

## RESUMEN

### INTRODUCCIÓN

El BREF (documento de referencia sobre mejores técnicas disponibles) sobre tratamiento y gestión de aguas y gases residuales en el sector químico refleja un intercambio de información realizado con arreglo a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo. El presente resumen, que ha de leerse junto con la explicación del prefacio sobre objetivos, uso y términos legales, describe los principales resultados y conclusiones con respecto a las mejores técnicas disponibles y los niveles de emisión asociados. Este documento también puede leerse y entenderse por sí solo, pero al tratarse de un resumen, no incluye todas las complejidades del texto BREF íntegro. Por este motivo, no pretende sustituir al texto BREF íntegro como herramienta para la toma de decisiones en cuanto a las mejores técnicas disponibles.

La manipulación de aguas y gases residuales se considera una cuestión horizontal para el sector químico, tal y como se describe en el apartado 4 del Anexo I de la Directiva. Esto significa que el término “mejores técnicas disponibles (MTD)” se evalúa en el presente documento para el sector químico en su conjunto, con independencia de los procesos de producción individuales y el tipo o el tamaño de las empresas químicas afectadas. Asimismo, significa que el término MTD tiene que incluir, además de las tecnologías de tratamiento, una estrategia de gestión encaminada a optimizar las tareas de prevención o control de residuos.

Así pues, el ámbito de aplicación del documento comprende:

- ?? la implantación de sistemas y herramientas de gestión ambiental
- ?? la implantación de la tecnología de tratamiento de aguas y gases residuales utilizada habitualmente o la que corresponda para el sector químico, incluida la tecnología de tratamiento de lodos procedentes de aguas residuales, siempre que dicha tecnología se utilice dentro de la propia planta química
- ?? la determinación de las mejores técnicas disponibles, o una conclusión en torno a las mismas, a partir de las dos cuestiones anteriores, para así diseñar una estrategia de reducción de la contaminación y, en las condiciones apropiadas, establecer unos niveles de emisión asociados a la MTD en el punto de vertido al medio ambiente.

El presente documento se refiere exclusivamente a las técnicas que se aplican o pueden aplicarse habitualmente en la industria química, mientras que las técnicas específicas o integradas en un proceso (por ejemplo, las que no son de tratamiento) se comentan en los BREF de procesos verticales. A pesar de limitarse a la industria química, el documento puede incluir también información valiosa para otros sectores (por ejemplo, para las refinerías).

### CUESTIONES GENERALES (CAPÍTULO 1)

Los vertidos en la atmósfera y en el agua constituyen el principal impacto ambiental causado por las emisiones de las plantas químicas.

Las principales fuentes de **agua residual** en la industria química son:

- ?? síntesis químicas
- ?? sistemas de tratamiento de agua residual
- ?? acondicionamiento del agua de abastecimiento
- ?? purga de los sistemas de agua de alimentación de las calderas
- ?? purga de los circuitos de enfriamiento
- ?? lavado a contracorriente de filtros e intercambiadores iónicos
- ?? lixiviados de vertedero

?? aguas pluviales procedentes de zonas contaminadas, etc.

En lo que respecta a su impacto, se caracterizan por:

- ?? la carga hidráulica
- ?? el contenido de sustancias contaminantes (expresado como carga o concentración)
- ?? el efecto o peligro potencial para el acuífero receptor, expresado como parámetros de sustitución o de suma
- ?? el efecto sobre los organismos que habitan en el acuífero receptor, expresado como datos de toxicidad.

Las emisiones de **gas residual** aparecen en forma de:

- ?? emisiones canalizadas, las únicas que pueden tratarse
- ?? emisiones difusas
- ?? emisiones fugitivas.

Los principales contaminantes atmosféricos son:

- ?? COV
- ?? compuestos de azufre ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CS}_2$ , COS)
- ?? compuestos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ , HCN)
- ?? compuestos halogenados ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$ , HF, HCl, HBr)
- ?? compuestos de combustión incompleta ( $\text{CO}$ ,  $\text{C}_x\text{H}_y$ )
- ?? partículas.

## SISTEMAS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN (CAPÍTULO 2)

La **gestión ambiental** es una estrategia para tratar (o prevenir) los vertidos de residuos procedentes de actividades de la industria (química), teniendo en cuenta las condiciones locales y mejorando de este modo el rendimiento integral de la planta química. La gestión ambiental permite a la empresa:

- ?? conocer mejor los mecanismos contaminantes del proceso de producción
- ?? tomar decisiones equilibradas sobre medidas ambientales
- ?? evitar soluciones temporales e inversiones no recuperables
- ?? actuar de forma adecuada y tomando la iniciativa sobre los nuevos desarrollos medioambientales

Normalmente un **sistema de gestión ambiental** (apartado 2.1) sigue un proceso cíclico y continuo de varios pasos que se sirve de diversas herramientas de gestión y de ingeniería (apartado 2.2) divididas en las siguientes categorías básicas:

- ?? **Herramientas de inventario**, que proporcionan, como punto de partida, información pormenorizada y transparente para la adopción de las decisiones necesarias sobre prevención, minimización y control de residuos. Dichas herramientas incluyen:
  - el inventario del centro, que proporciona información pormenorizada sobre el emplazamiento, los procesos de producción y las plantas correspondientes, el sistema de alcantarillado existente, etc.

