mínima de 850 °C.
- Disponer un tiempo de residencia de 2 segundos para los gases de combustión y suficiente aire para garantizarla. Los crematorios nuevos y grandes deberían, además, estar equipados con sistemas de control de la contaminación atmosférica para reducir al mínimo la emisión de dióxido de azufre (SO₂), cloruro de hidrógeno (HCl), monóxido de carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), material particulado (MP) y Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Con la aplicación de MTD se pueden alcanzar niveles de < 0,1ng EQT-I/Nm³ en emisiones atmosféricas de PCDD/PCDF (PNUMA, 2007).

3.5.2 Teñido (con cloranil) y terminado (con extracción alcalina) de textiles y cueros

Se ha encontrado contaminación con PCDD y PCDF tanto en productos textiles como en curtidos. La presencia de PCDD/PCDF en las industrias textiles y del cuero se debe al uso de sustancias químicas cloradas, concretamente pentaclorofenol y cloronitrofen, para proteger las materias primas (algodón, lana y otras fibras,

cuero); y al uso de tintes contaminados con dioxinas (dioxacinas o ftalocianinas). Se pueden formar cantidades más pequeñas de PCDD/PCDF en el acabado y durante la incineración de lodo generado durante el proceso. Existen alternativas a los pigmentos de tinte mencionados, por lo que no deberían aplicarse.

Algunas alternativas posibles al pentaclorofenol y ciertos cloronitrofen, es el empleo de las siguientes sustancias (menos peligrosas, pero no en absoluto inocuas como tal):

- 2-(tiocianometil)io benzotiazole (TCMTB).
- o-fenilfenol (oPP).
- 4-cloro-3-metilfenol (CMK).
- 2-n-octil-4- isotiazolin-3-ona (OIT).

Así, si se emplean estas sustancias, debe darse preferencia a los lotes que tengan concentraciones bajas (sustancias destiladas o purificadas de alguna otra forma). En lo posible, debería evitarse la quema de materiales textiles, de tapicería, curtidos y alfombras para evitar la formación de PCDD/PCDF.

En lo referente a MTD, la medida primordial y más eficiente para evitar la contaminación de productos textiles y curtidos con PCDD/PCDF, sería no emplear biocidas y tintes contaminados con dioxinas en las cadenas de producción.

A fin de evitar o reducir la formación y emisión de PCDD/PCDF en la incineración de lodos del tratamiento de aguas residuales y producto de la flotación, deberían aplicarse las MTD que se describen en el Convenio de Estocolmo sobre COP (sección VI.D de las Directrices). No obstante, deberían considerarse otras técnicas respetuosas del medio ambiente (PNUMA, 2007).

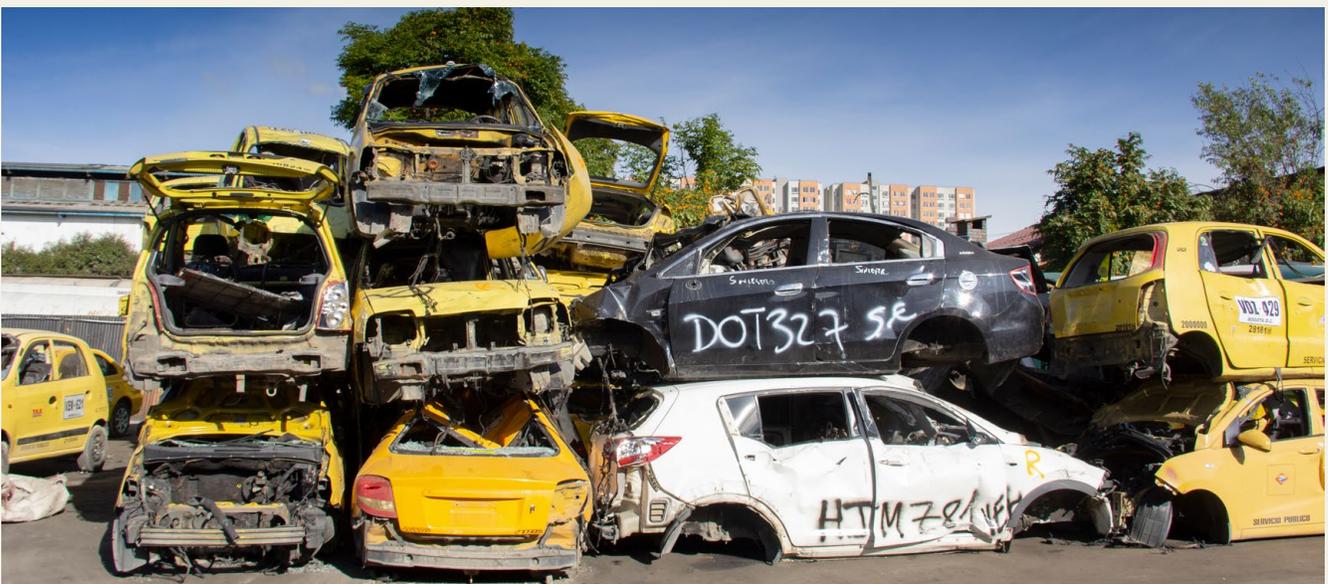
3.5.3 Plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso

En el anexo C del Convenio de Estocolmo sobre COP las plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso figuran como fuente con potencial para formar y liberar las sustancias nombradas en allí. Las fragmentadoras son grandes máquinas compuestas por uno o más yunques o barras rompedoras y revestidas con placas de desgaste de acero aleado. Un motor eléctrico mueve el rotor con los martillos, cuyo movimiento es de cabeceo libre. En la parte inferior de la fragmentadora hay una bandeja vibratoria que recibe el material triturado que se descarga a través de las parrillas. Según el procedimiento, se produce un flujo de metal ferroso, relativamente limpio y compuesto de trozos de acero pequeños (50 mm) y una *borra* que contiene fragmentos de metales no ferrosos y de otros materiales que ingresaron a la fragmentadora (conocida también como trituradora).

Hay muy pocos datos de mediciones de emisiones de chimenea en plantas de fragmentación; sin embargo, los resultados de algunos estudios arrojan niveles de emisiones de PCDD/PCDF al aire de más de 0,1 ng EQT- l/m^3 . Por el momento no hay pruebas suficientes de que durante la fragmentación (mecánica) de vehículos, equipos eléctricos domésticos u otros aparatos eléctricos se produzca nueva formación de dibenzoparadioxinas (PCDD) policloradas, dibenzofuranos policlorados (PCDF) o

bifenilos policlorados (PCB). La información existente indica que los PCDD/PCDF y PCB liberados por las plantas de fragmentación son un producto industrial, intencional, que ha ingresado con los aceites, fluidos dieléctricos y otros materiales contenidos en estos vehículos o bienes de consumo, y que este proceso mecánico se limita a liberar.

