



CONVENIO  
DE MINAMATA  
SOBRE EL MERCURIO

Distr. general  
18 de julio de 2023

Español  
Original: inglés

---

Conferencia de las Partes en el Convenio  
de Minamata sobre el Mercurio  
Quinta reunión

Ginebra, 30 de octubre a 3 de noviembre de 2023  
Tema 4 e) del programa provisional

Cuestiones para el examen o la adopción de medidas  
por la Conferencia de las Partes: liberaciones de  
mercurio

**Liberaciones de mercurio: aprobación de las orientaciones  
sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas  
ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las  
fuentes pertinentes (artículo 9)**

**Nota de la Secretaría**

**I. Introducción**

1. La Conferencia de las Partes en el Convenio de Minamata sobre el Mercurio, en su decisión MC-4/5, relativa a las liberaciones de mercurio, aprobó las orientaciones sobre la metodología para la preparación de inventarios de liberaciones de conformidad con el párrafo 7 del artículo 9 del Convenio<sup>1</sup>, y solicitó al grupo de expertos técnicos, establecido por la Conferencia de las Partes en su decisión MC-2/3, también relativa a las liberaciones, que elaborase un proyecto de orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes, con miras a su aprobación, también de conformidad con el párrafo 7 del artículo 9.
2. El grupo de expertos técnicos, copresidido por Cristián Enrique Brito Martínez<sup>2</sup> (Chile) y Bianca Hlobisile Mkhathshwa-Dlamini (Eswatini), se reunió en línea siete veces durante el período entre reuniones posterior a la cuarta reunión de la Conferencia de las Partes.
3. En apoyo de la labor del grupo, la Secretaría invitó a las Partes y otros interesados a presentar, antes del 15 de julio de 2022, la información existente sobre normativas nacionales o prácticas de la industria relacionadas con el control de las liberaciones de mercurio procedentes de fuentes

---

\* UNEP/MC/COP.5/1.

<sup>1</sup> UNEP/MC/COP.4/30.

<sup>2</sup> El Sr. Brito dejó el Gobierno de Chile durante el período entre reuniones.

pertinentes. Siete Partes y un interesado presentaron información, que se publicó en el sitio web del Convenio<sup>3</sup>.

4. El grupo elaboró un proyecto de orientaciones y un documento técnico de referencia con información técnica adicional para apoyar el uso de las orientaciones. Los dos documentos se enviaron a las Partes y se publicaron en el sitio web del Convenio el 23 de diciembre de 2022, con vistas a que se presentasen observaciones antes del 17 de febrero de 2023. Se recibieron observaciones de cuatro Partes y siete interesados<sup>4</sup>. El grupo de expertos técnicos finalizó el proyecto de orientaciones que figura en el anexo I de la presente nota. El documento técnico de referencia se reproduce en el documento UNEP/MC/COP.5/INF/11. En el sitio web del Convenio se ha publicado una recopilación de las observaciones con explicaciones sobre cómo se han tenido en cuenta a la hora de elaborar el proyecto de orientaciones y el documento técnico de referencia<sup>5</sup>.

5. La Conferencia de las Partes, en su decisión MC-4/5, también solicitó a la Secretaría que recopilase las aportaciones de las Partes en relación con el uso de las orientaciones sobre la metodología para la preparación de inventarios de liberaciones para su examen en su quinta reunión. En una carta de la Secretaría Ejecutiva, de fecha 1 de marzo de 2023, la Secretaría invitó a las Partes a presentar la información pertinente. En el momento de redactar el presente documento, no se había recibido ninguna información.

## **II. Medidas que podría adoptar la Conferencia de las Partes**

6. La Conferencia de las Partes tal vez deseará examinar y aprobar las orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes de conformidad con el párrafo 7 del artículo 9 del Convenio de Minamata. En el anexo II de la presente nota figura un proyecto de decisión conexo.

---

<sup>3</sup> Se recibieron presentaciones del Brasil, Colombia, los Estados Unidos de América, el Japón, Noruega, Uganda, la Unión Europea y la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. La información presentada se encuentra disponible en el sitio web del Convenio: [www.minamataconvention.org/es/meetings/cop5#sec1563](http://www.minamataconvention.org/es/meetings/cop5#sec1563).

<sup>4</sup> Se recibieron observaciones de la Argentina, los Estados Unidos de América, Tailandia y la Unión Europea y sus Estados miembros, así como de Alfa Laval Corporate AB, la Association of Lighting and Mercury Recyclers, Atium, el Consejo Internacional de Minería y Metales, la International Dental Manufacturers Association, la Red Internacional de Eliminación de los COP y Oasis.

<sup>5</sup> La recopilación de observaciones y las explicaciones están disponibles en el sitio web del Convenio: [www.minamataconvention.org/es/meetings/cop5#sec1563](http://www.minamataconvention.org/es/meetings/cop5#sec1563).

## Anexo I

# **[Proyecto de] orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes [aprobadas] de conformidad con el párrafo 7 del artículo 9 del Convenio de Minamata sobre el Mercurio**

## **1. Introducción**

### **1.1. Finalidad de las orientaciones**

1. El presente documento contiene orientaciones relacionadas con las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para ayudar a las Partes a cumplir sus obligaciones contraídas en virtud del artículo 9 del Convenio de Minamata sobre el Mercurio (en lo sucesivo, “el Convenio”). El artículo 9 está dedicado al control y, en los casos en que sea viable, la reducción de las liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio al suelo y al agua procedentes de fuentes puntuales pertinentes no consideradas en otras disposiciones del Convenio.

2. Las orientaciones se han elaborado [y aprobado] conforme a lo dispuesto en el artículo 9 del Convenio. No establecen requisitos obligatorios, ni intentan añadir o restar nada a las obligaciones contraídas por una Parte en virtud del artículo 9. Para determinar las mejores técnicas disponibles, cada Parte tendrá en cuenta sus circunstancias nacionales de acuerdo con la definición de mejores técnicas disponibles que figura en el párrafo b) del artículo 2, que menciona explícitamente la necesidad de tener en cuenta consideraciones económicas y técnicas para una Parte dada o una instalación en el territorio de esa Parte. Se reconoce que, por razones técnicas o económicas, algunas de las medidas de control descritas en estas orientaciones pueden no estar al alcance de todas las Partes. Se facilitará apoyo financiero, creación de capacidad, transferencia de tecnología y asistencia técnica según lo establecido en los artículos 13 y 14 del Convenio.

### **1.2. Cómo utilizar las orientaciones**

3. Las orientaciones constan de cinco secciones. En la sección 1 se presentan las orientaciones y se ofrece información general sobre cómo el Convenio de Minamata aborda las liberaciones de mercurio al suelo y al agua; en la sección 2 se ofrece información transversal, con consideraciones sobre la selección y aplicación de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales; en la sección 3 se da información general sobre técnicas comunes de control de liberaciones aplicables a muchas categorías de fuentes en general; en la sección 4 se abordan las técnicas para determinadas categorías de fuentes específicas; y en la sección 5 se aborda la vigilancia de las liberaciones de mercurio.

4. En un documento de referencia aparte (UNEP/MC/COP.5/INF/11) se ofrece información técnica adicional, entre otras cosas sobre técnicas emergentes que se encuentran en fase piloto, aunque dicho documento no forma parte de las orientaciones formales.

### **1.3. Formas químicas del mercurio**

5. El mercurio es un elemento, que también puede encontrarse en diversas formas químicas. El Convenio se ocupa tanto del mercurio elemental como de los compuestos de mercurio, pero solo cuando el mercurio y sus compuestos son emitidos o liberados antropogénicamente. Los compuestos inorgánicos de mercurio incluyen óxidos, sulfuros o cloruros, por ejemplo. En estas orientaciones, el término “mercurio” se refiere tanto al mercurio elemental como a los compuestos de mercurio, a menos que el contexto deje claro que se trata de una forma específica. Esto es coherente con el ámbito de aplicación del artículo 9 sobre liberaciones, que se refiere al control y, cuando sea viable, la reducción de las liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio, a menudo expresadas como “mercurio total”, al suelo y al agua.