- el inventario de efluentes (aguas y gases residuales), que proporciona información pormenorizada sobre los flujos de residuos (cantidad, contenido de contaminantes, variabilidad, etc.), sus orígenes, cuantificación, evaluación y validación de las causas de las emisiones, con lo que se obtiene una clasificación de los distintos caudales para identificar las opciones disponibles y una lista de prioridades para futuras mejoras. El inventario de efluentes incluye también una evaluación completa de efluentes y una evaluación de la reducción del consumo de agua y de los vertidos de agua residual.
- el análisis de flujo de energía y materiales, que sirve para mejorar el rendimiento operativo de los procesos (en lo que respecta al consumo de energía, materias primas, vertido de residuos).

?? **Herramientas operativas** que llevan a la práctica las decisiones de gestión ambiental.

Dichas herramientas incluyen:

- seguimiento y mantenimiento periódico
- definición y revisión periódica de objetivos o programas internos para la mejora continua en materia de medio ambiente
- elección de las opciones de tratamiento y sistemas de recogida, tomando como base, por ejemplo, el resultado de las herramientas de inventario, y su implantación
- métodos de control de calidad, empleados como “solución de problemas” cuando un proceso de tratamiento existente se descontrola o no satisface los requisitos. Son ejemplos de dichos métodos el diagrama de causas y efectos, el análisis de Pareto, el diagrama de flujos o el control estadístico de procesos

?? **Herramientas estratégicas**, que abarcan la organización y ejecución de la manipulación de residuos en toda la planta química de manera integrada, evaluando las opciones ambientales y económicas. Dichas herramientas incluyen:

- la evaluación de riesgos como metodología común para calcular el riesgo humano y ecológico como resultado de las actividades realizadas en los procesos de producción
- el establecimiento de referencias como proceso de comparación de los logros de una planta o centro con los de otros emplazamientos
- la evaluación del ciclo de vida como proceso de comparación de los efectos ambientales potenciales de diferentes modos de actuación

?? **Herramientas de seguridad y emergencia**, necesarias en caso de producirse imprevistos como accidentes, incendios o derrames.

### TÉCNICAS DE TRATAMIENTO (CAPÍTULO 3)

Las técnicas identificadas por el grupo técnico de trabajo y descritas en el presente documento son las de uso habitual en el sector químico en general. Aquí se introducen en un orden lógico, siguiendo la trayectoria del agente contaminante.

Las técnicas descritas para el tratamiento del AGUA RESIDUAL son:

?? **técnicas de separación o clarificación**, que se utilizan sobre todo en combinación con otras operaciones, ya sea como primer paso (para evitar daños, obstrucciones o incrustación de sólidos en otras instalaciones de tratamiento) o como paso final de clarificación (para eliminar los sólidos o el aceite formado durante la operación de tratamiento previa):

- separación de gravilla
- sedimentación
- flotación por aire
- filtración
- microfiltración/ultrafiltración
- separación aceite-agua

?? **técnicas de tratamiento fisicoquímico** para agua residual no biodegradable, empleadas principalmente para contaminantes inorgánicos o contaminantes orgánicos apenas biodegradables (o inhibidores), a menudo como pretratamiento antes de una planta de tratamiento (central) biológico de aguas residuales:

- precipitación/sedimentación/filtración
- cristalización
- oxidación química
- oxidación en aire húmedo
- oxidación supercrítica en agua
- reducción química
- hidrólisis
- nanofiltración/ósmosis inversa
- adsorción
- intercambio iónico
- extracción
- destilación/rectificación
- evaporación
- separación
- incineración

?? **técnicas de tratamiento biológico** para agua residual biodegradable:

- procesos de digestión anaeróbica como el proceso de contacto anaeróbico, proceso anaeróbico por manto de fangos en suspensión, proceso de lecho fijo, proceso de lecho expandido, eliminación biológica de compuestos de azufre y metales pesados
- procesos de digestión aeróbica como el proceso de lodos activados con mezcla completa, proceso de biorreactor de membrana, proceso de filtro de escurrimiento, proceso de lecho expandido, proceso de lecho fijo con biofiltro
- nitrificación/desnitrificación
- tratamiento central biológico de aguas residuales

Las técnicas descritas para el tratamiento de LODOS DE AGUA RESIDUAL pueden considerarse opciones distintas o una combinación de opciones entre sí. La relación siguiente no pretende en absoluto establecer un orden de preferencia. No obstante, la disponibilidad (o no disponibilidad) de una vía de eliminación puede influir decisivamente, al menos a escala local, en la elección de una técnica apropiada de control del agua residual. Las técnicas descritas para el tratamiento de lodos de agua residual son:

- ?? operaciones preliminares
- ?? operaciones de espesamiento del lodo
- ?? estabilización del lodo
- ?? acondicionamiento del lodo
- ?? técnicas de deshidratación del lodo
- ?? operaciones de secado
- ?? oxidación térmica del lodo
- ?? vertido controlado del lodo en la propia planta.