En todo caso, en las plantas de fragmentación se deben aplicar medidas para evitar incendios accidentales (que podrían provocar la formación de sustancias del anexo C). La borra de la fragmentación está compuesta de películas de plástico inflamable y polvo fibroso, lo que obliga a una cuidadosa operación de la planta para evitar incendios accidentales. Normalmente se instalan sistemas para eliminación de polvo (por ejemplo, fragmentación en húmedo) o para recolección de polvo (por ejemplo, ciclones, lavadores Venturi o cámaras de filtros) en plantas de fragmentación para el tratamiento de vehículos fuera de uso. Estos sistemas ayudan a reducir la emisión potencial de COP. Para aumentar el control de las emisiones de polvo, los residuos secos finos se deberían almacenar de forma que su dispersión sea mínima. Otras fuentes de precursores de dioxinas que pueden provocar la formación de PCDD/PCDF cuando son quemadas son los condensadores que contienen PCB, aceites de desecho o textiles contaminados con PCB o clorobenceno y polímeros que contienen piroretardantes bromados (formación de dibenzoparadioxinas polibromadas (PBDD) y dibenzofuranos polibromados (PBDF) como contaminantes) (PNUMA, 2007).





3.5.4 Actividad 5: Emparejar

Relacione la MTD o MPA, con su sector o etapa específica, usando la letra correspondiente

A Evitar material clorado.

B Separar los aceites y plásticos de la chatarra de zinc del alimento del horno para reducir la formación de PCDD/PCDF.

C Aplicar principio del ciclo de vida integrado y el de máxima recuperación de componentes reutilizables y reciclables.

D Eliminar el material particulado generado durante el proceso de fundición con depuradores secos o semisecos para la reducción de gases ácidos.

E Disminuir la formación de PCDD/PCDF con sistemas de postcombustión externa en conjunto con enfriamiento rápido del agua.

F Los residuos de agrícolas y/o de huerta pueden ser compostados y usados para mejorar los suelos.

G Evitar o reducir las emisiones difusas del pretratamiento con cintas transportadoras o sistemas neumáticos de transferencia cubiertos.

H Uso de tecnologías alternativas para eliminar el riesgo biológico o infeccioso en residuos sanitarios, como por ejemplo la autoclave.

___ MTD y MPA para producción secundaria de zinc

___ MTD para producción secundaria de acero

___ MTD para producción secundaria de aluminio

___ MTD y MPA para otros sectores (crematorios)

___ MTD para tratamiento de residuos generados en atención en salud

___ MPA en la producción agrícola

___ MTD en la producción secundaria de cobre

___ MPA para gestión de residuos

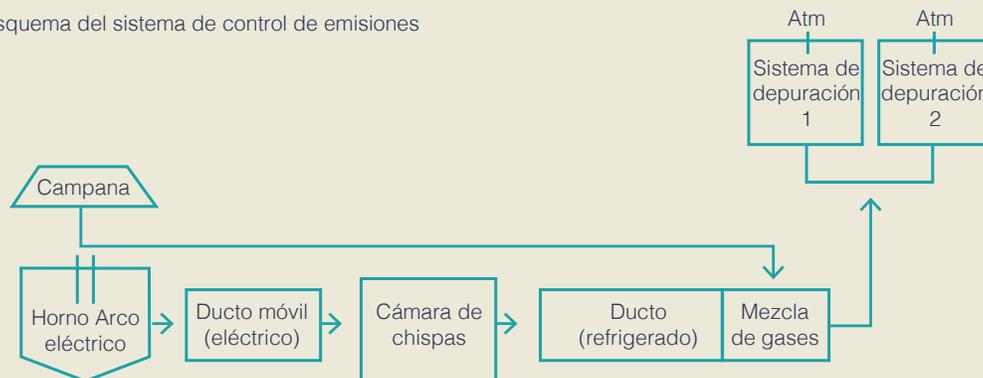
3.6 Caso de estudio

3.6.1 Caso de MTD y MPA en la fundición de acero (Colombia)

En los últimos años en distintos sectores industriales colombianos se vienen aplicando algunas medidas de control ambiental, orientadas a la mitigación de emisiones atmosféricas perjudiciales para el ambiente y la salud de las comunidades. En este caso, respecto al sector de la metalurgia se han implementado técnicas que son MTD como las desarrolladas en la fundición de acero a partir de chatarra. A continuación, se describe un resumen de uno de estos procesos y de las medidas asociadas al control de emisiones en una planta de la industria.

La planta cuenta con un horno de arco eléctrico, el cual se carga con la materia prima (chatarra), que luego de un proceso térmico con electrodos, se funde a alta temperatura ($>1200\text{ }^{\circ}\text{C}$); posteriormente para la captura de los gases residuales generados se cuenta con un sistema de captación a través de campana y ducto de recolección, el cual está refrigerado con agua (en una parte de su sección) para conducir los gases al sistema de depuración o control de emisiones. El tratamiento está compuesto por dos sistemas de filtrado de gases del proceso, que contienen cada uno 6 filtros de mangas para retener el material particulado de la corriente de gas y, finalmente, liberar el gas limpio por cada una de las chimeneas de los sistemas.

Figura 3.8 Esquema del sistema de control de emisiones



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de las mediciones realizadas a las fuentes fijas han sido satisfactorios, en los últimos 3 años, al cumplir con los estándares de emisión admisibles de contaminantes aplicables para la actividad de fundición de acero: material particulado (MP), dióxido de azufre (SO_2) y óxidos de nitrógeno (NO_x); así mismo, los resultados obtenidos luego de la medición de dioxinas y furanos estuvieron por debajo (entre 0,20 y 0,28 ng-EQT/ m^3) del estándar máximo permisible que es de 0,5 ng-EQT/ m^3 , para los dos sistemas de filtrado.

Ahora bien, en 2021, la empresa dueña de la planta contrató una firma de consultoría ambiental para realizar un diagnóstico del

proceso actual y así identificar potenciales mejoras en el sistema de control de emisiones. Con base en lo anterior se presentaron unas conclusiones y recomendaciones para la planta, relacionadas a las MTD y las MPA asociadas a las directrices del Convenio de Estocolmo sobre COP, para identificar cuáles están siendo aplicadas o cuáles otras podrían considerarse a futuro, y así fortalecer las capacidades técnicas de la empresa, especialmente, para prevenir, reducir o mitigar la emisión de PCDD y PCDF, como parámetro principal de análisis en este caso y cumplir con estándares más exigentes sobre PCDD/PCDF, es decir, para bajar emisiones a condiciones MTD ($<0,1\text{ ng-EQT/m}^3$).