6. La forma química de las liberaciones de mercurio varía en función del tipo de fuente y de otros factores. Una vez liberado en el suelo y el agua, el mercurio puede, en determinadas circunstancias, transformarse en compuestos orgánicos como el metilmercurio o el etilmercurio, que son las formas más tóxicas del mercurio.

## 1.4. Cómo aborda el Convenio de Minamata las liberaciones de mercurio

7. El objetivo del Convenio de Minamata es proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropógenas de mercurio y compuestos de mercurio al aire (emisiones) y al suelo y al agua (liberaciones) (artículo 1). El Convenio aborda el ciclo de vida del mercurio y los compuestos de mercurio, desde sus fuentes de suministro hasta su comercio, uso, emisión, liberación, almacenamiento y gestión de desechos, así como la gestión de los sitios contaminados. El mercurio y los compuestos de mercurio pueden liberarse al suelo y al agua en todas las fases del ciclo de vida, y algunas de las disposiciones del Convenio que abordan esas fases también abarcan dichas liberaciones.

8. El artículo 9 trata del “control y, cuando sea viable, la reducción de las liberaciones de mercurio y compuestos de mercurio, a menudo expresadas como “mercurio total”, al suelo y al agua procedentes de fuentes puntuales pertinentes”. Una “fuente pertinente” es “toda fuente puntual antropógena significativa de liberaciones detectada por una Parte y no considerada en otras disposiciones del Convenio”. En el artículo 9 se establece que las Partes determinarán las categorías pertinentes de fuentes puntuales a más tardar tres años después de la entrada en vigor del Convenio y periódicamente a partir de entonces. La Conferencia de las Partes, en su decisión MC-4/5, sobre liberaciones de mercurio, invitó a las Partes a tomar en consideración la lista de categorías de fuentes puntuales potencialmente pertinentes, tal como se indica en las orientaciones sobre la metodología para la preparación de inventarios de liberaciones (UNEP/MC/COP.4/30).

9. Las Partes con fuentes pertinentes tienen la obligación de adoptar medidas para controlar las liberaciones de conformidad con el artículo 9.

### Artículo 9, párrafos 4 y 5

4. Una Parte en la que haya fuentes pertinentes adoptará medidas para controlar las liberaciones y podrá preparar un plan nacional en el que se expongan las medidas que deben adoptarse para controlar las liberaciones, así como las metas, los objetivos y los resultados que prevé obtener. Esos planes se presentarán a la Conferencia de las Partes en un plazo de cuatro años desde la fecha de entrada en vigor del Convenio para esa Parte. Si una Parte decidiera elaborar un plan de aplicación con arreglo a lo establecido en el artículo 20, podrá incluir en su texto el plan que se contempla en el presente párrafo.

5. Las medidas incluirán una o varias de las siguientes, según corresponda:

- a) Valores límite de liberación para controlar y, cuando sea viable, reducir las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes;
- b) El uso de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes;
- c) Una estrategia de control de múltiples contaminantes que aporte beneficios paralelos para el control de las liberaciones de mercurio;
- d) Otras medidas encaminadas a reducir las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes.

10. Cada Parte debe determinar las liberaciones que son significativas para ella y que, por tanto, deben controlarse. Los vertidos de aguas residuales a una masa de agua pueden considerarse una liberación significativa al agua, tanto si se vierten directamente a la masa de agua como indirectamente a través de una planta de tratamiento de aguas residuales externa o a una tubería de vertido común. El vertido de aguas residuales al suelo o el depósito de objetos que contengan mercurio en un terreno que no sea una zona de contención controlada puede considerarse una liberación significativa al suelo.

## 1.5. Fuentes de liberaciones de mercurio que abarcan estas orientaciones

11. Para apoyar a las Partes en la adopción de medidas para controlar las liberaciones de las fuentes puntuales pertinentes que hayan determinado, estas orientaciones abordan las categorías de fuentes puntuales potencialmente pertinentes, como se menciona en la subsección 1.4. En el cuadro 1 se enumeran las categorías de fuentes puntuales potencialmente pertinentes y las fuentes de liberaciones no contempladas en otras disposiciones del Convenio que se incluyeron en las orientaciones sobre la metodología para preparar inventarios de liberaciones, junto con una referencia a las secciones y subsecciones de las presentes orientaciones en las que se ofrece información sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales.

12. Entre las fuentes puntuales abordadas específicamente en otras disposiciones del Convenio y, por tanto, no abarcadas por estas orientaciones, se incluyen la producción de monómero de cloruro de vinilo (tratada en el artículo 5, sobre procesos de fabricación en los que se utiliza mercurio o compuestos de mercurio), la producción de poliuretano (tratada en el artículo 5), la extracción de oro artesanal y en pequeña escala (artículo 7) y los desechos de mercurio (artículo 11).

Cuadro 1

## Lista de categorías de fuentes puntuales potencialmente pertinentes

Categoría de fuente en el Instrumental del PNUMA para la Identificación y Cuantificación de las Liberaciones de Mercurio		Fuentes de liberaciones no consideradas en otras disposiciones del Convenio de Minamata <sup>a</sup>	Secciones y subsecciones pertinentes de estas orientaciones
Categoría de fuente: 5.1 Extracción y uso de combustibles/fuentes de energía			
5.1.1	Combustión de carbón en grandes centrales eléctricas	Liberaciones al suelo y al agua procedentes del almacenamiento de carbón, el lavado del carbón y los sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de sistemas de control de la contaminación del aire, y subsección 4.2, sobre combustión de carbón
5.1.2	Otra combustión de carbón	Liberaciones al suelo y al agua procedentes del almacenamiento de carbón, el lavado del carbón y los sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de sistemas de control de la contaminación del aire, y subsección 4.2, sobre combustión de carbón
	Minería del carbón <sup>b</sup>	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los métodos de tratamiento húmedo, como la flotación y el lavado del carbón	Subsección 4.2, sobre combustión de carbón
5.1.3	Aceites minerales: extracción, refinado y uso (petróleo)	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de la extracción y el refinado del petróleo y los sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire, y subsección 4.3, sobre petróleo y gas
5.1.4	Gas natural: extracción, refinado y uso	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de la extracción y el refinado del gas natural	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de sistemas de control de la contaminación del aire, y subsección 4.3, sobre petróleo y gas
5.1.6	Producción de energía y calor a partir de la biomasa	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de sistemas de control de la contaminación del aire
Categoría de fuente: 5.2 Producción primaria (virgen) de metales			
5.2.1	Extracción de mercurio y tratamiento inicial	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de la minería y el tratamiento de minerales	Subsección 4.4, sobre la producción primaria de mercurio metálico
5.2.3 a 5.2.8	Extracción, tratamiento de minerales, fundición y calcinación de metales no ferrosos distintos del mercurio	Liberaciones al suelo y al agua procedentes del drenaje de minas canalizado, el tratamiento de minerales, los sistemas de control de la contaminación del aire, la fundición y calcinación asociadas y los desechos del proceso	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire, y subsección 4.5, sobre producción de metales no ferrosos
5.2.9	Producción primaria de metales ferrosos	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire asociados a la producción de coque, el tratamiento del alquitrán de hulla, la producción de arrabio y los desechos del proceso	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire

Categoría de fuente en el Instrumental del PNUMA para la Identificación y Cuantificación de las Liberaciones de Mercurio		Fuentes de liberaciones no consideradas en otras disposiciones del Convenio de Minamata <sup>a</sup>	Secciones y subsecciones pertinentes de estas orientaciones
Categoría de fuente: 5.3 Producción de otros minerales y materiales con impurezas de mercurio			
5.3.1	Producción de clínker	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire; posibles liberaciones al suelo derivadas de la eliminación de los desechos del proceso, tales como el polvo de hornos de cemento	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire
5.3.2	Producción de pulpa y papel	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire y de los desechos del proceso	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire
5.3.4	Otros minerales y materiales	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de la producción de fertilizantes, colorantes, pigmentos y otros productos químicos	Pueden considerarse las técnicas de la sección 3
Categoría de fuente: 5.4 Uso intencional del mercurio en procesos industriales			
5.4.1	Producción de cloro-álcali con tecnología de mercurio	Liberaciones al suelo y al agua procedentes del proceso de producción y de plantas contaminadas	Subsección 4.6, sobre la producción de cloro-álcali
Categoría de fuente: 5.5 Fabricación de productos de consumo con uso intencional de mercurio			
5.5.1 a 5.5.9	Fabricación de productos que contienen mercurio	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de la fabricación de categorías de productos no incluidas en el anexo A del Convenio y de categorías de productos con un contenido de mercurio inferior a los límites fijados en el anexo A	Pueden considerarse las técnicas de la sección 3
Categoría de fuente: 5.6 Otros usos intencionales de productos y procesos			
5.6.1	Empastes dentales de amalgama de mercurio	Liberaciones al agua, como las que se producen al poner nuevos empastes o cuando se perforan los antiguos en los consultorios dentales ( <i>Nota:</i> las Partes pueden tratar esas liberaciones en virtud del artículo 4, pero no están obligadas a hacerlo.)	Pueden considerarse las técnicas de la sección 3
5.6.3	Productos químicos y material de laboratorio	Reactivos que contienen mercurio y compuestos de mercurio vertidos en las aguas residuales	Pueden considerarse las técnicas de la sección 3
Categoría de fuente: 5.7 Producción de metales reciclados (producción secundaria de metales)			
5.7.1	Producción de mercurio reciclado ("producción secundaria")	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire
5.7.2	Producción de metales ferrosos reciclados (hierro y acero) (incluye el reciclaje de vehículos de desechados)	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire

Categoría de fuente en el Instrumental del PNUMA para la Identificación y Cuantificación de las Liberaciones de Mercurio		Fuentes de liberaciones no consideradas en otras disposiciones del Convenio de Minamata <sup>a</sup>	Secciones y subsecciones pertinentes de estas orientaciones
	Reutilización o reciclado de equipos industriales usados <sup>c</sup>	Pueden producirse liberaciones durante el desmantelamiento de fábricas, plataformas petrolíferas, etc., donde se reciclan equipos contaminados con mercurio (por ejemplo, tuberías, depósitos o intercambiadores de calor)	Pueden utilizarse las técnicas descritas para la producción de cloro-álcali
Categoría de fuente: 5.8 Incineración de desechos			
5.8.1 a 5.8.4	Incineración de desechos	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire asociados a los desechos peligrosos, los desechos médicos, los desechos municipales/industriales y las incineradoras de fangos cloacales	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire, y subsección 4.2, sobre combustión de carbón
Categoría de fuentes: 5.9 Depósito/vertimiento de desechos y tratamiento de aguas residuales			
5.9.1	Vertederos/depósitos controlados	Liberaciones al agua de los lixiviados de los vertederos	Pueden considerarse las técnicas de la sección 3
5.9.5	Sistemas/tratamiento de aguas residuales	Liberaciones/aguas residuales tratadas procedentes de procesos de tratamiento de aguas residuales industriales y municipales Cuando se incineran los residuos/lodos, liberaciones/aguas residuales de los sistemas de control de la contaminación del aire	Pueden considerarse las técnicas de la sección 3 Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire
Categoría de fuente: 5.10 Crematorios y cementerios			
5.10.1	Crematorios	Liberaciones al suelo y al agua procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire	Subsección 4.1, sobre liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire

<sup>a</sup> Según el párrafo 2 del artículo 9, por “liberaciones” se entienden las liberaciones de mercurio o de compuestos de mercurio al suelo y al agua, y por “fuente pertinente”, toda fuente puntual antropógena significativa de liberaciones detectada por una Parte y no considerada en otras disposiciones del Convenio. En su decisión MC-3/4, sobre liberaciones de mercurio, la Conferencia de las Partes señaló que “si bien las aguas residuales se abordan bajo el artículo 9, las Partes tal vez deseen controlar adicionalmente las aguas residuales con arreglo al artículo 11 del Convenio”.

<sup>b</sup> No incluido en el Instrumental del PNUMA. Por lo tanto, no existe un número para estas fuentes.

<sup>c</sup> No incluido en el Instrumental del PNUMA. Por lo tanto, no existe un número para estas fuentes.

## 2. Consideraciones para la selección y aplicación de las mejores técnicas disponibles y mejores prácticas ambientales

### 2.1. Consideraciones generales relativas a las mejores técnicas disponibles

13. La definición del término “mejores técnicas disponibles” que figura en el artículo 2 del Convenio constituye la base del proceso de selección de las Partes.

#### Artículo 2, párrafo b)

b) Por “mejores técnicas disponibles” se entienden las técnicas que son más eficaces para evitar y, cuando eso no es factible, reducir las emisiones y liberaciones de mercurio a la atmósfera, al agua y al suelo, y los efectos de esas emisiones y liberaciones para el medio ambiente en su conjunto, teniendo en cuenta consideraciones económicas y técnicas para una Parte dada o una instalación dada en el territorio de esa Parte. En ese contexto:

- i) Por “mejores” se entiende más eficaces para lograr un alto grado general de protección del medio ambiente en su conjunto;
- ii) Por “disponibles” se entienden, en relación con una Parte dada y una instalación dada en el territorio de esa Parte, las técnicas que se han desarrollado a una escala que permite su aplicación en un sector industrial pertinente en condiciones de viabilidad económica y técnica, tomando en consideración los costos y los beneficios, ya sean técnicas que se utilicen o produzcan en el territorio de esa Parte o no, siempre y cuando sean accesibles al operador de la instalación como determine esa Parte; y
- iii) Por “técnicas” se entienden tanto las tecnologías utilizadas como las prácticas operacionales y la manera en que se diseñan, construyen, mantienen, operan y desmantelan las instalaciones.

14. Para guiar el de análisis de las mejores técnicas disponibles se tendrán en cuenta una serie de factores, entre ellos, la antigüedad de los equipos e instalaciones de que se trate, los procesos empleados, los cambios en los procesos, los efectos ambientales distintos de la calidad del agua (incluidas las necesidades energéticas) y el costo de aplicación de las técnicas. Las mejores técnicas disponibles también pueden incluir cambios en los procesos o en la realización de los controles internos. Se considera que las mejores técnicas disponibles son técnica y económicamente realizables, y justificables bajo la jurisdicción de la Parte en cuestión.

15. Cabe esperar que el proceso de selección y aplicación de las mejores técnicas disponibles englobe los siguientes pasos generales:

- a) *Etapas 1:* Reunión de información sobre la fuente o categoría de fuentes. Esto puede incluir, entre otras cosas, información sobre los procesos, insumos, materias primas o combustibles conexos y sobre el nivel de actividad real o previsto, incluida la productividad. Otra información pertinente podría ser la vida útil prevista de la instalación, que probablemente será de especial relevancia cuando se considere una instalación existente, y cualquier requisito o plan relacionado con el control de otros contaminantes;
- b) *Etapas 2:* Determinación de toda la gama de opciones para la prevención de las liberaciones de mercurio en las aguas residuales o para su eliminación de las mismas y de las combinaciones de esas técnicas en función de su pertinencia para la fuente de que se trate, incluidas las técnicas descritas en la sección 3 de las presentes orientaciones, sobre técnicas comunes para el control de las liberaciones, y en la sección 4, sobre técnicas para fuentes específicas de liberaciones;
- c) *Etapas 3:* Determinación de las opciones de control técnicamente viables, teniendo en cuenta las técnicas aplicables al tipo concreto de instalación dentro del sector y las limitaciones físicas u operacionales que puedan influir en la elección de la técnica;
- d) *Etapas 4:* Selección, entre las técnicas identificadas en la etapa 3, de las técnicas de control más eficaces para la eliminación y, cuando sea factible, la reducción de las liberaciones de mercurio, teniendo en cuenta los niveles de rendimiento mencionados en las presentes orientaciones, y para el logro de un nivel general elevado de protección de la salud humana y del medio ambiente;
- e) *Etapas 5:* Determinación de las técnicas que pueden aplicarse en condiciones económica y técnicamente viables, teniendo en cuenta los costos y beneficios y si las técnicas son accesibles para el operador de la instalación, según determine la Parte de que se trate. Cabe señalar que las opciones seleccionadas para las instalaciones nuevas y las existentes pueden diferir. También debe tenerse en cuenta la necesidad de un buen mantenimiento y control operacional de las técnicas, para que el nivel de rendimiento alcanzado pueda mantenerse a lo largo del tiempo.