Las técnicas descritas de tratamiento del GAS RESIDUAL no se pueden clasificar simplemente como técnicas de recuperación o de atenuación. La recuperación de los contaminantes depende de si se aplican etapas de separación adicionales. Algunas de las técnicas pueden utilizarse como operaciones finales, y otras tan solo como fase de pretratamiento o de depuración final. La mayoría de las técnicas de control del gas residual exigen un tratamiento ulterior del agua residual o del gas residual generado durante el proceso de tratamiento. Las técnicas son:

- ?? para COV y compuestos inorgánicos

- separación de membrana
- condensación
- adsorción
- depuración por vía húmeda
- biofiltración
- biodepuración
- bioescrurimiento
- oxidación térmica
- oxidación catalítica
- quemado por antorcha

**?? para partículas**

- separador
- ciclón
- precipitador electrostático
- depurador de polvo húmedo
- filtro textil
- filtración catalítica
- filtro antipolvo de dos etapas
- filtro absoluto (filtro HEPA)
- filtro de aire de alta eficiencia (HEAF)
- filtro nebulizador

**?? para contaminantes gaseosos en gases de combustión:**

- inyección de sorbente seco
- inyección de sorbente semiseco
- inyección de sorbente húmedo
- reducción no catalítica selectiva de NO<sub>x</sub> (SNCR)
- reducción catalítica selectiva de NO<sub>x</sub> (SNCR)

## CONCLUSIONES SOBRE MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (CAPÍTULO 4)

La industria química comprende una amplia gama de empresas: en un extremo, las pequeñas empresas que tienen un solo proceso y pocos productos, con una o pocas fuentes generadoras de residuos, y, en el otro, las empresas multiproducto con muchos efluentes de residuos complejos. Aunque probablemente no existan dos plantas químicas totalmente iguales en cuanto a su gama de productos, situación ambiental y cantidad y calidad de las emisiones de residuos, es posible describir una MTD sobre el tratamiento del agua residual y del gas residual para el sector en su conjunto.

Normalmente la implantación de la MTD en las plantas nuevas no supone ningún problema. En la mayoría de los casos resulta más rentable planificar los procesos de producción y la generación de residuos para minimizar las emisiones y el consumo de materiales. Sin embargo, en las plantas ya existentes la implantación de la MTD no es una tarea sencilla, debido a la infraestructura existente y las circunstancias locales. A pesar de ello, el presente documento no distingue entre MTD para instalaciones nuevas o ya existentes. Dicha distinción no ayudaría a mejorar la situación ambiental de los emplazamientos industriales de cara a la adopción de la MTD y tampoco sería congruente con el compromiso de la industria química por la mejora continua de las condiciones ambientales.

## Gestión

Tal y como indica la descripción detallada de la gestión ambiental en el Capítulo 2, el requisito previo para un buen resultado medioambiental es un sistema de gestión medioambiental (SGM). A fin de cuentas, la ejecución correcta y coherente de un SGM reconocido conducirá a un resultado medioambiental óptimo de la planta química, con lo que se conseguirá la MTD.

Partiendo de esta premisa, la MTD es implantar y cumplir un SGM que puede incluir:

- ?? implantación de una jerarquía transparente de responsabilidades, de manera que las personas encargadas respondan directamente ante los altos directivos
- ?? preparación y publicación de un informe anual sobre actuación ambiental
- ?? fijación de objetivos ambientales internos (específicos de la planta o de la empresa), revisión periódica de dichos objetivos y publicación en el informe anual
- ?? realización de una auditoría periódica para garantizar el cumplimiento de los principios del SGM
- ?? seguimiento periódico de la actuación en materia de medio ambiente y de los progresos realizados de cara a la implantación de una política SGM
- ?? evaluación de riesgos continua para detectar los peligros
- ?? evaluación continua del rendimiento y mejora de los procesos (producción y tratamiento de residuos) en cuanto a consumo de agua y energía, generación de residuos y efectos entre distintos medios
- ?? implantación de un programa de formación adecuado para el personal e instrucciones para los contratistas que trabajen en la planta en temas relacionados con la seguridad, higiene y medio ambiente (SHM) y procedimientos de emergencia
- ?? aplicación de buenas prácticas de mantenimiento.

También forma parte de la MTD implantar un sistema de gestión de agua residual/gas residual (o una evaluación del agua residual/gas residual), como subsistema del SGM, empleando una combinación adecuada de:

- ?? inventario de planta e inventario de efluentes
- ?? comprobación e identificación de los focos de emisión más importantes para cada medio y elaboración de una lista según la carga de contaminantes
- ?? comprobación de los medios receptores (aire y agua) y su nivel de tolerancia a las emisiones, empleando los resultados para determinar hasta qué punto es preciso aplicar unos requisitos de tratamiento más estrictos o si las emisiones son aceptables o no
- ?? evaluación de la toxicidad, persistencia y bioacumulación potencial del agua residual que se vaya a verter a un acuífero receptor, y comunicación de los resultados a las autoridades competentes
- ?? comprobación e identificación de los procesos importantes que consumen agua y elaboración de una lista ordenada por consumos
- ?? búsqueda de opciones de mejora; centrándose en los caudales con concentraciones y cargas más altas, en su potencial de riesgo y en el impacto sobre el acuífero receptor<sup>1</sup>
- ?? evaluación de las opciones más eficaces comparando las eficiencias de eliminación en general; el equilibrio global de efectos entre distintos medios; la viabilidad técnica, organizativa y económica, etc.

También forma parte de la MTD:

- ?? evaluar el impacto ambiental y los efectos sobre las instalaciones de tratamiento a la hora de planificar nuevas actividades o introducir modificaciones en las actividades ya existentes
- ?? reducir las emisiones en origen

---

<sup>1</sup> Un Estado miembro quiere una definición más precisa de “caudales con concentraciones más altas”, que incluya valores concretos de cargas o concentraciones. A este respecto hubo división de opiniones. Para más información, véase el Capítulo 4.