Recomendaciones iniciales para la industria con base en las MTD y las MPA del Convenio de Estocolmo

1

Implementar la vigilancia en continuo de parámetros representativos para la corriente de gas, a partir del software actual de la empresa; es decir, agregando la medición, en tiempo real, de los parámetros que requieren análisis: caída de presión, temperatura, monóxido de carbono (CO) y contaminantes representativos para la empresa. La medición de CO permitirá analizar el comportamiento de la combustión en el horno una vez se cuente con gas natural como combustible adicional, de acuerdo con la necesidad de mejora identificada por la empresa.

2

Mejorar la separación de la materia prima que pueda contener precursores de contaminantes orgánicos persistentes desde la fuente, es decir, a partir de la selección y separación en la fuente de la chatarra, evitar al máximo el ingreso de materiales (plástico) que aportan precursores, como el cloro elemental, que favorecen la formación y posterior liberación de PCDD/PCDF debido al proceso de fundición del acero.

3

Garantizar los programas de buen funcionamiento y mantenimiento preventivo de la planta con el fin de evitar o reducir al mínimo las emisiones no intencionales de COP u otras sustancias no deseada.

4

Emplear métodos mejorados de depuración de gases de combustión, tales como la oxidación termal o catalítica, la precipitación de polvos o la adsorción a través de carbón activado, lo cual permitiría reducir las emisiones no solamente de sustancias contaminantes como las PCDD y PCDF sino de otras como mercurio, HF y SO₂; además de otros Compuestos Orgánicos Volátiles y, así mismo, lograr emisiones en condiciones de MTD.

5

Modificar el diseño de los procesos para mejorar la combustión (en el momento de incluir el proceso de oxiquemador con gas natural) y evitar la formación de las sustancias incluidas en el anexo C del Convenio de Estocolmo sobre COP, mediante el control de parámetros como la temperatura de los gases antes y después de la cámara de chispas (figura 3.8) y el tiempo de residencia de estos en el ducto refrigerado; siendo necesaria la medición de la temperatura a través de la instalación de termopares que permitan monitorear y analizar el comportamiento del gas; además de tener un control de las secciones refrigeradas para analizar dónde se pudiera llegar a incrementar la temperatura (> 250 °C), lo cual, como se ha indicado, favorece la formación de PCDD y PCDF.

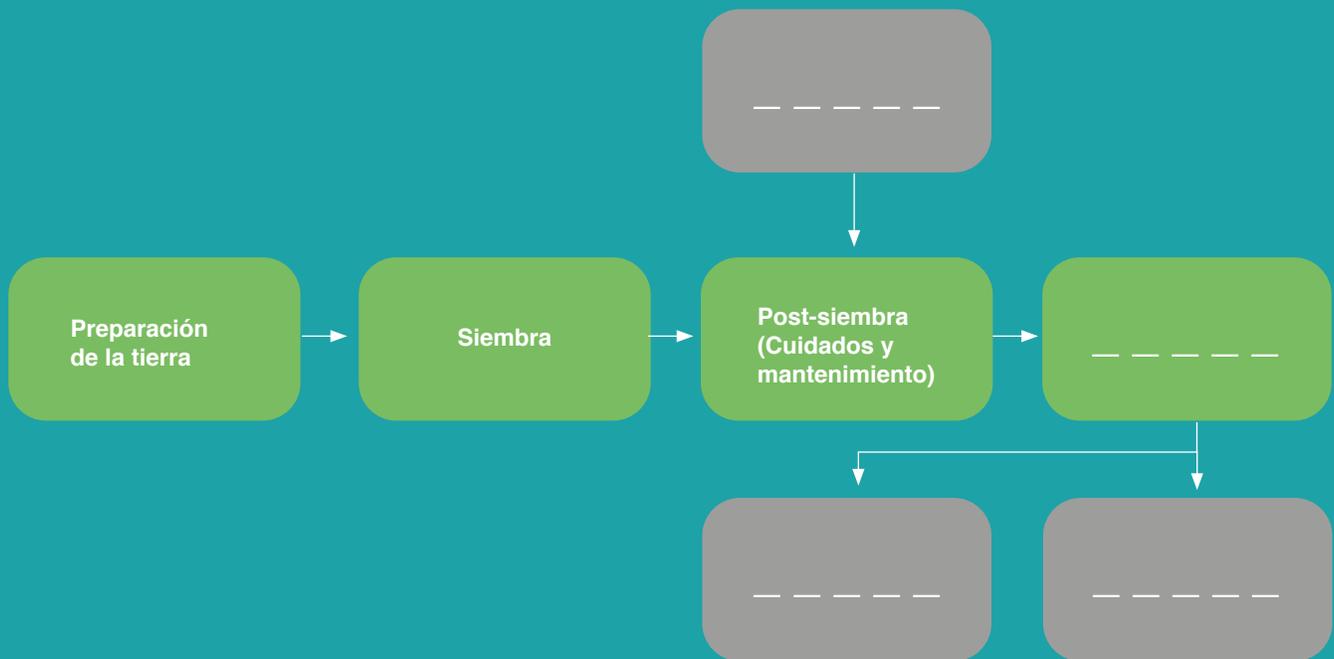
Preguntas orientadoras para la implementación de MTD y MPA, en aras de disminuir la liberación de COPNI en un sector específico

- ¿Cuál es mi sector?
- ¿A qué categoría de fuentes (ver parte II del anexo C del Convenio de Estocolmo) pertenece mi actividad?
- ¿Es requisito para mi actividad el muestreo de dioxinas y furanos (de acuerdo con lo visto en el módulo 2)?
- De acuerdo con el proceso productivo de mi empresa, ¿podría identificar en qué etapa del proceso se generarían dioxinas y furanos? (elabore un diagrama de flujo).
- ¿Cuáles etapas de mi proceso puedo intervenir para evitar, minimizar o eliminar la producción o liberación de dioxinas y furanos?
- ¿Cuáles MTD y MPA aplicaría a los procesos y etapas identificadas?
- Identifique los tomadores de decisión al interior de su empresa. ¿A quiénes interesa el mejoramiento de sus procesos?
- Proceda, junto con los tomadores de decisión, a definir cuál o cuáles de las MTD y MPA pueden ser implementadas.



3.6.2 Actividad 6: Completar

Complete el diagrama de flujo del presente proceso productivo. Los cuadros verdes corresponden a la etapa del proceso y los grises a la potencial medida a aplicar.



3.7 Evaluación del capítulo

1

La etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de actividades, y sus métodos de operación, para evitar o reducir la liberación de COP no intencionales se denomina:

a. Mejores Prácticas Ambientales (MPA).

b. Nueva fuente.

c. Mejores Técnicas Disponibles (MTD).

d. Medida primaria.