## 2.2. Niveles de rendimiento

16. En las secciones 3 y 4 de las presentes orientaciones se ofrece información sobre los niveles de rendimiento que se han alcanzado en las instalaciones que aplican las técnicas para controlar las liberaciones de mercurio que se describen en esas secciones, cuando se dispone de esa información. Esta información no debe interpretarse como una recomendación de valores límite de liberación, tal como se definen en el párrafo 2 f) del artículo 9, es decir, límites “de la concentración o la masa de mercurio o compuestos de mercurio, a menudo expresadas como “mercurio total”, liberada por una fuente puntual”. En el párrafo 5 del artículo 9 figura una lista de medidas que las Partes pueden elegir para aplicar a sus fuentes pertinentes, entre las que se incluyen los valores límite de liberación. Si una Parte opta por aplicar valores límite, deberá tener en cuenta factores similares a los descritos en la subsección 2.1 en relación con las mejores técnicas disponibles.

## 2.3. Mejores prácticas ambientales

17. El término “mejores prácticas ambientales” también se define en el artículo 2 del Convenio.

### Artículo 2, párrafo c)

c) Por “mejores prácticas ambientales” se entiende la aplicación de la combinación más adecuada de medidas y estrategias de control ambiental.

18. El mantenimiento adecuado de las instalaciones y los equipos de medición es importante para la aplicación eficaz de las técnicas de control y vigilancia. Para garantizar un buen rendimiento, es indispensable contar con operarios cualificados que hayan recibido la formación adecuada y sean conscientes de la necesidad de prestar atención a los procesos. Una planificación cuidadosa y el compromiso de todos los niveles de la organización que gestiona la instalación también contribuirán a mantener el rendimiento, al igual que los controles administrativos y otras prácticas de gestión de instalaciones.

19. El establecimiento y funcionamiento de un sistema de gestión ambiental es una buena práctica que contribuye al control de las liberaciones. Un sistema de gestión ambiental es un enfoque estructurado para gestionar los aspectos ambientales de una operación, que engloba, por lo general, lo siguiente: examinar los objetivos ambientales de la empresa; analizar los riesgos ambientales, el impacto ambiental de la empresa y los requisitos jurídicos correspondientes; fijar objetivos y metas ambientales para reducir el impacto ambiental y garantizar el cumplimiento de los requisitos jurídicos; establecer programas para alcanzar esos objetivos y metas; vigilar y medir los progresos realizados en la consecución de los objetivos; fomentar la conciencia ambiental de los empleados, su conocimiento de la legislación ambiental nacional y su competencia; y revisar el funcionamiento del sistema y mejorarlo continuamente.

## 2.4. Consideración de los costos y beneficios de las técnicas y prácticas

20. El análisis de los costos y beneficios de las técnicas y prácticas es un elemento importante para determinar las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales, y debe realizarse teniendo en cuenta las consideraciones económicas y técnicas de la Parte o la instalación. La aplicación de medidas para controlar las liberaciones de mercurio suele implicar algún costo. Puede haber costos de capital asociados a la instalación de las tecnologías de control o a un aumento de los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones, o ambas cosas. En el documento técnico de referencia conexas, se recogen algunos ejemplos de estos costos relacionados con instalaciones concretas, en los casos en que se dispone de información fiable. Sin embargo, es probable que los costos reales dependan de las circunstancias específicas de cada instalación; por lo tanto, las cifras citadas deben tomarse únicamente como una indicación general de la magnitud probable de los costos. Para cada caso en particular, será necesario obtener información específica sobre la instalación en cuestión. Se reconoce que los costos recaerán generalmente en el operador de la instalación, mientras que los beneficios los cosechará la sociedad en general.

## 2.5. Efectos cruzados entre los distintos medios y técnicas de control de múltiples contaminantes

21. Muchas técnicas de control de las liberaciones de mercurio al suelo y al agua generan desechos sólidos, como fango residual, precipitados o resinas intercambiadoras de iones usadas. Cuando esos desechos se ajusten a la definición de desechos de mercurio que figura en el párrafo 2 del artículo 11 del Convenio, las Partes deberán adoptar las medidas apropiadas para que se gestionen de forma ambientalmente racional a fin de evitar la contaminación secundaria por mercurio.

22. Las técnicas de control de las emisiones de mercurio al aire también pueden tener efectos cruzados entre los distintos medios. Las orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para el control de las emisiones de mercurio incluyen la consideración de dichos efectos cruzados, y las presentes orientaciones también abordan el control de las liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire.

23. Existen técnicas que pueden utilizarse para controlar las liberaciones de una serie de contaminantes, como las partículas en suspensión, los metales, incluido el mercurio, y los contaminantes orgánicos. Por ejemplo, la precipitación de mercurio por sulfuro también reducirá la concentración de otros metales en el agua. Deberían tenerse en cuenta las ventajas de utilizar técnicas capaces de controlar varios contaminantes simultáneamente, para obtener beneficios paralelos. A la hora de considerar las técnicas de control de liberaciones, deben tenerse en cuenta factores como su eficacia para controlar tanto el mercurio como otros contaminantes y si existen posibles consecuencias adversas. Por ejemplo, en determinadas situaciones podría ser necesaria una evaluación de las posibles liberaciones de los auxiliares de tratamiento y de los contaminantes liberados durante la regeneración de los medios o equipos de tratamiento.

### 3. Técnicas habituales para el control de las liberaciones

24. La mayoría de las técnicas para controlar las liberaciones de mercurio al suelo y al agua están relacionadas con la eliminación del mercurio de las aguas residuales, donde el mercurio está disuelto en las aguas servidas, adsorbido en partículas en suspensión o presente dentro de la matriz mineral de las partículas en suspensión. En las subsecciones 3.1 a 3.7 se describen las técnicas para eliminar el mercurio de las aguas residuales, mientras que la subsección 3.8 abarca otras formas de liberaciones de mercurio.

25. El control de las liberaciones puede comenzar con procesos para eliminar las partículas en suspensión, como la separación por gravedad. El mercurio disuelto puede eliminarse mediante técnicas como la precipitación y la adsorción, mientras que la eliminación del mercurio adsorbido en el suelo o en residuos sólidos conlleva, primero, su separación (también conocida como desorción) de los materiales en los que está adsorbido mediante un tratamiento físico, químico o térmico.

26. El mercurio contenido en las aguas residuales puede eliminarse mediante varias técnicas que utilizan tratamientos fisicoquímicos y biológicos. Las técnicas de eliminación pueden reducir u oxidar el mercurio para hacerlo más susceptible a las técnicas de adsorción o a los tratamientos biológicos con microorganismos.

27. La sección 3 ofrece información general sobre técnicas de control aplicables a todas las categorías de fuentes pertinentes enumeradas en la subsección 1.5. En la sección 4 se ofrece información adicional sobre sectores concretos.

#### 3.1. Eliminación del contenido sólido

28. Cuando el contenido de mercurio está presente en la matriz mineral de las partículas en suspensión, se requieren técnicas de separación que eviten su movilización o liberación. Las técnicas adecuadas de separación o clarificación incluyen:

- a) Separación por gravedad (separación de arenas, sedimentación)
- b) Coagulación y floculación
- c) Flotación
- d) Separación centrífuga
- e) Filtración

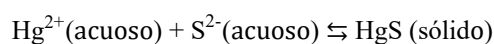
29. Algunas técnicas para eliminar el mercurio disuelto o adsorbido de las aguas residuales deben estar lo más libres posible de contenido sólido, lo que a menudo hace necesario un paso previo de filtración. Por ejemplo, las superficies activas adsorbentes suelen ser propensas a atascarse y obstruirse y, en el caso del intercambio iónico, las partículas en suspensión en la alimentación deben ser normalmente inferiores a 50 mg por litro para evitar el taponamiento. Los atascos y obstrucciones también son un problema importante en la filtración y deben tenerse en cuenta en el mantenimiento del sistema de filtración.