- ?? vincular los datos de producción con los datos sobre cargas de emisión, a fin de comparar los vertidos reales y los previamente calculados
- ?? tratar los caudales de residuos contaminados preferentemente en su origen, en lugar de proceder a su dispersión y posterior tratamiento centralizado, a menos que exista una buena razón en contra de ello
- ?? aplicar métodos de control de la calidad para evaluar los procesos de tratamiento o producción o impedir que éstos caigan fuera de control
- ?? aplicar normas de buena práctica industrial para la limpieza de los equipos a fin de reducir las emisiones al agua y a la atmósfera
- ?? utilizar equipos/procedimientos para detectar a tiempo desviaciones que pudieran afectar a las instalaciones de tratamiento posteriores, a fin de evitar contratiempos en dichas instalaciones
- ?? instalar un sistema de alarma eficaz y centralizado que avise de posibles averías y fallos de funcionamiento a todas las personas afectadas
- ?? implantar un programa de seguimiento en todas las instalaciones de tratamiento de residuos para comprobar que funcionan correctamente
- ?? aplicar estrategias para hacer frente a problemas relacionados con el agua de extinción o derrames
- ?? implantar un plan de respuesta a incidentes de contaminación
- ?? asignar los costes de tratamiento de agua residual y gas residual asociados a la producción.

Las medidas integradas en el proceso, aunque escapan al ámbito de aplicación del presente documento, son un medio importante para optimizar la actuación ambiental de los procesos de producción. Por consiguiente, también forma parte de la MTD:

- ?? utilizar medidas integradas en el proceso antes que técnicas de tratamiento posteriores, siempre que se pueda elegir
- ?? comprobar si las instalaciones de producción existentes admiten la adopción posterior de medidas integradas en el proceso, e implantar dichas medidas cuando sea posible o, como muy tarde, cuando la instalación experimente cambios importantes.

### Agua residual

Un sistema adecuado de RECOGIDA DE AGUA RESIDUAL desempeña un papel fundamental en la reducción o el tratamiento eficaz de las aguas residuales. Dicho sistema canaliza los flujos de agua residual hasta los dispositivos de tratamiento apropiados e impide que se mezcle el agua residual contaminada y la no contaminada. Por consiguiente, también forma parte de la MTD:

- ?? separar el agua de proceso del agua pluvial no contaminada y de otros vertidos de agua no contaminada; si una planta existente no practica la separación del agua, esta técnica se puede instalar (al menos parcialmente) cuando se introduzcan cambios importantes en la planta
- ?? separar el agua de proceso con arreglo a su carga de contaminantes
- ?? instalar un tejado sobre las zonas de contaminación potencial, cuando sea posible
- ?? instalar conductos de drenaje separados para las zonas con riesgo de contaminación, incluido un sumidero al que vayan a parar las fugas o derrames
- ?? emplear alcantarillas de superficie para canalizar el agua de proceso dentro del emplazamiento industrial desde los puntos de generación del agua residual hasta el dispositivo o dispositivos de tratamiento final; si las condiciones climáticas no permiten la instalación de alcantarillas de superficie (cuando las temperaturas están bastante por debajo de 0 °C), también se puede utilizar una red de conductos subterráneos accesibles, muchas plantas químicas tienen todavía alcantarillas subterráneas y normalmente la construcción inmediata de nuevos sistemas de desagüe es inviable, pero se puede trabajar por etapas

- cuando se planee la introducción de cambios importantes en las plantas de producción o en la red de alcantarillado
- ?? prever medios de retención, por si se produce una avería, y una cantidad suficiente de agua de extinción, según determine la evaluación de riesgos.

El TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL en el sector químico sigue al menos cuatro estrategias distintas:

- ?? tratamiento final centralizado en una planta de tratamiento biológico ubicada en el propio emplazamiento industrial
- ?? tratamiento final centralizado en una planta de tratamiento municipal
- ?? tratamiento final centralizado de agua residual inorgánica en una planta de tratamiento químico-mecánico
- ?? tratamiento(s) descentralizado(s).

Ninguna de estas estrategias es preferible a las demás, siempre que se garantice un nivel de emisión equivalente para la protección del medio ambiente en su conjunto, y ello no conduzca a un incremento de los niveles de contaminación en el entorno [apartado 6 del artículo 2 de la Directiva].

Se da por sentado que a estas alturas ya se han tomado las decisiones oportunas con respecto a la gestión de efluentes, se ha evaluado el impacto sobre el acuífero receptor, se han aplicado todas las opciones de prevención y reducción del agua residual y se han tenido en cuenta todas las medidas de seguridad; es decir, a partir de este momento tan solo se plantean soluciones de tratamiento posterior.

Para el **agua pluvial**, la MTD consiste en:

- ?? canalizar directamente el agua pluvial no contaminada hasta un acuífero receptor, rodeando la red de alcantarillado de agua residual
- ?? tratar el agua pluvial de zonas contaminadas antes de conducirla a un acuífero receptor.

En algunos casos el empleo de agua pluvial como agua de proceso para reducir el consumo de agua fresca puede ser beneficioso para el medio ambiente.

Son instalaciones de tratamiento adecuadas:

- ?? desarenador
- ?? balsa de retención
- ?? depósito de sedimentación
- ?? filtro de arena

Forma parte de la MTD eliminar **el aceite o los hidrocarburos**, con la finalidad de maximizar la recuperación, cuando aparecen en forma de grandes masas alargadas o cuando son incompatibles con otros sistemas, aplicando para ello una combinación de las técnicas siguientes:

- ?? separación aceite/agua con ciclón, microfiltración o separador API (American Petroleum Institute) cuando cabe esperar la formación de grandes masas de aceite libre o hidrocarburos; aunque también puede utilizarse un interceptor de placas paralelas o un interceptor de placas corrugadas
- ?? microfiltración, filtración de lechos granulosos o flotación por gas

?? tratamiento biológico

Niveles de emisión asociados a la MTD	
Parámetro	Concentración <sup>a</sup> [mg/l]
contenido total de hidrocarburos <sup>b</sup>	0,05-1,5
DBO <sub>5</sub>	2-20
DQO	30-125

<sup>a</sup> Media mensual  
<sup>b</sup> Los miembros del TWG no lograron resolver su desacuerdo en cuanto a los métodos analíticos para valorar los hidrocarburos.

Forma parte de la MTD romper o eliminar las **emulsiones** en origen.

En cuanto a los **sólidos en suspensión (TSS)** (los sólidos en suspensión que incluyen compuestos metálicos pesados o lodos activados precisan otras medidas), la MTD consiste en eliminarlos del caudal de agua residual cuando podrían dañar o estropear las instalaciones montadas a continuación o antes de verterlos en un acuífero receptor. Las técnicas habituales para ello son:

- ?? sedimentación/flotación por aire para capturar la carga TSS principal
- ?? filtración mecánica para reducir aún más el contenido de sólidos
- ?? microfiltración o ultrafiltración, cuando es preciso eliminar por completo los sólidos del agua residual

Se prefieren técnicas que permitan la recuperación de sustancias.

También forma parte de la MTD

- ?? controlar los olores y el ruido cubriendo o encerrando los equipos y canalizando el aire de escape a una planta de tratamiento de gases residuales, si es preciso
- ?? deshacerse de los lodos, ya sea entregándolos a un contratista autorizado o tratándolos en la propia planta (véase el apartado sobre tratamiento de lodos).

Como los **metales pesados** son elementos químicos imposibles de destruir, la recuperación y reutilización son las únicas maneras de evitar su liberación en el entorno. Cualquier otra opción provoca su transferencia entre los distintos medios: agua residual, aire residual y vertido controlado.

Así pues, en el caso de los metales pesados la MTD es hacer **todo** lo siguiente:

- ?? separar, en la medida de lo posible, el agua residual que contenga compuestos metálicos pesados y
- ?? tratar en origen los caudales de agua residual segregada, antes de que se mezclen con otros caudales, y
- ?? emplear técnicas que permitan la recuperación tanto como sea posible, y
- ?? facilitar la posterior eliminación de metales pesados en una planta final de tratamiento como etapa de depuración, con el tratamiento subsiguiente de los lodos, si es necesario

Las técnicas adecuadas para ello son:

- ?? precipitación / sedimentación (o en su lugar flotación por aire) / filtración (o en su lugar microfiltración o ultrafiltración)
- ?? cristalización
- ?? intercambio iónico
- ?? nanofiltración /o en su lugar ósmosis inversa

Como los niveles de emisión que pueden alcanzarse con estas técnicas de control dependen en gran medida del proceso de donde proceden los metales pesados, los miembros del TWG no consiguieron establecer unos niveles de emisión asociados a la MTD que fueran válidos para el sector químico en su conjunto. Se recomendó abordar este tema en los BREF de proceso correspondientes.

El **contenido de sales inorgánicas (o ácidos)** del agua residual puede influir tanto en la biosfera del acuífero receptor, por ejemplo un río pequeño enfrentado a una elevada concentración de sal, como en el funcionamiento de los sistemas de desagüe, por ejemplo por corrosión de tuberías, válvulas y bombas o por mal funcionamiento del tratamiento biológico posterior. En el caso de una de estas posibilidades, o ambas, la MTD es controlar el contenido de sales inorgánicas, preferiblemente en origen y empleando técnicas de control que permitan la recuperación. Son técnicas de tratamiento apropiadas (no incluidas las técnicas de tratamiento de metales pesados ni de sales de amonio):

- ?? evaporación
- ?? intercambio iónico
- ?? ósmosis inversa
- ?? eliminación biológica de sulfato (se emplea exclusivamente para el sulfato, pero cuando hay presentes metales pesados, también se eliminan).

Son **contaminantes no aptos para el tratamiento biológico**, por ejemplo, la materia orgánica recalcitrante o las sustancias tóxicas que inhiben el proceso biológico. Es necesario impedir el vertido de dichos contaminantes en una planta de tratamiento biológico. Es imposible predecir qué contaminantes inhiben los procesos biológicos en una planta de tratamiento de aguas residuales, ya que ello depende de la adaptación a los contaminantes especiales de los microorganismos que trabajan en esa planta. Por consiguiente, la MTD es, por un lado, evitar la introducción de componentes de agua residual en sistemas de tratamiento biológico cuando podrían causar fallos de funcionamiento de dichos sistemas y, por otra, tratar mediante técnicas adecuadas los caudales tributarios de agua residual que tengan una parte no biodegradable relevante<sup>2</sup>.

?? opción 1: técnicas que permiten la recuperación de sustancias:

- nanofiltración u ósmosis inversa
- adsorción
- extracción
- destilación/rectificación
- evaporación
- separación

---

<sup>2</sup> Un Estado Miembro insiste en una definición más precisa del criterio “parte no biodegradable relevante”. A este respecto hubo división de opiniones. Hallará más detalles sobre esta cuestión en el Capítulo ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

?? opción 2: técnicas de atenuación sin necesidad de combustible adicional, cuando la recuperación es inviable:

- oxidación química, aunque hay que tener cuidado con los agentes que contienen cloro
- reducción química
- hidrólisis química

?? opción 3: técnicas de atenuación que conllevan un consumo energético considerable, cuando no existe otro modo de atenuar la toxicidad o los efectos inhibidores o cuando el proceso puede funcionar de forma autosostenible:

- oxidación en aire húmedo (variante de alta o baja presión)
- incineración del agua residual

?? cuando el suministro y el consumo de agua constituyen un problema ambiental, es preciso evaluar las técnicas que exijan una cantidad considerable de agua de refrigeración o el empleo de sistemas de depuración por vía húmeda para el tratamiento del aire de escape, como por ejemplo:

- extracción
- destilación/rectificación
- evaporación
- separación

El **agua residual biodegradable** se puede tratar en sistemas de control biológico, ya sea en forma de caudales tributarios en sistemas de (pre)tratamiento especialmente diseñados, por ejemplo sistemas anaeróbicos o aeróbicos de carga elevada, ya sea en forma de agua residual mixta en una planta de tratamiento biológico, o en una etapa de depuración después de la planta de tratamiento centralizada. Por consiguiente, la MTD consiste en eliminar las sustancias biodegradables empleando un sistema de tratamiento biológico apropiado (o una combinación apropiada de sistemas), como por ejemplo:

?? pretratamiento biológico para evitar una elevada carga biodegradable en la planta de tratamiento final centralizada (o como etapa de depuración final); las técnicas adecuadas para ello son:

- proceso de contacto anaeróbico
- proceso anaeróbico por manto de fangos en suspensión
- proceso anaeróbico y aeróbico de lecho fijo
- proceso anaeróbico de lecho expandido
- proceso de lodos activados con mezcla completa
- biorreactor de membrana
- filtro de escurrimiento (percolador)
- proceso de lecho fijo con biofiltro

?? nitrificación/desnitrificación cuando el agua residual contiene una elevada carga de nitrógeno

?? tratamiento biológico centralizado, evitando la introducción de contaminantes del agua residual no biodegradables cuando pueden causar un fallo de funcionamiento del sistema de tratamiento y cuando la planta no es adecuada para tratarlos; en general, el nivel de emisión asociado a la MTD para la DBO después del tratamiento biológico centralizado es < 20 mg/l. En el caso de los lodos activados, una aplicación típica es una etapa de baja carga biológica con una carga DQO diaria de 0,25 kg/kg de lodo.

**Niveles de emisión asociados a la MTD para el vertido final en un acuífero receptor<sup>3</sup>:**

Parámetro <sup>a</sup>	Rendimiento [%]	Niveles de emisión [mg/l]
------------------------	-----------------	---------------------------

<sup>3</sup> Un Estado miembro insiste en incluir también los niveles de emisión asociados a la MTD para AOX y metales pesados en el punto final de vertido. A este respecto hubo división de opiniones. Hallará más información sobre la situación de este debate en el Capítulo ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

TSS		<sup>b</sup> 10-20 <sup>c</sup>
DQO	76-96 <sup>d</sup>	30-250
N inorgánico total <sup>e</sup>		5-25
P total		0,5-1,5 <sup>f</sup>
AOX		

<sup>a</sup> Para obtener información sobre la DBO, véase el apartado anterior sobre tratamiento biológico centralizado  
<sup>b</sup> Media diaria, con excepción del valor TSS  
<sup>c</sup> Media mensual  
<sup>d</sup> Bajo rendimiento para bajas concentraciones de contaminantes  
<sup>e</sup> Suma de NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N y NO<sub>3</sub>-N(un parámetro más recomendable sería el N total. Debido a la falta de información sobre N total, en este documento se utiliza el N inorgánico total)  
<sup>f</sup> Rango inferior de la entrada de nutrientes en la planta de tratamiento biológico, rango superior de los procesos de producción

## **Lodos de agua residual**

Cuando los lodos de agua residual se manipulan en el propio emplazamiento industrial, la MTD es utilizar una o varias de las opciones siguientes (sin preferencia):

- ?? operaciones preliminares
- ?? operaciones de espesamiento del lodo
- ?? estabilización del lodo
- ?? acondicionamiento del lodo
- ?? técnicas de deshidratación del lodo
- ?? operaciones de secado
- ?? oxidación térmica del lodo
- ?? vertido controlado del lodo en la propia planta.

El tratamiento fuera del emplazamiento industrial no se tiene en cuenta porque no entra en el ámbito de aplicación del presente documento. Esto no significa de ningún modo que la MTD desaconseje el tratamiento fuera del emplazamiento industrial a cargo de una empresa contratada para ello.

## **Gas residual**

Los SISTEMAS DE RECOGIDA DE GAS RESIDUAL se instalan para canalizar las emisiones gaseosas hasta los lugares de tratamiento. Dichos sistemas se componen de un cerramiento del foco de emisión, unos orificios de ventilación y los conductos. La MTD consiste en:

- ?? minimizar el caudal de gas que llega a la unidad de control enclaustrando lo más posible el foco de emisión
- ?? impedir el riesgo de explosión, y para ello:
  - instalar un detector de inflamabilidad dentro del sistema de recogida cuando el riesgo de formación de una mezcla inflamable sea alto
  - mantener la mezcla de gas por debajo del límite inferior de explosividad o por encima del límite superior de explosividad
- ?? instalar equipos apropiados que impidan la ignición de mezclas inflamables de gas-oxígeno o minimicen sus efectos

En el presente documento se distingue entre dos tipos de fuentes de gas residual:

- ?? fuentes de baja temperatura, como por ejemplo procesos de producción, manipulación de productos químicos, elaboración de productos
- ?? Fuentes de alta temperatura, como por ejemplo procesos de combustión, que incluyen instalaciones como calderas, plantas generadoras, incineradores de proceso y unidades de oxidación térmica/catalítica.

### **Fuentes de baja temperatura**

Los contaminantes que es preciso controlar en los gases residuales procedentes de fuentes de baja temperatura (gases de procesos de producción) son polvo (partículas), COV y compuestos inorgánicos (HCl, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> etc.).

La MTD consiste en eliminar el **polvo/partículas** de los caudales de gas residual, ya sea como tratamiento final o como pretratamiento para proteger las instalaciones montadas a continuación, empleando la recuperación de materiales siempre que sea posible. Es necesario tener siempre presente el consumo de agua y energía de las técnicas de tratamiento. Son técnicas de control adecuadas:

- ?? técnicas de pretratamiento con recuperación potencial:
  - separador
  - ciclón
  - filtro nebulizador (también como filtro depurador para aerosoles y gotículas)
- ?? técnicas de tratamiento final
  - depurador por vía húmeda
  - precipitador electrostático
  - filtro textil
  - diversos filtros de alta eficacia, en función del tipo de partículas

Forma parte de la MTD eliminar los **COV** de los caudales de gas residual. La técnica de control que se aplique depende en gran medida del proceso del que procedan los gases residuales y del nivel de peligro que supongan dichos gases.

- ?? Opción 1: Técnicas para la recuperación de materias primas o disolventes, a menudo aplicadas como pretratamiento para recuperar la carga COV principal antes de las instalaciones de atenuación o para proteger los equipos montados a continuación. Son técnicas apropiadas:

- depuración por vía húmeda
- condensación
- separación de membrana
- adsorción

o las combinaciones siguientes:

- condensación/adsorción
- separación de membrana/condensación.

- ?? Opción 2: Técnicas de atenuación cuando la recuperación es inviable, dando preferencia a las técnicas de bajo consumo energético.

- ?? Opción 3: Técnicas de combustión (oxidación térmica o catalítica), cuando no se puedan utilizar otras técnicas de igual eficacia.

Cuando se aplican técnicas de combustión, la MTD consiste en tratar los gases de combustión si cabe esperar que contengan una elevada concentración de contaminantes.

También forma parte de la MTD utilizar el quemado por antorcha para deshacerse del exceso de gases combustibles procedentes, por ejemplo, de operaciones de mantenimiento, sistemas averiados o conductos de ventilación distantes no conectados a sistemas de atenuación.

Para **otros compuestos que no sean COV**, la MTD consiste en eliminar dichos contaminantes empleando la técnica apropiada:

- ?? depuración por vía húmeda (agua, solución ácida o alcalina), para haluros de hidrógeno, Cl<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>
- ?? depuración con disolvente no acuoso, para CS<sub>2</sub>, COS
- ?? adsorción, para CS<sub>2</sub>, COS, Hg
- ?? tratamiento biológico, para NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>
- ?? incineración, para H<sub>2</sub>S, CS<sub>2</sub>, COS, HCN, CO
- ?? SNCR o SCR, para NO<sub>x</sub>.

Cuando sea posible, se emplearán técnicas de recuperación antes que técnicas de atenuación, por ejemplo:

- ?? recuperación del cloruro de hidrógeno cuando se utilice agua como medio depurador en la primera etapa de depuración para obtener una solución de ácido hidroclórico
- ?? recuperación de NH<sub>3</sub>.

El TWG no llegado a ninguna conclusión en cuanto a unos niveles de emisión asociados a la MTD que pudieran aplicarse a la industria química en su conjunto para los gases residuales procedentes de los procesos de producción. Los niveles de emisión asociados a la MTD para los gases de proceso dependen en gran medida del proceso de producción en cuestión, de modo que se ha recomendado tratar este tema en los BREF de proceso apropiados.

### **Fuentes de alta temperatura**

Los contaminantes que es preciso controlar en los gases residuales procedentes de procesos de alta temperatura (gases de combustión) son polvo (partículas), compuestos halogenados, monóxidos de carbono, óxidos de azufre, NO<sub>x</sub> y posiblemente dioxinas.

La MTD consiste en eliminar el **polvo/partículas** mediante una de las técnicas siguientes:

- ?? precipitador electrostático
- ?? filtro de bolsa (después de un intercambiador de calor a 120-150 °C)
- ?? filtro catalítico (condiciones comparables a las de un filtro de bolsa)
- ?? depuración por vía húmeda

La MTD consiste en recuperar el **HCl, HF y SO<sub>2</sub>** empleando la depuración por vía húmeda en dos etapas o eliminarlos mediante inyección de sorbente, seco, semiseco o húmedo, aunque la depuración por vía húmeda suele ser la técnica más eficaz tanto para la atenuación como para la recuperación.

Para **NO<sub>x</sub>**, la MTD es efectuar la SCR en lugar de la SCNR (al menos en instalaciones grandes), ya que es más eficaz y más respetuosa con el medio ambiente. Para las instalaciones ya existentes que utilicen dispositivos SNCR, el momento de plantearse un cambio será cuando se planeen cambios importantes en la planta incineradora. Aunque la SCR es la MTD en un sentido general, hay casos individuales (generalmente instalaciones pequeñas) en que la SNCR es la mejor solución desde un punto de vista técnico y económico. Otras medidas exigen una

evaluación para ver si suponen un beneficio mayor que la instalación posterior de un dispositivo SNCR.

<b>Niveles de emisión asociados a la MTD para el tratamiento de los gases de combustión</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Niveles de emisión [mg/Nm<sup>3</sup>]<sup>1</sup></b>
polvo	<5-15
HCl	<10
HF	<1
SO <sub>2</sub>	<40-150 <sup>2</sup>
NO <sub>x</sub> (calderas/calentadores a gas)	20-150 <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> (calderas/calentadores de combustible líquido)	55-300 <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub> <sup>4</sup>	<5 <sup>5</sup>
dioxinas	0,1 ng/Nm <sup>3</sup> TEQ

<sup>1</sup> Promedio de cada ½ hora, contenido de oxígeno de referencia 3 %  
<sup>2</sup> Rango inferior para combustible gaseoso, rango superior para combustible líquido  
<sup>3</sup> Valor más alto para instalaciones pequeñas que utilicen SNCR  
<sup>4</sup> Escape de NH<sub>3</sub> con SCR  
<sup>5</sup> Valor para catalizadores nuevos, pero la emisión de NH<sub>3</sub> aumenta a medida que el catalizador envejece

## OBSERVACIONES FINALES Y RECOMENDACIONES (CAPÍTULO 6)

Tras la segunda reunión del TWG, un Estado miembro manifestó cuatro opiniones divergentes.

1. Señaló que, en parte, los enunciados sobre MTD para gestión de agua y gas residual son demasiado generales, e hizo referencia a ejemplos de caudales con concentraciones y cargas más elevadas (como se menciona en el apartado 2.2.2.3.1).
2. Manifestó la opinión de que el criterio de “parte no biodegradable relevante” tiene que definirse con mayor precisión aportando una serie de valores indicativos para caudales de materia orgánica recalcitrante y de agua residual.
3. Insistió en mencionar unos niveles de emisión de metales pesados asociados a la MTD tomando como base los ejemplos citados en el Anexo 7.6.4. En su opinión, si se sigue la estrategia antes descrita de prevención, tratamiento previo y tratamiento centralizado (véase el apartado sobre metales pesados), es posible mencionar unos valores de emisión de metales pesados que sean válidos para muchas plantas químicas. Asimismo, afirmó que los valores están influidos por la parte de la producción relacionada con los metales pesados y por este motivo dependen de la gama de productos, lo que puede tener como consecuencia valores más altos, especialmente en la producción de productos químicos finos. En lo que se refiere a los vertidos en las redes públicas de alcantarillado, el efecto de la planta de tratamiento de agua residual debería tenerse en cuenta para garantizar que los metales pesados no pasan a otros medios.

El TWG no atendió a esta petición por considerar que no sería útil mencionar unos valores de emisión asociados a la MTD si dichos valores se encuentran bajo la influencia de combinaciones particulares de caudales de agua residual en los centros de producción, con lo que se obtendrían unos valores que tendrían o no validez en casos reales. Así pues, a este respecto hubo división de opiniones.

4. Insistió en mencionar unos valores de emisión de AOX asociados a la MTD tomando como base los ejemplos citados en el Anexo 7.6.2. Señaló que, si el tratamiento del agua residual se lleva a cabo con arreglo a las conclusiones sobre MTD expuestas anteriormente (véase la sección sobre contaminantes no aptos para tratamiento biológico), dichos niveles de emisión se pueden mencionar aunque los valores de emisión de AOX estén fuertemente influidos por la proporción y el tipo de síntesis clororgánicas que tengan lugar en la planta química. El TWG no atendió a esta petición. Se interpretó que los ejemplos presentados (véase el Anexo 7.6.2) se componen de diferentes conjuntos de datos estadísticos que no permiten mencionar unos niveles de emisión asociados a la MTD. Se dijo incluso que uno de los

niveles más bajos de emisión de AOX citado como ejemplo representaba un bajo rendimiento, mientras que el nivel de emisión más alto en el conjunto de datos provenía de una planta con un rendimiento muy bueno. En esas condiciones, el TWG consideró inapropiado mencionar unos niveles de emisión de AOX asociados a la MTD. Así pues, a este respecto hubo división de opiniones.

El intercambio de información ha distado mucho de ser completo. Es difícil entender el porqué de esta circunstancia, en vista de los esfuerzos realizados por la industria química y sus logros en cuanto a gestión de las emisiones de agua y gas residual. Igualmente difícil fue el intercambio de información con algunos Estados miembros.

En cuanto a la revisión del BREF, se recomienda llenar las lagunas existentes. La revisión debería esperar hasta que se hayan concluido todos los BREF verticales en el sector químico. No obstante, para que dicha revisión tenga sentido habrá que centrarse más en la información que resulta útil para la persona encargada de redactar un permiso. En el Capítulo 6 figura más información al respecto.

La CE lanza y apoya, mediante sus programa de IDT, una serie de proyectos sobre tecnologías limpias, tratamiento de efluentes, y tecnologías y estrategias de gestión del reciclado, que podría aportar una contribución útil a futuras revisiones del BREF. Por ello, se ruega a los lectores que informen a la Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (EIPPCB) de los resultados de investigaciones que puedan ser de interés para el tema objeto del presente documento (véase también al respecto el prefacio del documento).