2

¿Cómo se denomina a la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental?

a. Mejores Prácticas Ambientales (MPA).

b. Nueva fuente.

c. Mejores Técnicas Disponibles (MTD).

d. Medida primaria.

3

Una actividad como la producción secundaria de aluminio, que comenzó sus actividades en 2019 y que implementa MPA en su proceso se considera una nueva fuente porque:

a. se considera que todas las empresas con menos de 10 años pertenecen a la categoría de nuevas industrias.

b. la actividad puede liberar COPNI y comenzó después de la entrada en vigor del Convenio de Estocolmo.

c. la implementación de MPA implica la renovación constante de sus instalaciones.

d. la Resolución 909 de 2008 la considera como una instalación industrial nueva.

4

Una medida primaria es aquella que:

a. reduce o evita la liberación de dioxinas y furanos.

b. es la primera que debe ser implementada en un esquema de control de emisiones.

c. corrige un problema de contaminación, pero no evita que vuelva a ocurrir.

d. controla la contaminación de una actividad.

5

Una medida secundaria es aquella que:

a. reduce o evita la liberación de dioxinas y furanos.

b. es la primera que debe ser implementada en un esquema de control de emisiones.

c. corrige un problema de contaminación, pero no evita que vuelva a ocurrir.

d. controla la contaminación de una actividad.

6

¿Cuál de las siguientes es una MPA utilizada en la gestión de residuos?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

7

¿Cuál de las siguientes es una MTD utilizada en la gestión de residuos?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

8

¿Cuál de las siguientes es una medida primaria utilizada en la industria metalúrgica?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

9

¿Cuál de las siguientes es una medida secundaria utilizada en la industria metalúrgica?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

10

Evitar la liberación de COPNI implica conocer la etapa del proceso en que estos contaminantes se generan. En la industria agrícola los COPNI se generan cuando:

a. se liberan del suelo durante la preparación del suelo y la siembra.

b. se aplican plaguicidas clorados para el control de insectos y enfermedades.

c. se cosechan los cultivos con técnicas manuales o tradicionales.

d. se elimina material vegetal en los cultivos con quemas, controladas o no.

11

Evitar la liberación de COPNI implica minimizar la presencia de sustancias que podrían generarse durante la actividad realizada. Por ejemplo, para la producción secundaria de metales esto se puede realizar:

a. implementando sistemas de control de emisiones que minimicen las dioxinas y furanos.

b. limpiando la chatarra de materiales impropios como plásticos.

c. utilizando tecnologías diferentes para la fundición, como las autoclaves.

d. reduciendo las dietas y el volumen de producción de la industria.

12

Evitar la liberación de COPNI implica atrapar, reducir o eliminar los contaminantes que se generan durante una actividad. En un tratamiento térmico con combustión esto se logra:

a. depurando y desulfurizando los gases ácidos.

b. eliminando el material particulado y refinando los gases de combustión.

c. aumentando la cantidad de oxígeno durante la combustión.

d. estableciendo controles de calidad para el ingreso y salida de desechos.

13

Para evitar o minimizar la emisión de dioxinas y furanos, la opción más viable para un generador de residuos hospitalarios es:

a. adquirir un equipo a pequeña escala para incinerar sus propios desechos.

b. asociarse con un gestor que realice el tratamiento térmico de todos los desechos generados.

c. segregar sus residuos y optar por un gestor que utilice autoclave como tecnología de tratamiento.

d. disponer sus desechos infecciosos en rellenos sanitarios, evitando la combustión de estos.

14

Para evitar o minimizar la emisión de dioxinas y furanos, la opción más viable para una empresa del sector agrícola es:

a. optar por métodos sin combustión para la cosecha y aprovechar sus residuos agrícolas.

b. implementar la quema a cielo abierto de manera controlada con sistemas automatizados.

c. eliminar totalmente el uso de agroquímicos y fertilizantes, pues estos contienen cloro.

d. utilizar sus residuos como combustible en calderas de biomasa.

15

Para evitar o minimizar la emisión de dioxinas y furanos, la opción más viable para una empresa de la industria metalúrgica es:

a. controlar las condiciones de su proceso de fundición, como presión, temperatura y oxígeno.

b. instalar filtros de mangas, depuradores e inyectores de carbón activado en todas sus chimeneas.

c. acondicionar la chatarra a fundir en el proceso para minimizar el contenido de cloro.

d. reestructurar y automatizar sus instalaciones con tecnología de punta.

3.8 Bibliografía

- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía. (s. f.). *Policloro dibenzodioxinas (PCDDs) y Policloro dibenzofuranos (PCDFs)* [página web]. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/policloro-dibenzodioxinas-pcdds-y-policloro-dibenzofuranos-pcdfs-/20151
- Copper Alliance. (s. f.). *Ciclo de vida del cobre* [página web]. <https://copperalliance.org/es/sustainable-copper/about-copper/copper-life-cycle/>
- Fernández, I., Fuentes, A. y García, E. (2011). *Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQT) de Dioxinas*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/29721/EQT.pdf>
- ICONTEC. (2017, 6 de diciembre). *Norma Técnica NTC-ISO/IEC Colombiana 17025. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. <https://tienda.icontec.org/gp-requisitos-generales-para-la-competencia-de-los-laboratorios-de-ensayo-y-calibracion-ntc-iso-iec17025-2017.html>
- Ley 1196 de 2008. (5 de junio). Por medio de la cual se aprueba el “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes,” hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, la “Corrección al artículo 10 del texto original en español”, del 21 de febrero de 2003, y el “Anexo G al Convenio de Estocolmo”, del 6 de mayo de 2005. *Diario Oficial* n.º 47.011.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Inventario Nacional de fuentes y estimación de liberaciones de COP no intencionales en Colombia. Actualizado con datos 2018*. MADS. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/Inventario_Nal_fuentes_estim_liberaciones_COP_no_intencionales.pdf
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. (s. f.). *Compuestos Orgánicos Persistentes No Intencionales* [página web]. <https://www.marn.gob.gt/viceministro-de-recursos-naturales-y-cambio-climatico/los-residuos-y-desechos-solidos/convenio-de-estocolmo/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Resolución 909 de 2008*. Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527650/Resolucion+909+de+2008.pdf/>
- Organización Mundial de la Salud. (2016, 4 de octubre). *Las dioxinas y sus efectos en la salud humana* [página web]. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [PNUMA]. (2007). *Directrices sobre mejores técnicas disponibles y orientación provisional sobre mejores prácticas ambientales*. PNUMA.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. (2009a). Anexo A. En *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)* (pp. 29-34). PNUMA.
- Secretaría del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. (2009b). Anexo C. En *Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)* (pp. 41-45). PNUMA.
- Stockholm Convention. (s. f. b). *Unintentional Persistent Organic Pollutants* [página web]. <http://chm.pops.int/Implementation/UnintentionalPOPs/UnintentionalPOPsOverview/tabid/370/Default.aspx>