### 3.2. Precipitación de metales

30. La precipitación es un proceso que forma materia particulada insoluble (precipitado sólido) en el agua, a lo que sigue un proceso adicional de separación de esas partículas en suspensión del agua. Es una tecnología frecuentemente utilizada para tratar las aguas subterráneas y las aguas residuales contaminadas con mercurio. Es menos probable que la eficacia de esta tecnología se vea reducida por las características del agua o de los contaminantes que sí afectan a otras tecnologías, como la dureza o la existencia de otros metales pesados. Los sistemas que utilizan la precipitación suelen requerir operarios cualificados, lo que significa que esta tecnología es más eficaz en función de los costos cuando se lleva a cabo a gran escala, de modo que los costos de mano de obra puedan repartirse entre una mayor cantidad de agua depurada. Puede complementarse con otras técnicas de tratamiento para mejorar su eficacia. Los mejores rendimientos se obtienen con una combinación de precipitación con filtración, coprecipitación y adsorción.

31. La precipitación suele implicar el ajuste del pH y la adición de un precipitante químico o coagulante para transformar los metales solubles y los contaminantes inorgánicos en metales insolubles y sales inorgánicas. La eliminación del mercurio suele incluir la modificación del pH del agua a tratar, ya que la eliminación se maximiza en el nivel de pH en el que la especie precipitada es menos soluble. El intervalo de pH óptimo para la precipitación depende de los desechos tratados y del proceso de tratamiento específico. El sólido precipitado suele eliminarse por clarificación o filtración.

32. La precipitación de sulfuros es una técnica habitual para eliminar el mercurio inorgánico de las aguas residuales. Los iones de mercurio disueltos en las aguas residuales pueden eliminarse por precipitación con la adición de reactivos de sulfuro. En este proceso, el intervalo de pH ajustado se sitúa entre 7 y 9, y la adición de reactivos de sulfuro a una solución acuosa de iones de mercurio ( $\text{Hg}^{2+}$ ) da lugar a la formación de sulfuro de mercurio, que es insoluble y precipita fuera de la solución. Durante la precipitación de sulfuros metálicos pueden producirse efectos nocivos para la salud ocupacional. Los productos químicos típicos utilizados para precipitar el sulfuro de mercurio son el sulfuro de sodio y los poliorganosulfuros. La reacción química simplificada es la siguiente:



33. Por lo general, los precipitantes deben eliminarse como fango residual. Según el agente precipitante utilizado, estos residuos pueden contener carbonatos, fluoruros, hidróxidos (u óxidos), fosfatos, sulfatos y sulfuros de metales pesados. El uso excesivo de precipitantes químicos de sulfuro también puede formar especies solubles de sulfuro de mercurio. El mercurio puede resolubilizarse de los fangos residuales de sulfuro en las condiciones que existen en los vertederos, lo que podría provocar la contaminación por mercurio de los lixiviados y la posible contaminación de las aguas subterráneas. El efluente de la precipitación de mercurio también puede requerir un tratamiento adicional, como el ajuste del pH, antes de su vertido o reutilización. La precipitación de mercurio por sulfuro puede generar sulfuro residual en el efluente, y puede ser necesario un tratamiento para eliminarlo antes del vertido.

### 3.3. Recuperación de mercurio por reducción y coalescencia

34. Como pretratamiento, antes de técnicas como la adsorción en carbón activado, pueden utilizarse agentes reductores como la hidroxilamina para convertir totalmente el mercurio iónico a su forma elemental. A continuación, puede eliminarse por coalescencia y recuperarse el mercurio metálico.

### 3.4. Intercambio iónico

35. El intercambio iónico es la eliminación de los componentes iónicos no deseados o peligrosos de las aguas residuales y su sustitución por iones más aceptables a partir de una resina intercambiadora de iones, en la que se retienen temporalmente y luego se liberan en un líquido de regeneración o retrolavado. Para ser eliminado por intercambio iónico, el mercurio debe oxidarse primero al catión mercúrico ( $\text{Hg}^{2+}$ ) con agentes oxidantes como el hipoclorito, el cloro o el peróxido de hidrógeno.

36. El intercambio iónico no se utiliza habitualmente para el tratamiento del mercurio, ya que es más probable que se vea afectado por las características del medio y por contaminantes distintos del mercurio que las técnicas de coprecipitación y precipitación de sulfuros. El uso de adsorción e intercambio iónico es más apropiado cuando el mercurio es el único contaminante a tratar, en sistemas de menor capacidad y para el pulido de efluentes pretratados.

37. El intercambio iónico implica el consumo de resinas intercambiadoras de iones, líquidos de regeneración, agua para el retrolavado y el aclarado y energía para las bombas. También puede ser

necesario añadir otros productos químicos, por ejemplo, para suprimir las incrustaciones microbiológicas. La regeneración de las resinas intercambiadoras de iones da lugar a un pequeño volumen de solución ácida o salina concentrada, que contiene los iones que se han eliminado de la resina. Este líquido enriquecido debe tratarse por separado para eliminar estos iones, por ejemplo, mediante precipitación para eliminar los metales pesados.

### 3.5. Adsorción

38. La adsorción se ha utilizado para eliminar el mercurio inorgánico de las aguas subterráneas y residuales. Es probable que su eficacia se vea afectada por las características del agua no tratada y por los contaminantes distintos del mercurio que contenga, más que por el proceso de precipitación. Puede ser un método de tratamiento primario, pero a menudo se utiliza para eliminar el mercurio que queda en la corriente de desechos después de un proceso de tratamiento primario.

39. La adsorción tiende a utilizarse más a menudo cuando el mercurio es el único contaminante a tratar, para sistemas con una capacidad relativamente menor y como tecnología de pulido para el efluente de sistemas más grandes. Los sistemas de pequeña capacidad que utilizan tecnologías de adsorción suelen tener menores costos de funcionamiento y mantenimiento y requieren menos experiencia por parte del operador.

#### 3.5.1. Carbón activado

40. El carbón activado, una sustancia carbonosa muy porosa, suele utilizarse para eliminar materiales orgánicos de las aguas residuales, pero también tiene aplicaciones en la eliminación de mercurio y metales preciosos. Por ejemplo, el carbón activado granular tiene un amplio rango de eficacia y no está restringido a compuestos polares o no polares. Como pretratamiento, pueden utilizarse agentes reductores como la hidroxilamina para convertir totalmente el mercurio iónico en mercurio en su forma elemental para su posterior eliminación por coalescencia y la recuperación del mercurio metálico, seguida de la adsorción en carbón activado.

41. La adsorción con carbón activado en polvo se aplica a los mismos contaminantes que el carbón activado granular. Se dosifica a las aguas residuales que se van a tratar en forma de lodo y posteriormente se elimina mediante procesos de separación como la sedimentación y la filtración.

42. Cuando la capacidad de adsorción del adsorbente se haya agotado, se sustituirá y posteriormente se regenerará (a excepción del carbón activado en polvo, que se elimina junto con otros fangos de aguas residuales). Cada adsorbente tiene su propio método de regeneración. Sin embargo, estos métodos tienen en común la necesidad de energía y/o productos químicos para su funcionamiento. El carbón activado granular se regenera térmicamente a temperaturas de hasta 750-1.000 °C. Si el carbón activado granular no puede regenerarse, debe eliminarse como desecho químico e incinerarse.

#### 3.5.2. Resinas quelantes

43. Las resinas quelantes son resinas que contienen grupos orgánicos que forman quelatos (complejos) con iones de metales específicos. Se utilizan para eliminar metales pesados tóxicos como el mercurio, el cobre, el zinc y el cadmio y para recuperar metales preciosos y valiosos como el oro, el platino y el paladio.

44. La adsorción selectiva y la eliminación del mercurio se realizan generalmente mediante resinas con grupos quelantes que contienen azufre, como el grupo tiol (-SH) y el grupo tiourea (-NH · CS · NH<sub>2</sub>). En el cuadro 2 se muestra la especificidad de algunos grupos de intercambio. Tras la filtración y separación de los sólidos en suspensión y las partículas insolubles de compuestos de mercurio presentes en las aguas residuales, se añade una pequeña cantidad de cloro en condiciones ácidas (aproximadamente pH 2-6) para ionizar el mercurio por completo. A continuación, el líquido se hace pasar por una torre de reacción llena de resina quelante para adsorber y eliminar el mercurio. Dado que el grupo orgánico de azufre de la resina quelante de mercurio es sensible al cloro, la cantidad de cloro añadida debe limitarse a 5 mg por litro.

45. Las resinas quelantes pueden durar más que otros adsorbentes, pero son difíciles y caras de regenerar. Por ello, cuando la concentración de mercurio es elevada, es conveniente eliminar previamente la mayor parte del mercurio mediante el método del sulfuro.

Cuadro 2

**Grupos de intercambio quelante-resina y características**

Grupo de intercambio	Ion adsorbido	Característica
Sistema de tiol	Hg <sup>2+</sup>	• El mercurio puede eliminarse selectivamente
Sistema de tiourea	Hg <sup>2+</sup> , Cd <sup>2+</sup> , Pb <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup>	• Sensible a los oxidantes, ya que el grupo quelante contiene azufre

46. Además del mercurio, pueden adsorberse metales preciosos (como oro, platino y paladio).

47. Las resinas quelantes solo adsorben los iones de mercurio disueltos en el agua. El mercurio que no está en forma iónica, como el que está en forma de mercurio metálico, necesita ser ionizado por medio de un agente oxidante y disuelto en agua para ser adsorbido por las resinas quelantes.

48. Las resinas quelantes no pueden utilizarse para tratar soluciones oxidantes, ya que las sustancias oxidantes provocarán la desintegración de la resina.

49. Por lo general, las torres de adsorción quelantes se emplean en la última etapa del proceso, ya que para entonces se han eliminado otros constituyentes potencialmente competidores de las aguas residuales.

**3.5.3. Otros adsorbentes**

50. Otros adsorbentes utilizados habitualmente son el carbón activado impregnado de azufre, la alúmina activada funcionalizada y las monocapas autoensambladas sobre soportes mesoporosos.

**3.6. Tratamiento biológico**

51. La reducción biológica de los contaminantes orgánicos implica el metabolismo por microorganismos, a diferencia de los tratamientos químicos, para realizar reacciones redox. Aunque el mercurio es un contaminante inorgánico, el tratamiento biológico puede utilizarse para convertir los peligrosos compuestos solubles de mercurio de las aguas residuales en formas menos solubles que luego pueden eliminarse mediante otras técnicas, como la adsorción o la precipitación. Esta técnica reduce las especies oxidadas de mercurio a mercurio elemental utilizando el metabolismo microbiano en condiciones anóxicas o anaeróbicas.

52. El tratamiento biológico suele llevarse a cabo en biorreactores de película fija que utilizan carbón activado como soporte para las aguas residuales generadas por los sistemas de reducción de emisiones por vía húmeda de las grandes instalaciones de combustión. El tratamiento biológico anóxico/anaeróbico para la eliminación del mercurio se utiliza en combinación con otras técnicas, como la adsorción en carbón activado. Algunas centrales eléctricas de carbón utilizan sistemas biológicos anóxicos/anaeróbicos para reducir determinados contaminantes, incluido el mercurio iónico, y han informado de que son más eficaces que los procesos de sedimentación, precipitación química o tratamiento biológico aeróbico. Por el contrario, se ha demostrado que el tratamiento biológico del mercurio presente en las aguas residuales de las plantas de producción de cloro-álcali presenta concentraciones residuales de mercurio superiores a las que dejan otras técnicas habituales de reducción.

53. Los sistemas de fangos activados combinados con la incineración de fangos y el tratamiento de gases residuales son otra técnica para reducir las liberaciones de mercurio a las aguas residuales. El mercurio puede adsorberse fácilmente en el fango residual, por lo que, si este se incinera, es necesario controlar el mercurio en los gases de emisión. Si no se incinera, el fango residual debe gestionarse de manera ambientalmente racional y no debe utilizarse, por ejemplo, para alimentación animal o compostaje.

**3.7. Filtración por membrana**

54. La filtración por membrana puede eliminar una amplia gama de contaminantes del agua. Esta tecnología se ha utilizado en un número limitado de aplicaciones a escala real para tratar aguas residuales contaminadas con mercurio. Antes de la filtración por membrana, se puede utilizar una etapa de pretratamiento para hacer que el mercurio forme precipitados o coprecipitados que puedan ser eliminados más eficazmente por esta tecnología.

55. La filtración por membrana es eficaz para el tratamiento del mercurio, pero se utiliza con menos frecuencia porque tiende a costar más y a producir un mayor volumen de residuos que otras tecnologías de tratamiento del mercurio. Además, es sensible a diversos contaminantes y características del agua no

tratada. Los sólidos en suspensión, los compuestos orgánicos, los coloides y otros contaminantes pueden provocar el ensuciamiento de las membranas.

### **3.8. Otras técnicas para controlar las liberaciones al suelo y al agua**

56. Las fuentes antropogénicas puntuales significativas de liberaciones al suelo y al agua pueden incluir liberaciones de aguas residuales, liberaciones directas al agua o a vertederos incontrolados. Las liberaciones derivadas de la gestión de los desechos de mercurio se abordan en el artículo 11, en que se exige a las Partes que gestionen, de forma ambientalmente racional, los desechos de mercurio definidos en el párrafo 2 de dicho artículo, teniendo en cuenta las directrices elaboradas en el marco del Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.

57. Cuando el mercurio se utiliza intencionadamente en procesos industriales o está contenido en las materias primas o los combustibles, la conversión al uso de procesos sin mercurio o de materias primas o combustibles con bajo contenido en mercurio contribuye a reducir las liberaciones de mercurio al suelo y al agua.

## **4. Técnicas para fuentes específicas de liberación**

### **4.1. Liberaciones procedentes de los sistemas de control de la contaminación del aire**

58. Entre los sistemas de control de la contaminación del aire que se utilizan en las instalaciones de la lista de fuentes puntuales potencialmente pertinentes se encuentran:

- a) Precipitadores electrostáticos
- b) Filtros de tela
- c) Depuradores de partículas en suspensión por vía húmeda
- d) Desulfuración de gases de combustión por vía húmeda
- e) Desulfuración de gases de combustión en seco
- f) Reducción catalítica selectiva

59. Todos los sistemas de depuración de gases de combustión por vía húmeda de las instalaciones de combustión producen aguas residuales que, debido al combustible y a los materiales utilizados, contienen mercurio, entre otros componentes. Una de las principales fuentes de aguas residuales en este contexto es el depurador húmedo con piedra caliza utilizado en un gran número de instalaciones de combustión para la desulfuración de los gases de combustión.

60. Entre las técnicas para prevenir y controlar la contaminación del agua con mercurio a causa de las emisiones de las plantas de tratamiento de gases de combustión se encuentran técnicas como la precipitación, el intercambio iónico y el tratamiento biológico. Los metales disueltos suelen eliminarse por precipitación con hidróxido y (organo)sulfuros. Aunque el mercurio no puede precipitarse con hidróxido, sí puede hacerlo con (organo)sulfuros.

61. La filtración con membranas, como las membranas cerámicas de carburo de silicio, puede utilizarse para el tratamiento de aguas residuales procedentes de depuradores húmedos (condensado de gases de combustión de hornos).

62. La técnica de depuración con agua de mar utiliza las propiedades inherentes del agua de mar para absorber y neutralizar el dióxido de azufre de los gases de combustión. La inyección de carbón activado en el flujo de gases de combustión, junto con el uso de un filtro de mangas, antes de la desulfuración de los gases de combustión con agua de mar, permite reducir las emisiones de mercurio al agua. El agua de mar eliminará el mercurio oxidado soluble de los gases de combustión, pero a diferencia de la desulfuración de los gases de combustión con piedra caliza, en la que el mercurio se retiene en el subproducto de yeso, el agua de mar se devuelve al medio ambiente junto con el mercurio capturado de los gases de combustión. El vertido al agua contendrá también iones de sulfato y cloro, que son componentes naturales del agua de mar. Se canaliza hacia el mar con el flujo de agua o puede ser expulsado del agua y liberado a la atmósfera local en las proximidades de las balsas de aireación de agua utilizadas para la refrigeración.

63. Las técnicas de reducción en seco, como los filtros de tela, producen residuos sólidos como polvo y cenizas. Estos desechos deben eliminarse de forma ambientalmente racional para evitar la liberación de mercurio por lixiviación.

## 4.2. Combustión de carbón

64. Las técnicas utilizadas en los sistemas de control de la contaminación del aire descritos en la subsección 4.1 pueden aplicarse a las instalaciones de combustión de carbón.
65. El pretratamiento del combustible antes de la combustión se realiza a menudo por razones de reducción de la contaminación, incluido el control de las emisiones de mercurio. Este pretratamiento puede incluir la limpieza, la mezcla con otro combustible y/o el uso de aditivos. La eficacia de la eliminación del mercurio del carbón durante la limpieza convencional del carbón varía mucho y depende de la fuente del carbón y de la naturaleza del mercurio que contenga.
66. La limpieza húmeda del carbón transfiere mercurio a las aguas residuales. El mercurio disuelto puede precipitarse con sulfuros como en la técnica habitual de desulfuración de gases de combustión utilizada en las aguas residuales, pero el carbono orgánico disuelto no se reducirá con las técnicas habituales empleadas en una central eléctrica.

## 4.3. Petróleo y gas

67. El petróleo crudo y el gas natural se componen principalmente de hidrocarburos. También contienen una amplia gama de elementos, incluido el mercurio, en concentraciones variables según el yacimiento, la fase de procesamiento y el modo en que se utilizan. El mercurio, en sus formas químicas, está presente en el petróleo crudo y el gas natural en bajas concentraciones, entre 0,1 y 20.000 partes por mil millones en el petróleo crudo y entre 0,05 y 5.000 microgramos por metro cúbico normal en el gas natural<sup>1</sup>.
68. Como componente natural del petróleo crudo y el gas natural, el mercurio es perjudicial para los sistemas de procesamiento del petróleo. En el procesamiento de gases, el mercurio puede contaminar y dañar equipos como los intercambiadores de calor criogénicos. En la fabricación y el refinado de productos químicos, puede envenenar determinados catalizadores, contaminar los productos químicos de proceso (como el trietilenglicol, que puede reutilizarse en procesos de gas) y entrar en las aguas residuales.
69. La eliminación del mercurio recogido por un sistema de eliminación de mercurio (desechos de mercurio) varía en función del tipo de sistema utilizado. Los medios más utilizados para las unidades de eliminación de mercurio son los sulfuros metálicos sobre un material de soporte inerte (por ejemplo, alúmina) o carbón impregnado de azufre, que pueden considerarse sorbentes no regenerativos. El adsorbente usado debe eliminarse de forma ambientalmente racional y, por tanto, si los residuos se queman, el mercurio debe condensarse, capturarse y eliminarse.
70. Se utilizan menos los adsorbentes de mercurio regenerativos que aprovechan la gran afinidad del mercurio por metales preciosos como el oro y la plata. La unidad de eliminación de mercurio se regenera mediante gas de regeneración caliente, normalmente a temperaturas en torno a los 290 °C, y el ciclo se repite en un plazo preestablecido que depende de las capacidades. El mercurio se elimina del flujo principal del proceso y se concentra en el flujo de regeneración. A continuación, el flujo de regeneración requiere la eliminación del mercurio. Esto se consigue normalmente con una unidad de eliminación de mercurio no regenerativa más pequeña que puede necesitar después que el adsorbente se someta a un tratamiento adecuado. Una planta típica de tratamiento de aguas residuales de refinería emplea técnicas para la eliminación de sustancias no deseadas que incluyen la eliminación de aceite, la separación posterior de aceite/agua/sólidos, el tratamiento biológico y tratamientos adicionales como la filtración de arena y/o la ultrafiltración seguidas de la filtración con carbón activo y/o la ósmosis inversa para la eliminación de sales. Otras técnicas, como la adsorción con columnas de carbón impregnadas de azufre y la precipitación con cloruro férrico, también se utilizan para eliminar el mercurio del agua en la industria petrolera. El fango residual, los residuos de demolición y otros desechos deben gestionarse de forma ambientalmente racional para evitar las liberaciones de mercurio.

## 4.4. Producción primaria de mercurio metálico

71. Las minas de mercurio generan preocupación ambiental debido a la presencia de residuos de minería, comúnmente denominados "calcinas", que aportan sedimentos enriquecidos con mercurio a las cuencas hidrográficas. En algunas minas, el drenaje, que suele ser ácido y contener niveles elevados de mercurio y otros metales tóxicos, también repercute en la calidad del agua y la biota. Los minerales de mercurio consistentes principalmente en cinabrio se procesan en hornos rotatorios y retortas, y el mercurio elemental se recupera de los sistemas de condensación. Durante el proceso de

<sup>1</sup> David Lang, Murray Gardner y John Holmes, *Mercury arising from oil and gas production in the United Kingdom and UK continental shelf* (Department of Earth Sciences, University of Oxford, 2012).

calcinación se forman fases de mercurio más solubles que el cinabrio y se concentran en las calcinas. Las diferencias en la mineralogía y en la geoquímica de los metales traza se reflejan en la composición del drenaje de la mina. Las concentraciones de mercurio y metilmercurio en el drenaje de minas son relativamente bajas en el punto de vertido de las explotaciones mineras, pero la concentración de ambas especies de mercurio aumenta significativamente en el drenaje de minas que fluye a través de las calcinas y reacciona con ellas.

72. Además, durante el proceso de depuración del mercurio se generan aguas y fangos residuales que se vierten al tratamiento primario (sedimentación). El desbordamiento se descarga en una balsa de evaporación. Una vez eliminados los componentes líquidos, los sólidos ricos en mercurio se devuelven al horno rotatorio, procedentes tanto del proceso de sedimentación como de las balsas de evaporación, para la extracción del mercurio. Las aguas y el fango residuales procedentes de la producción metalúrgica se separan de los demás efluentes industriales de la planta y se tratan mediante las técnicas explicadas en la sección 3 y en la subsección 4.1.

#### 4.5. Producción de metales no ferrosos

73. El mercurio existe como elemento traza en muchos minerales de metales no ferrosos, y la extracción y el tratamiento de estos minerales tienen el potencial de movilizar mercurio y emitirlo a la atmósfera o liberarlo al suelo y al agua. La concentración de mercurio en el mineral y los concentrados puede variar en función de las condiciones geológicas. La creación de escombreras durante la minería y el beneficio de recursos minerales puede dar lugar a la exposición de minerales que contienen mercurio al oxígeno y al agua y a procesos de lixiviación, lo que puede provocar liberaciones de mercurio a los sistemas acuáticos o al suelo.

74. Dentro de la producción de metales no ferrosos, el tratamiento térmico (como la fundición, la calcinación y otras operaciones a alta temperatura) de las materias primas metalúrgicas tiene el potencial de emitir mercurio a la atmósfera o de liberarlo a la tierra y al agua. El objetivo principal de los procesos de fundición y tostación o calcinación es convertir los metales de su estado nativo en minerales a la forma de metal puro. Los metales suelen existir en la naturaleza en forma de óxidos, sulfuros o carbonatos, y el proceso de fundición requiere una reacción química en presencia de un agente reductor para liberar el metal. A altas temperaturas, el mercurio se vuelve muy volátil y se libera a la fase gaseosa o se condensa en partículas finas producidas durante el procesamiento. Por lo tanto, el tratamiento térmico requiere el uso de técnicas adecuadas de control de la contaminación del aire para capturar el mercurio en diversas formas líquidas o sólidas. Estos desechos deben tratarse o eliminarse de forma idónea desde el punto de vista ambiental para evitar la liberación de mercurio al suelo o al agua.