- Suárez, L. M. (2007). *Fuentes y liberaciones de dioxinas y furanos en Colombia. Línea Base 2002*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Inventario_dioxinas_furanos_Base2002.pdf
- Unión Europea. (2017). Reglamento (UE) 2017/644 de la Comisión. Por el que se establecen métodos de muestreo y de análisis para el control de los niveles de dioxinas, PCB similares a las dioxinas y PCB no similares a las dioxinas en determinados productos alimenticios y por el que se deroga el Reglamento (UE) n.o 589/2014. *Diario Oficial* L 92. <https://www.boe.es/doue/2017/092/L00009-00034.pdf>
- Unión Europea. (2017). Reglamento (UE) 2017/771 de la Comisión. Por el que se modifica el Reglamento (CE) n.o 152/2009 en lo que respecta a la determinación de los contenidos de dioxinas y de bifenilos policlorados. *Diario Oficial* L 115. <https://www.boe.es/doue/2017/115/L00022-00042.pdf>
- United States Environmental Protection Agency (US-EPA). (2017, 8 de marzo). *Method 23. Determination of Polychlorinated Dibenzop-Dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from Stationary Sources*. https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-08/documents/method_23.pdf



CAPÍTULO

4

RESULTADOS
de las actividades
y evaluaciones

4.1 Resultados capítulo 1



4.1.1 Actividad 1: Relacionar

Relacione los conceptos de la izquierda con las frases de la derecha:



4.1.2 Actividad 2: Ejercicio de inventario

Se estima que en Colombia se incineran cerca de 11.000 toneladas de residuos peligrosos cada año utilizando tecnologías de combustión controlada con buenos sistemas de control de emisiones. Los factores de emisión por tonelada incinerada son de 10 µg EQT/t al aire y 450 µg EQT/t al residuo (ver Toolkit, categoría 1b).

¿Cuántos g EQT/año se generan?

$$5,060 \frac{\text{g EQT}}{\text{año}}$$

Cálculo del ejercicio:

Estimación de liberaciones de COP no intencionales: clase aire

$$Li_{\text{aire}} = \frac{(11.000 \text{ ton Respel})}{\text{año}} \times \frac{(10 \mu\text{g EQT})}{(\text{ton Respel})} = 110.000 \frac{(\mu\text{g EQT})}{\text{año}} = 0,110 \frac{\text{gEQT}}{\text{año}}$$

Estimación de liberaciones de COP no intencionales: clase residuo (solo ceniza volante)

$$Li_{\text{residuo}} = \frac{(11.000 \text{ ton Respel})}{\text{año}} \times \frac{(450 \mu\text{g EQT})}{(\text{ton Respel})} = 4.950.000 \frac{(\mu\text{g EQT})}{\text{año}} = 4,950 \frac{\text{gEQT}}{\text{año}}$$

$$Li = 0,110 \frac{(\text{gEQT}(\text{aire}))}{\text{año}} + 4,950 \frac{(\text{gEQT}(\text{residuo}))}{\text{año}} = 5,060 \frac{\text{gEQT}}{\text{año}}$$

4.1.3 Evaluación del capítulo

1

¿Cómo se ratificó en Colombia la obligación de cumplir lo pactado en el Convenio de Estocolmo sobre COP?

a. Decreto 1190 de 1999.

b. Resolución 909 de 2008.

c. Ley 99 de 1993.

d. Ley 1196 de 2008.

2

Seleccione cuál de los siguientes NO es un logro de Colombia relacionado con la implementación del Convenio de Estocolmo:

a. Inventario de dioxinas y furanos.

b. Plan Nacional de Implementación.

c. Aumento de producción en sectores industriales.

d. Evaluación económica de impactos.

3

Por “toxicidad” el Convenio de Estocolmo sobre COP entiende:

a. Resistencia a degradación fotolítica, biológica y química.

b. Acumulación de contaminantes en tejidos grasos.

c. Causa de efectos adversos por su exposición aguda o crónica.

d. Semivolatilidad y presencia en lugares remotos.

4

Los tres grandes grupos en que se pueden agrupar los COP son:

a. Plaguicidas, industriales y no intencionales.

b. Orgánicos, inorgánicos y elementales.

c. Tóxicos, persistentes y bioacumulables.

d. Intencionales, no intencionales y difusos.

5

¿Cuál de las siguientes sustancias es considerada un COPNI?

a. Endosulfan

b. Lindano

c. PFOS

d. PCDD/PCDF

6

Los COPNI se generan usualmente en los siguientes procesos:

a. Fitosanitarios y biocidas.

b. Combustiones y síntesis químicas.

c. Amalgamaciones y cultivos agrícolas.

d. Bioacumulaciones y biomagnificaciones.

7

Los siguientes factores favorecen la formación de dioxinas y furanos:

a. Presencia de residuos y pigmentos en desinfección por autoclave.

b. Presencia de sustancias aromáticas, catalizadores y material particulado en procesos térmicos.

c. Semillas transgénicas y fertilizantes orgánicos en actividades agrícolas.

d. Compactación y humedad en rellenos sanitarios.

8

La formación de dioxinas y furanos en procesos de combustión se debe a:

a. Presencia de cloro y combustión deficiente (temperaturas entre 200 °C y 650 °C).

b. Presencia de materia orgánica y combustión deficiente (temperaturas entre 200 °C y 650 °C).

c. Presencia de materia orgánica y uso de sistemas de control de emisiones.

d. Presencia de cloro y uso de sistemas de control de emisiones.

9

Son efectos de las dioxinas y furanos sobre la salud humana:

a. Malformaciones al feto y déficits cognitivos.

b. Cálculos renales y disfunción eréctil.

c. Infarto y fallo sistémico.

d. Acné clórico y cáncer.

10

Es un efecto de las dioxinas y furanos sobre el ambiente:

a. Distribución local en lagos y estuarios.

b. Aumento drástico del efecto invernadero.

c. Distribución mundial a concentraciones de fondo.

d. Favorecimiento de la eutrofización.

11

Se quiere estimar la generación de PCDD/PCDF en una empresa que genera 17.830 toneladas de residuos médicos cada año. La planta tiene un proceso de combustión controlado por lotes y un sistema de control de emisiones compuesto por precipitadores electrostáticos (PES) y filtros de mangas, clasificado en la clase 3 de la categoría 1c de acuerdo con el Toolkit 2013. Los factores de emisión para PCDD/PCDF son de 525 μg EQT/tonelada incinerada al aire, y 920 μg EQT/tonelada incinerada al residuo.

¿Cuántos g EQT libera anualmente al aire esta empresa?

a. 0,936 g EQT

b. 9,360 g EQT

c. 0,09360 g EQT

d. 93,60 g EQT

12

Se quiere estimar la generación de PCDD/PCDF en una empresa que genera 17.830 toneladas de residuos médicos cada año. La planta tiene un proceso de combustión controlado por lotes y un sistema de control de emisiones compuesto por precipitadores electrostáticos (PES) y filtros de mangas, clasificado en la clase 3 de la categoría 1c de acuerdo con el Toolkit 2013. Los factores de emisión para PCDD/PCDF son de 525 μg EQT/tonelada incinerada al aire, y 920 μg EQT/tonelada incinerada al residuo.

¿Cuántos g EQT libera anualmente al residuo esta empresa?

a. 0,164 g EQT.

b. 0,0164 g EQT.

c. 1,6403 g EQT.

d. 16,40 g EQT.

13

¿Cuál es la normatividad nacional dónde se incluyen los límites admisibles de emisiones de PCDD/PCDF en Colombia?

a. Decreto 1190 de 1999.

b. Resolución 909 de 2008.

c. Ley 99 de 1993.

d. Ley 1196 de 2008.

14

El estado del país relativo a dioxinas y furanos en el 2018 es el siguiente:

a. Colombia libera 276 g EQT/año de los cuales el 42 % corresponde al grupo 6, quemas a cielo abierto.

b. Colombia libera el 59 % de las dioxinas y furanos presentes en el aire, y el 26 % de las presentes en residuos.

c. Colombia es responsable de liberar 82.274 g EQT anuales, siendo el puesto 7 de liberaciones en la región.

d. Colombia libera 5,5 µg EQT cada año, siendo sus habitantes la mayor fuente de generación.

15

Debido a que los ensayos de laboratorio se realizan en entidades internacionales, es importante que:

a. El laboratorio pueda comunicarse en español con el cliente.

b. Se cumplan los criterios de calidad de las normas internacionales aplicables.

c. El laboratorio compare los resultados obtenidos con la normatividad colombiana vigente.

d. Se realicen las mediciones en momentos donde la tasa de cambio es favorable.

16

Para asegurar que la información reportada cubre a cabalidad cualquier escenario, se considera que la cuantificación de congéneres debe hacerse usando:

a. Métodos de cribado con buena relación coste-eficacia.

b. Métodos de confirmación como cromatografía de gases acoplada con espectrometría de masa.

c. El límite superior reportando como mínimo el límite de cuantificación del método.

d. Sublotes separados físicamente e identificables.

4.2 Resultados capítulo 2



4.2.1 Actividad 3: Sopa de letras

Encuentre en la sopa de letras las palabras o conceptos que responden a las preguntas de esta actividad.

P	Q	F	A	C	T	O	R	W	E
O	R	T	Y	U	I	O	P	C	A
S	S	C	E	R	C	A	N	A	S
T	D	H	F	G	H	J	K	L	C
E	Ñ	I	Z	X	C	V	P	C	A
S	B	M	N	M	A	E	L	U	L
P	U	E	R	T	O	S	A	L	I
I	O	N	U	D	I	O	T	O	B
X	I	E	N	A	S	Y	A	S	R
F	U	A	R	A	N	O	F	S	A
A	M	B	I	E	N	T	O	A	C
D	I	R	E	C	T	A	R	L	I
E	O	E	N	A	P	A	M	E	O
S	T	S	U	S	O	D	A	L	N

PREGUNTAS

- Buena práctica de ingeniería: cálculo de la altura de la **CHIMENEA**.
- No se deben considerar como estructuras cercanas: los **POSTES** del sistema eléctrico.
- Esta estructura deberá contar con piso y escaleras firmes y antideslizantes que soporten el peso mínimo de 3 personas y el equipo de toma de muestra. **PLATAFORMA**
- Buena práctica de ingeniería para instalaciones nuevas: variables adicionales como la determinación de estructuras **CERCANAS**.
- La actividad objeto de control deberá suministrar como mínimo **PUERTOS** de toma de muestra adecuados.

- Es el **FACTOR** de equivalencia tóxica, necesario para el cálculo de dioxinas y furanos.
- El laboratorio debe hacer corrección de los **CÁLCULOS**, de acuerdo con la Resolución 909 de 2008.
- La medición **DIRECTA** se realiza a través de procedimientos donde se recolecta una muestra (usando equipos muestreadores) para su posterior análisis o mediante el uso de analizadores instrumentales (analizadores en tiempo real).
- Procedimiento que el laboratorio realiza a los equipos de medición, previo a la toma de la muestra. **CALIBRACIÓN**

4.2.2 Actividad 4: Relacionar

Identifique las partes de un informe de resultados. La columna izquierda tiene algunas de las partes requeridas y la columna derecha información que le corresponde. Relaciónelas adecuadamente.

Partes de un informe

Información general

Métodos utilizado en el muestreo

Norma que rige el reporte de resultados

Artículo 74 de la Resolución 909 de 2008

Unidad de medición

Resultado y su incertidumbre

Información

NTC 17025

ng EQT/m³.

US-EPA 23 o equivalente

0,123 ± 0,015 ng EQT/m³

Logo de la empresa, título del informe, fecha, nombre, etc.

Los ensayos deben estar acreditados por el IDEAM. Se admiten ensayos internacionales acreditados en el exterior.

4.1.3 Evaluación del capítulo

1

Una presión de 98.500 Pa corresponde a:

a. 98.500 m Hg

b. 739 mm Hg

c. 371,65 K

d. 2.789 m³

2

Una temperatura de 37 °C corresponde a:

a. 232 mm Hg

b. 370,15 K

c. 310,15 K

d. 1,048 m³

3

Una cantidad de 681 pg EQT corresponde a:

a. 0,681 ng EQT

b. 681.000 ng EQT

c. 20 ft³

d. 273,15 K

4

Un volumen de 20 ft³ corresponde a:

a. 0,15 m³

b. 0,020 ng EQT/m³

c. 293,15 K

d. 0,57 m³

5

Un proceso industrial a 75 °C, 15 % de O₂ y 716 mm Hg produce 0,294 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos. La concentración de sus emisiones a condiciones de referencia con corrección de oxígeno es:

a. 294 pg EQT/m³b. 0,608 ng EQT/m³c. 3,398 pg EQT/m³d. 0,364 ng EQT/m³**6**

Un proceso industrial a 68 °C, 18 % de O₂ y 735 mm Hg produce 389,5 pg EQT/m³ de dioxinas y furanos. La concentración de sus emisiones a condiciones de referencia con corrección de oxígeno es:

a. 0,390 ng EQT/m³b. 0,461 ng EQT/m³c. 1,536 ng EQT/m³d. 0,481 ng EQT/m³**7**

Un proceso industrial a 40 °C, 13 % de O₂ y 760 mm Hg produce 1.500 ng EQT de dioxinas y furanos. El flujo fue de 17 ft³ durante 6 horas. La concentración de sus emisiones a condiciones de referencia con corrección de oxígeno es:

a. 0,682 ng EQT/m³b. 0,545 ng EQT/m³c. 0,520 pg EQT/m³d. 2,888 pg EQT/m³**8**

El laboratorio determinó que una muestra contiene 50 pg de TCDD, 100 pg de PeCDD, 800 pg de TCDF y 600 pg de PeCDF. La cantidad de ng EQT presentes en la muestra son:

a. 1,550 ng EQT

b. 0,480 ng EQT

c. 0,233 ng EQT

d. 0,800 ng EQT

9

El laboratorio determinó que una muestra contiene 100 pg de TCDD, 20 pg de PeCDD, 400 pg de TCDF y 1.200 pg de PeCDF. La cantidad de ng EQT presentes en la muestra son:

a. 0,910 ng EQT

b. 0,409 ng EQT

c. 0,750 ng EQT

d. 1,720 ng EQT

10

Una empresa cuyo informe de emisiones revela que emite 0,480 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos:

a. No requiere hacer ninguna acción, pues cumple con la normatividad vigente.

b. Excede los límites permisibles y debe tomar acciones inmediatamente.

c. Puede considerarse amigable con el medio ambiente.

d. Debería tomar medidas para asegurar y disminuir sus emisiones.

11

Una empresa cuyo informe de emisiones revela que emite 6,500 ng EQT/m³ de dioxinas y furanos:

a. No requiere hacer ninguna acción, pues cumple con la normatividad vigente.

b. Excede los límites permisibles y debe tomar acciones inmediatamente.

c. Puede considerarse amigable con el medio ambiente.

d. Debería tomar medidas para asegurar y disminuir sus emisiones.

12

¿Cuál es la distancia mínima a la cual es necesario identificar el área de influencia de una fuente de emisión?

a. 500 metros.

b. 800 metros.

c. 300 metros.

d. 100 metros.

13

¿Cuáles de las siguientes estructuras no se deben tener en cuenta en el área de influencia de una fuente de emisión?

a. Edificios y torres eléctricas.

b. Edificios y casas.

c. Vallas de publicidad y casas.

d. Vallas de publicidad y torres eléctricas.

14

Seleccione la practica que NO se debe de implementar en un punto de muestreo:

a. Altura de chimenea mínima de 15 metros.

b. Diámetro interno de los niples de mínimo 3 pulgadas.

c. Distancia mínima de un metro entre el equipo de medición y los obstáculos más cercanos.

d. Plataforma y escaleras con piso antideslizante.

15

El nombre del método que ayuda a determinar la concentración de dioxinas y furanos es una emisión es:

a. US-EPA 23.

b. NTC-ISO-17025.

c. Resolución 909 de 2008

d. Reglamento Europeo 644.

16

Nombre de la entidad encargada de acreditar a los laboratorios en el uso del método para medición de dioxinas y furanos:

a. Autoridades ambientales.

b. IDEAM.

c. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

d. INVIMA.

4.3 Resultados capítulo 3



4.3.1 Actividad 5: Emparejar

Relacione la MTD o MPA, con su sector o etapa específica, usando la letra correspondiente

A

Evitar material clorado.

B

Separar los aceites y plásticos de la chatarra de zinc del alimento del horno para reducir la formación de PCDD/PCDF.

C

Aplicar principio del ciclo de vida integrado y el de máxima recuperación de componentes reutilizables y reciclables.

D

Eliminar el material particulado generado durante el proceso de fundición con depuradores secos o semisecos para la reducción de gases ácidos.

E

Disminuir la formación de PCDD/PCDF con sistemas de postcombustión externa en conjunto con enfriamiento rápido del agua.

F

Los residuos de agrícolas y/o de huerta pueden ser compostados y usados para mejorar los suelos.

G

Evitar o reducir las emisiones difusas del pretratamiento con cintas transportadoras o sistemas neumáticos de transferencia cubiertos.

H

Uso de tecnologías alternativas para eliminar el riesgo biológico o infeccioso en residuos sanitarios, como por ejemplo la autoclave.

B

MTD y MPA para producción secundaria de zinc

E

MTD para producción secundaria de acero

D

MTD para producción secundaria de aluminio

A

MTD y MPA para otros sectores (crematorios)