75. La producción de metales no ferrosos por métodos pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos está asociada a la generación de diversos efluentes líquidos. Las técnicas descritas en la subsección 4.1 pueden utilizarse para tratar estos efluentes con el fin de eliminar los metales tóxicos, incluido el mercurio.

76. Las aguas no reciclables o no reutilizables pueden tratarse para minimizar la concentración de contaminantes como metales, sustancias ácidas y partículas sólidas en el efluente final vertido al medio acuático. Para reducir la concentración de contaminantes en el agua, se pueden utilizar varias técnicas, como la precipitación química, la sedimentación o flotación y la filtración e intercambio iónico. Estas técnicas pueden utilizarse juntas en serie o en paralelo, dependiendo del plan de gestión del agua del lugar. También se pueden realizar esfuerzos para sedimentar los sólidos y/o precipitar los metales antes de que el flujo del proceso se mezcle con otros efluentes.

#### 4.6. Producción de cloro-álcali

77. De conformidad con el artículo 5 y el anexo B del Convenio de Minamata, la producción de cloro-álcali con celdas de mercurio deberá eliminarse para 2025, o para 2030 si las Partes han registrado una exención. La presente subsección tiene por objeto ayudar a las Partes a controlar la liberación de mercurio al suelo y al agua hasta que las plantas de producción de cloro-álcali de celdas de mercurio se hayan reconvertido o desmantelado.

78. El mercurio utilizado como electrodo en la producción de cloro-álcali puede emitirse a la atmósfera o liberarse al suelo y al agua. Las técnicas descritas en la sección 3 se aplican a las aguas residuales. En dos ejemplos de plantas examinadas por Euro Chlor, la asociación industrial que representa los intereses de los productores de cloro-álcali en Europa, las aguas residuales se trataban con hidracina y luego se sometían a procesos de sedimentación, filtración de arena y filtración de carbón activado.



#### 4.7. Incineración de desechos

79. El mercurio presente en los efluentes de la incineración de desechos procede del mercurio contenido en los desechos iniciales. Es práctica común que las incineradoras apliquen un límite a la cantidad de mercurio en los desechos que se van a incinerar.
80. Las técnicas descritas en la sección 3 y la subsección 4.1 se aplican a las aguas residuales.
81. En el proceso de separación del mercurio mediante intercambio iónico, los ácidos brutos y los metales ligados iónicamente presentes en las aguas residuales procedentes de la primera etapa ácida del depurador húmedo pasan por un intercambiador iónico de mercurio. El mercurio se separa mediante un filtro de resina. A continuación, el ácido se neutraliza con lechada de cal.
82. Las plantas equipadas con tecnologías de intercambio iónico y/o adsorción suelen alcanzar niveles de emisión más bajos. Desde un punto de vista económico, el intercambio iónico resulta caro en comparación con otras alternativas.

#### 4.8. Eliminación de desechos en vertederos

83. Las fuentes de aguas residuales en los vertederos incluyen la escorrentía de lluvias contaminadas, los lixiviados, el condensado de gas de vertedero y las actividades de gestión del sitio, como el drenaje del sitio, el lavado de ruedas y las actividades llevadas a cabo en las zonas de estacionamiento.
84. Sin los controles adecuados, los lixiviados pueden provocar una contaminación significativa de las aguas subterráneas y superficiales. Un vertedero debe diseñarse de forma tal que se reduzca al mínimo la generación de lixiviados y la posibilidad de que salgan del sitio lixiviados sin tratar. La cantidad y naturaleza de los lixiviados varía considerablemente y está condicionada por la naturaleza de los desechos, la compactación, el uso de cubiertas de vertedero y las condiciones meteorológicas (lluvias).
85. Las Directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contengan mercurio o estén contaminados con él, en virtud del Convenio de Basilea, proporcionan más orientaciones en relación con la eliminación de desechos en vertederos.

### 5. Vigilancia

86. La vigilancia de las liberaciones de mercurio al medio ambiente es una parte esencial de la aplicación de las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar esas liberaciones de mercurio y para mantener altos niveles de eficiencia operativa en términos de las técnicas de reducción utilizadas. La vigilancia de las liberaciones de mercurio debe llevarse a cabo de acuerdo con las mejores prácticas generales utilizando métodos aprobados o aceptados. Se necesitan datos representativos, fiables y oportunos obtenidos de la vigilancia de las liberaciones de mercurio para evaluar y garantizar la eficacia de las técnicas de control de las liberaciones de mercurio utilizadas en una instalación.
87. El primer paso para llevar a cabo la vigilancia de las liberaciones de mercurio es establecer un nivel de base de rendimiento, ya sea tomando mediciones directas de las concentraciones de mercurio en las aguas residuales o utilizando mediciones indirectas para estimar las liberaciones. Existen normas internacionales, como la ISO 12846<sup>2</sup> y la ISO 17852<sup>3</sup>, para la medición del mercurio en el agua. Posteriormente, se realizarán más mediciones a intervalos de tiempo específicos (por ejemplo, diarios, semanales y/o mensuales) para determinar la concentración de mercurio en las aguas residuales o las liberaciones de mercurio en un momento dado. La vigilancia se lleva a cabo recopilando y analizando los datos de las mediciones para determinar las tendencias de las liberaciones y el rendimiento operativo. En caso de que los datos de las mediciones indiquen algún motivo de preocupación, como un aumento de las concentraciones de mercurio a lo largo del tiempo o picos en las liberaciones de mercurio asociados a determinadas operaciones de la planta, la instalación deberá tomar medidas rápidas para rectificar la situación.

<sup>2</sup> Norma ISO 12846:2012: Calidad del agua. Determinación de mercurio. Método por espectrometría de absorción atómica (AAS) con y sin enriquecimiento.

<sup>3</sup> Norma ISO 17852:2006: Calidad del agua. Determinación de mercurio. Método por espectrometría de fluorescencia atómica.

## Anexo II

### **Proyecto de decisión MC-5/[--]: Orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes (artículo 9)**

*La Conferencia de las Partes,*

*Recordando* el subpárrafo 7 a) del artículo 9 del Convenio de Minamata sobre el Mercurio, según el cual la Conferencia de las Partes adoptaría, tan pronto como fuese factible, orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes, teniendo en cuenta las posibles diferencias entre las fuentes nuevas y las existentes, así como la necesidad de reducir al mínimo los efectos cruzados entre los distintos medios,

*Recordando también* las orientaciones sobre la metodología para la preparación de inventarios de liberaciones aprobadas, con arreglo al subpárrafo 7 b) del artículo 9 del Convenio<sup>1</sup>, por la Conferencia de las Partes en su cuarta reunión, en su decisión MC-4/5 sobre liberaciones de mercurio,

*Expresando reconocimiento* por la labor realizada por el grupo de expertos técnicos, establecido en virtud de la decisión MC-2/3 sobre liberaciones y al que se otorgó un mandato actualizado en la decisión MC-3/4 sobre liberaciones de mercurio, en relación con la elaboración de orientaciones en materia de liberaciones de mercurio,

1. *Aprueba*, de conformidad con el párrafo 7 a) del artículo 9 del Convenio, las orientaciones sobre las mejores técnicas disponibles y las mejores prácticas ambientales para controlar las liberaciones procedentes de las fuentes pertinentes<sup>2</sup>;
2. *Invita* a las Partes con fuentes pertinentes de liberaciones de mercurio a que tengan en cuenta las orientaciones cuando adopten medidas para controlar esas liberaciones de mercurio y cuando preparen, en su caso, un plan nacional al respecto, de conformidad con el párrafo 4 del artículo 9;
3. *Solicita* a la Secretaría que apoye el uso de las orientaciones por las Partes y que las mantenga en examen.

---

<sup>1</sup> UNEP/MC/COP.4/30.

<sup>2</sup> UNEP/MC/COP.5/8, anexo.