H

MTD para tratamiento de residuos generados en atención en salud

F

MPA en la producción agrícola

G

MTD en la producción secundaria de cobre

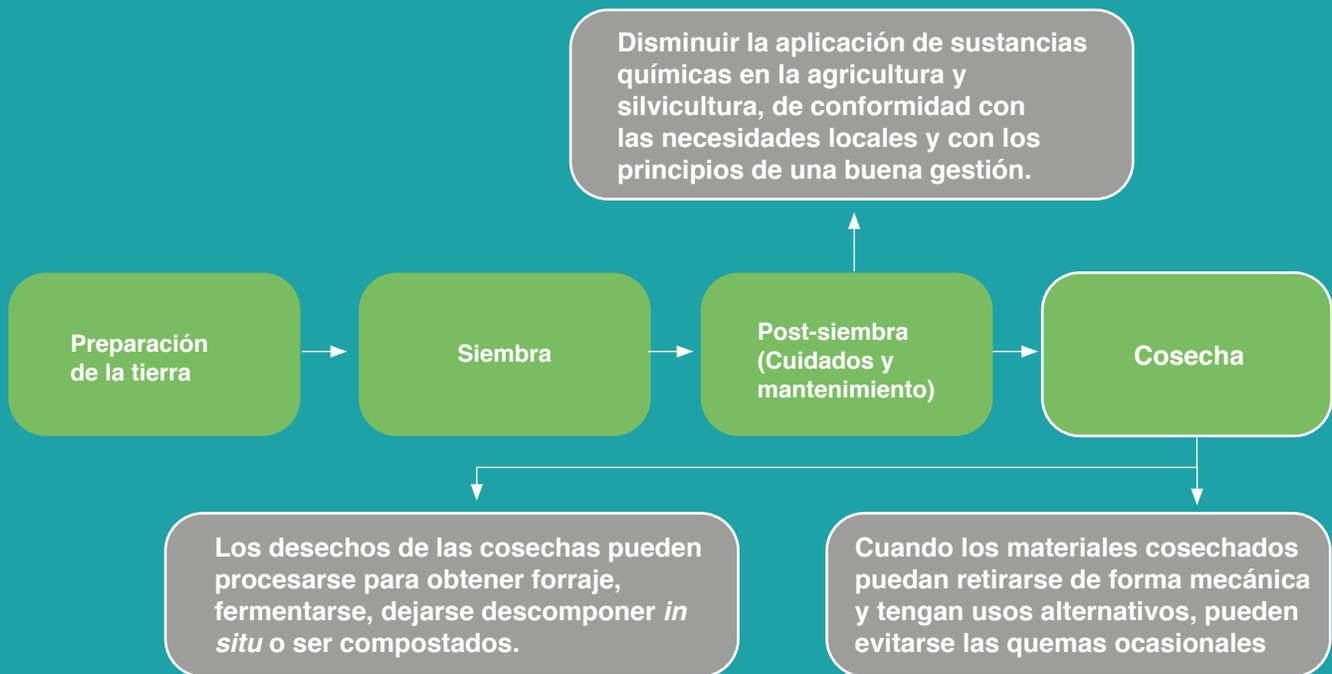
C

MPA para gestión de residuos



4.3.2 Actividad 6: Completar

Complete el diagrama de flujo del presente proceso productivo. Los cuadros verdes corresponden a la etapa del proceso y los grises a la potencial medida a aplicar.



4.3.3 Evaluación del capítulo

1

La etapa más eficaz y avanzada en el desarrollo de actividades, y sus métodos de operación, para evitar o reducir la liberación de COP no intencionales se denomina:

a. Mejores Prácticas Ambientales (MPA).

b. Nueva fuente.

c. Mejores Técnicas Disponibles (MTD).

d. Medida primaria.

2

¿Cómo se denomina a la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental?

a. Mejores Prácticas Ambientales (MPA).

b. Nueva fuente.

c. Mejores Técnicas Disponibles (MTD).

d. Medida primaria.

3

Una actividad como la producción secundaria de aluminio, que comenzó sus actividades en 2019 y que implementa MPA en su proceso se considera una nueva fuente porque:

a. se considera que todas las empresas con menos de 10 años pertenecen a la categoría de nuevas industrias.

b. la actividad puede liberar COPNI y comenzó después de la entrada en vigor del Convenio de Estocolmo.

c. la implementación de MPA implica la renovación constante de sus instalaciones.

d. la Resolución 909 de 2008 la considera como una instalación industrial nueva.

4

Una medida primaria es aquella que:

a. reduce o evita la liberación de dioxinas y furanos.

b. es la primera que debe ser implementada en un esquema de control de emisiones.

c. corrige un problema de contaminación, pero no evita que vuelva a ocurrir.

d. controla la contaminación de una actividad.

5

Una medida secundaria es aquella que:

a. reduce o evita la liberación de dioxinas y furanos.

b. es la primera que debe ser implementada en un esquema de control de emisiones.

c. corrige un problema de contaminación, pero no evita que vuelva a ocurrir.

d. controla la contaminación de una actividad.

6

¿Cuál de las siguientes es una MPA utilizada en la gestión de residuos?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

7

¿Cuál de las siguientes es una MTD utilizada en la gestión de residuos?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

8

¿Cuál de las siguientes es una medida primaria utilizada en la industria metalúrgica?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

9

¿Cuál de las siguientes es una medida secundaria utilizada en la industria metalúrgica?

a. Prevención y reducción de desechos, principio de reducción desde la fuente.

b. Procedimientos mecánicos en lugar de quemas a cielo abierto.

c. Vigilancia de los parámetros de fundición, incluyendo sistemas de control de emisiones.

d. Inyección de carbón activado para absorber contaminantes.

10

Evitar la liberación de COPNI implica conocer la etapa del proceso en que estos contaminantes se generan. En la industria agrícola los COPNI se generan cuando:

a. se liberan del suelo durante la preparación del suelo y la siembra.

b. se aplican plaguicidas clorados para el control de insectos y enfermedades.

c. se cosechan los cultivos con técnicas manuales o tradicionales.

d. se elimina material vegetal en los cultivos con quemas, controladas o no.

11

Evitar la liberación de COPNI implica minimizar la presencia de sustancias que podrían generarse durante la actividad realizada. Por ejemplo, para la producción secundaria de metales esto se puede realizar:

a. implementando sistemas de control de emisiones que minimicen las dioxinas y furanos.

b. limpiando la chatarra de materiales impropios como plásticos.

c. utilizando tecnologías diferentes para la fundición, como las autoclaves.

d. reduciendo las dietas y el volumen de producción de la industria.

12

Evitar la liberación de COPNI implica atrapar, reducir o eliminar los contaminantes que se generan durante una actividad. En un tratamiento térmico con combustión esto se logra:

a. depurando y desulfurizando los gases ácidos.

b. eliminando el material particulado y refinando los gases de combustión.

c. aumentando la cantidad de oxígeno durante la combustión.

d. estableciendo controles de calidad para el ingreso y salida de desechos.

13

Para evitar o minimizar la emisión de dioxinas y furanos, la opción más viable para un generador de residuos hospitalarios es:

a. adquirir un equipo a pequeña escala para incinerar sus propios desechos.

b. asociarse con un gestor que realice el tratamiento térmico de todos los desechos generados.

c. segregar sus residuos y optar por un gestor que utilice autoclave como tecnología de tratamiento.

d. disponer sus desechos infecciosos en rellenos sanitarios, evitando la combustión de estos.

14

Para evitar o minimizar la emisión de dioxinas y furanos, la opción más viable para una empresa del sector agrícola es:

a. optar por métodos sin combustión para la cosecha y aprovechar sus residuos agrícolas.

b. implementar la quema a cielo abierto de manera controlada con sistemas automatizados.

c. eliminar totalmente el uso de agroquímicos y fertilizantes, pues estos contienen cloro.

d. utilizar sus residuos como combustible en calderas de biomasa.

15

Para evitar o minimizar la emisión de dioxinas y furanos, la opción más viable para una empresa de la industria metalúrgica es:

a. controlar las condiciones de su proceso de fundición, como presión, temperatura y oxígeno.

b. instalar filtros de mangas, depuradores e inyectores de carbón activado en todas sus chimeneas.

c. acondicionar la chatarra a fundir en el proceso para minimizar el contenido de cloro.

d. reestructurar y automatizar sus instalaciones con tecnología de punta.



**MINISTERIO DE AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Bogotá D. C., Colombia
www.minambiente.gov.co

Publicación financiada por:

