

# CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR LOLORES<sup>(1)</sup>

Fundamentos básicos

EDITA:



**CALIDAD  
AMBIENTAL**

Región  de Murcia

DOCUMENTACIÓN Y REDACCIÓN:

Juan Ignacio Sánchez Gelabert  
*Servicio de Calidad Ambiental  
Dirección General de Calidad Ambiental  
Comunidad Autónoma de la Región de Murcia*

Antonio Amo Peña  
*Labagua, S.A.*

José Vicente Martínez Tomás  
*Labagua, S.A.*

Ignacio Valor Herencia  
*Labagua, S.A.*

**EDITA:**



**CALIDAD  
AMBIENTAL**

**DOCUMENTACIÓN Y REDACCIÓN:**

Juan Ignacio Sánchez Gelabert  
*Jefe de Servicio*  
*Dirección General de Calidad Ambiental*

Antonio Amo Peña  
*(Labaqua, S.L.)*

José Vicente Martínez Tomás  
*(Labaqua, S.L.)*

Ignacio Valor Herencia  
*(Labaqua, S.L.)*

*Producción:*  
Contraste Publicaciones, S.L.

*Dep. Legal:*  
MU-2.750-2008

*I.S.B.N.:*  
978-84-691-7466-1

## Índice

<b>1. Introducción .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Normativa metodológica a aplicar para los estudios de olor en inmisión y en emisión .....</b>	<b>6</b>
2.1. Realización de estudios de contaminación ambiental por olores mediante olfatometría dinámica. Aplicación de la norma UNE-EN 13.725 .....	6
2.2. Realización de estudios de contaminación ambiental por olores en inmisión mediante la norma VDI 3.940.....	18
2.3. Técnicas analíticas complementarias aplicadas en la realización de estudios de impacto ambiental por olores .....	26
<b>3. Contenido mínimo a contemplar en estudios de impacto ambiental y memorias ambientales de actividades potencialmente generadoras de contaminación ambiental por olores en la Región de Murcia .....</b>	<b>31</b>
3.1. Contenido mínimo en materia de olores a contemplar en la memoria ambiental.....	31
3.2. Contenido mínimo a contemplar en la realización de estudios de impacto ambiental por olores siguiendo la norma UNE-EN 13.725.....	32
<b>4. Recopilación de las mejores técnicas disponibles y buenas prácticas de gestión publicadas para prevenir y corregir la contaminación odorífera en las distintas actividades e infraestructuras de la Región de Murcia.....</b>	<b>34</b>
4.1. Cría intensiva de aves de corral y de cerdos.....	35
4.2. Mataderos e industrias de subproductos animales .....	58
4.3. Industrias de la alimentación, bebidas y leche .....	63
4.4. Industria del curtido de cueros.....	75
4.5. Industria de fabricación de vidrio .....	80
4.6. Industria de metales no férricos.....	89
4.7. Industria de procesos de metales férricos.....	92
4.8. Sector de la producción de hierro y acero.....	104
4.9. Industria de la fundición y el forjado .....	109
4.10. Tratamiento de superficies metálicas y plásticas.....	115
4.11. Industria química orgánica de gran volumen de producción (qogv) .....	119
4.12. Sector de producción de química orgánica fina (qof).....	128
4.13. Refinerías de petróleo y de gas .....	132
4.14. Industria de la pasta y el papel .....	138
4.15. Industria de la fabricación del cemento y de la cal.....	151
4.16. Industria cloro-sosa .....	154
4.17. Emisiones generadas por el almacenamiento .....	156
4.18. Sistemas comunes de tratamiento/gestión de aguas y gases residuales en el sector químico .....	160
4.19. Tratamiento industrial de residuos.....	177



4.20. Grandes instalaciones de combustión.....	182
4.21. Incineración de residuos.....	185
4.22. Industria textil.....	189
4.23. Sistemas de refrigeración industrial .....	194
<b>5. Estudio del ámbito competencial y propuesta de valores límite a aplicar en materia de olores a la vista de las normativas existentes en esta materia. Estudio de los aspectos que deben ser regulados a nivel normativo para prevenir y corregir la contaminación odorífica .....</b>	<b>198</b>
5.1. Descripción del marco legal en el ámbito internacional.....	198
5.2. Programa de seguimiento y control de la contaminación odorifera en Holanda .....	245
5.3. Marco legal existente en España .....	248
5.4. Propuesta de valores límite a aplicar en materia de olores a la vista de las normativas existentes en materia de contaminación ambiental por olores.....	253
<b>6. Determinación los tipos de actividades e infraestructuras de la Región de Murcia potencialmente generadoras de contaminación ambiental por olores .....</b>	<b>254</b>
6.1. Criterios de selección .....	254
6.2. Asignación de coordenadas geográficas .....	254
6.3. Marco legal existente en España .....	255
<b>ANEXO I. Texto del borrador de Anteproyecto de Ley contra la contaminación odorifera (Generalitat de Catalunya) .....</b>	<b>258</b>
<b>ANEXO II. Planes de muestreo establecidos en diversos estudios de impacto ambiental por olores.....</b>	<b>283</b>
<b>ANEXO III. Ordenanzas municipales para la regulación de la contaminación ambiental por olores .....</b>	<b>287</b>
<b>ANEXO IV. Tecnología de desodorización.....</b>	<b>325</b>

## 1. Introducción

Los olores generados por diversas fuentes representan un problema medioambiental y son el origen de numerosas quejas entre la población. Aún en el caso de que las sustancias olorosas emitidas no posean ningún efecto perjudicial para la salud, las molestias causadas por olores pueden constituir un serio problema que necesita ser evaluado, investigado en sus causas y solucionado para responder a las quejas de la sociedad. En este documento se recopilan diversos aspectos relativos al establecimiento de programas de control y seguimiento a actividades o instalaciones potencialmente generadoras de contaminación ambiental por olores.

El presente documento se divide en cinco apartados. En el primer apartado se describe la normativa a aplicar en la realización de estudios de impacto ambiental por olores. El segundo apartado describe el contenido mínimo en materia de olores a contemplar en memorias ambientales de actividades e infraestructuras o en los estudios de impacto ambiental. En el tercer apartado se recopilan las mejores técnicas disponibles y buenas prácticas de gestión publicadas en España en materia de olores para distintos sectores de actividad presentes en la Región de Murcia. En el cuarto apartado se describe el marco legal existente en materia de olores en el ámbito internacional, nacional, autonómico y municipal. En este apartado también se realiza una propuesta de los valores límite de concentración de olor en inmisión considerando las normativas existentes en esta materia. En el último apartado se identifican las instalaciones industriales de la Región de Murcia que potencialmente pueden estar implicadas en la generación de contaminación ambiental por olores. En este sentido, la asistencia técnica se complementa con la elaboración de un inventario de las instalaciones presentes en la Región de Murcia en formato informático compatible con aplicaciones de sistemas de información geográfica (GIS).

## 2. Normativa metodológica a aplicar para los estudios de olor en inmisión y en emisión

La realización de estudios de impacto ambiental por olores, está sujeta a una serie de dificultades que pueden complicar la evaluación objetiva de dichas molestias. Por ejemplo, las molestias y, por tanto las quejas por malos olores procedentes de la población no solo dependen de la concentración y duración de la exposición de los olores, sino también del tipo de olor percibido, de las características olfativas de cada persona, del entorno en el que se encuentra (agrícola-ganadero, industrial o urbano), de las actitudes particulares de cada individuo hacia la instalación responsable de los olores, antecedentes históricos, etc. La relación entre el olor en el ambiente y las molestias en la población es lo que vemos difícil de determinar inequívocamente. Por tanto, la normalización metodológica en la toma de muestra de olores, así como la analítica posterior, es condición indispensable como primer paso al establecimiento de un programa de control y seguimiento de emisiones potencialmente odoríferas. En este sentido, los países del continente europeo que han desarrollado programas de control y seguimiento sobre esta materia (Alemania, Austria, Bélgica, Reino Unido, Países bajos, etc) se basan en la norma EN-13.725 "Calidad del aire. Determinación de olor por olfatometría dinámica", para la realización de la toma de muestra de olores en emisión y su posterior análisis. El borrador de la IPPC H4 desarrollado y publicado por la Agencia de Medio Ambiente de Inglaterra y Gales en colaboración con la Agencia de Protección Medioambiental de Escocia (SEPA) y el Servicio de Medio Ambiente de Irlanda del Norte contempla la utilización de la norma europea EN-13.725. Para la realización de medidas de olores en inmisión, Alemania utiliza la norma VDI 3940 "Determination of odorants in ambient air by field inspections". En nuestro país, la comunidad autónoma catalana ha redactado un borrador de anteproyecto de ley sobre la contaminación odorífera, donde hace referencia a la norma UNE-EN 13.725 para la realización de estudios olfatométricos. La norma UNE-EN 13.725 describe aspectos tan importantes como la metodología a seguir en la toma de muestra, condiciones de transporte de las muestras al laboratorio, análisis de la concentración de olor u otros aspectos. Teniendo en cuenta estos antecedentes, la realización de estudios de impacto ambiental por olores en la Región de Murcia debería fundamentarse en estas dos normas técnicas.

### **2.1. REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR OLORES MEDIANTE OLFATOMETRÍA DINÁMICA. APLICACIÓN DE LA NORMA UNE-EN 13.725**

La norma UNE-EN 13725 "Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica" en vigor desde febrero de 2004, permite abordar de forma técnica y objetiva los problemas de contaminación ambiental por olores. Esta norma, además, servirá como herramienta de control para establecer futuras exigencias legales. La Norma UNE-EN 13.725 define y normaliza los aspectos relativos a la toma de muestras, a la cuantificación de la concentración de olor y al cálculo de la emisión de olor de los focos.

#### **2.1.1. Objeto y campo de aplicación de la norma**

Esta norma define una metodología para la determinación de la concentración de olor de una muestra gaseosa usando un panel de "evaluadores" humanos (panelistas) como sensor, así como la determinación de la emisión. La norma también tiene por objeto definir la metodología de la toma de muestra necesaria para la realización de estos

estudios de impacto ambiental. Esta norma UNE no tiene como ámbito de aplicación el estudio de la calidad de aire en interiores (despachos, oficinas, viviendas, hoteles, etc.). La norma tampoco es aplicable, entre otras, a las siguientes medidas: «*olores potencialmente relacionados con partículas sólidas o gotas de fluidos olorosos suspendidos en las emisiones, tono hedónico (grado de aceptabilidad de un determinado olor por una persona), así como estudios de percepción de olores en inmisión mediante panelistas de campo*».

### 2.1.2. Fases de un estudio olfatométrico basado en la norma UNE-EN 13.725

En este apartado se describen las fases de las que se compone la elaboración de un estudio olfatométrico basado en la norma UNE-EN 13.725. En la figura 2.1.2.1. se representa gráficamente las fases en la elaboración de un estudio olfatométrico basado en la norma UNE-EN 13.725. Cabe destacar, que la norma sólo regula la toma de muestra, análisis de la concentración y cálculo de la emisión de olor (apartado b).

Figura 2.1.2.1. Fases de realización de un estudio olfatométrico basado en la norma UNE-EN 13.725.



(a) Elaboración del plan de muestreo.

(b) Toma de muestra y análisis de concentración de olor ( $UO_E/m^3$ ). Cálculo de la emisión de olor ( $UO_E/h$ ).

(c) Obtención de resultados de concentración de olor en inmisión mediante modelización matemática.

#### ■ Fase I. Elaboración del plan de muestreo

La primera fase de un estudio olfatométrico supone el conocimiento previo al detalle de todos aquellos aspectos que pueden verse inmersos en la generación de olores de una actividad o instalación. Este conocimiento previo es fundamental para poder establecer un programa de muestreo que responda a los objetivos planteados en el estudio de impacto ambiental por olores. La adquisición de este conocimiento puede obtenerse a partir de dos vías:

- Mediante la realización de una visita de auditoría previa a la instalación objeto de estudio.
- Mediante la revisión de la documentación (planos, esquema de procesos, etc.). Esta segunda opción requiere una mayor experiencia previa en estudios en instalaciones similares.

A continuación se detalla la metodología adecuada para la elaboración del plan de muestreo:

- **Revisión del esquema de procesos de la instalación objeto de estudio.** La manera más apropiada para la identificación de los focos emisores a muestrear es mediante un esquema básico de procesos de la instalación en el que estén representados, a ser posible, las unidades de proceso a escala. Este esquema de procesos se debe revisar conjuntamente entre el especialista en olfatometría y el técnico o técnicos de la empresa objeto de estudio ya sea durante la visita a las instalaciones o por conversación telefónica, e-mail, etc. Normalmente la persona de contacto en las pequeñas instalaciones suele ser el jefe de planta o jefe de producción (en plantas de compostaje, EDARs, etc.) o el responsable de medioambiente (generalmente en grandes instalaciones como refinerías, industrias químicas, etc.).
- **Identificación de los potenciales focos emisores.** Sobre el esquema de procesos se identificarán todos los potenciales focos emisores diferenciando las emisiones de focos puntuales, las emisiones de fuentes difusas y las emisiones fugitivas. En el caso de fuentes puntuales, se recabará información de caudales aproximados de emisión. Para las fuentes de emisión de tipo difuso se solicitará el dato de las superficies implicadas. Una vez identificados todos los potenciales focos emisores podrán descartarse aquellos en los que por la experiencia del especialista en olfatometría se considere que tienen una baja incidencia en la emisión total de la instalación. Se debe tener en cuenta, como se ha indicado anteriormente, que una instalación puede presentar multitud de focos emisores y por cuestiones prácticas y económicas pueden descartarse determinados focos siempre que por la información previa obtenida del conjunto de focos de la instalación y por la experiencia en trabajos similares se pueda confirmar que estos son despreciables frente al resto de focos de la instalación. En el anexo II y a modo de ejemplo se presentan varios ejemplos de planes de muestreo tipo en diversas instalaciones.
- **Procesos con emisiones discontinuas o no homogéneas. Selección del día y hora de muestreo, tiempo de muestreo y número de muestras por foco.** El objetivo último de un estudio olfatométrico es evaluar si las emisiones de una determinada instalación pueden ser responsables o no de quejas en la población vecina. A esta conclusión se llega con la interpretación de los valores de concentración de inmisión, habitualmente denominados mapas de olores. Esta interpretación se llevará a cabo sobre la base de los niveles guía de calidad del aire holandeses o los de la IPPC H4 o los del esborrany de projecte de llei d'olors de Catalunya. En los 3 casos, la interpretación se hace sobre la base de las curvas percentil 98. Estas curvas hacen referencia a los valores de concentración en inmisión que se esperan durante 175 horas al año (2% de las horas del año). Se trata, prácticamente de valores máximos. Por este motivo y dado que por cuestiones práctico económicas las medidas en emisión reflejan una situación puntual o en el mejor de los casos se llevan a cabo 2 ó 3 tomas de muestra en diferentes condiciones; es crítica la elección del momento en el que se realiza en el muestreo. Este muestreo, debe hacerse en las condiciones más desfavorables. A continuación, se enumeran una serie de cuestiones que deben tenerse en cuenta en este sentido para la toma de muestras.

Una vez identificados los potenciales focos emisores, se debe tener, como acabamos de comentar, muy presente la manera en la que se produce la emisión:

- A nivel general de la instalación, se tendrá que conocer si el proceso productivo es constante a lo largo del año o si por el contrario existen situaciones de mayor producción en las que generalmente estarán implicadas mayores emisiones (por ejemplo el caudal tratado por una EDAR o los residuos gestionados por un vertedero o planta de compostaje o los procesos estacionales en las almazaras, etc.). En estas situaciones se planteará la toma de muestras en las situaciones más desfavorables. Existen emisiones episódicas en determinados procesos como volteos en plantas de compostaje o venteos en tanques de almacenamiento que tendrán que ser considerados en el plan de muestreo.

- También es necesario tener en cuenta si se trata de emisiones puntuales en periodos determinados o si se trata de emisiones continuas, pero con concentraciones o caudales de emisión variables. En estas situaciones habrá que considerar las situaciones más desfavorables.
- En el caso de fuentes superficiales sucede en ocasiones que la superficie emisora no es homogénea por lo que hay que considerar la realización de distintas tomas en cada una de las zonas identificadas o la realización de muestreos integrados.
- Efecto de la temperatura. Una cuestión que afecta particularmente a determinadas fuentes de emisión superficiales es la temperatura. El aumento de temperatura provoca un incremento de la presión de vapor de los compuestos volátiles responsables del olor. Esto es muy habitual en las emisiones en láminas de agua. Por este motivo los muestreos en balsas de lixiviados en vertederos o decantadores en una EDAR deberían realizarse en fechas de mayores temperaturas como primavera o verano.
- Número de muestras por foco. Como en cualquier tipo de medida, el aumento de repeticiones permite obtener valores más robustos. Esta cuestión tiene particular interés en aquellos focos de la instalación en los que se espere los valores de emisión más altos. Por tanto, a nivel práctico se deben proponer para el plan de muestreo réplicas en aquellas fuentes puntuales con altos caudales y/o altas concentraciones de olor. En el caso de fuentes difusas superficiales, aquellos focos con grandes superficies (por ejemplo vertederos o decantadores primarios en EDARs) deben plantarse también réplicas.

A modo de ejemplo en el anexo II se incluyen varios ejemplos de planes de muestreo en determinadas industrias.

## ■ Fase II. Toma de muestra y análisis en el laboratorio

Todos los aspectos de toma de muestras, selección del método de toma de muestras y especificaciones de calidad vienen especificados en los apartados 6.2 y 7 de la norma.

- **Materiales de los equipos de muestreo.** Según se indica en el apartado 6.2.2. «*deben usarse materiales adecuados para aquellas partes de los equipos de muestreo que están en contacto con la muestra olorosa*». La norma recomienda «*PTFE (politetrafluoroetileno), polietileno tereftalato (PET, Nalophan®), acero inoxidable, etc. Asimismo, los equipos se deben limpiar para mantenerlos inodoros (se deben evitar productos de limpieza que tengan un fuerte olor)*». La calibración de los equipos de muestreo es necesaria y específica.

A continuación se describen los distintos tipos de fuentes de emisión de olor, especificando el método idóneo de muestreo:

- **Muestreo de fuentes puntuales** (conducciones o chimeneas): Se utiliza el método de la sonda. Este método consiste en la “aspiración” mediante una sonda de una fracción alícuota del gas emitido por la fuente. (ver fotografía 2.1.2.1.).



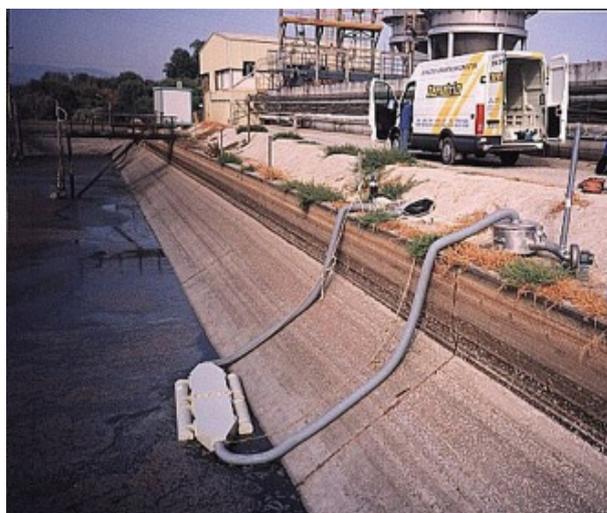
Fotografía 2.1.2.1. Sonda de dilución “in situ”.

- **Muestreo de fuentes difusas aireadas** (superficiales activas). Para este tipo de fuentes (reactor biológico de una depuradora o un biofiltro) se utiliza el método de la Campana (ver fotografía 2.1.2.2.). En estas situaciones se coloca una campana de base cuadrada (1 m<sup>2</sup>) sobre la superficie a muestrear, de manera que a la salida de la misma, la muestra es succionada mediante una sonda.
- **Muestreo de fuentes difusas no aireadas** (superficiales pasivas). Para este tipo de fuentes (decantador de una depuradora o una parva o pila de compost) se utiliza el método del túnel del viento o “cámara de flujo” (conocida también como Caja Lindvall. (Ver fotografía 2.1.2.3.). Para ello, mediante una soplante, se insufla un caudal conocido de aire previamente filtrado, a través de la cámara de flujo, tomando la muestra mediante una sonda a la salida de la misma.

Fotografía 2.1.2.2. Toma de muestra de olores en emisión mediante el método de la campana.



Fotografía 2.1.2.3. Toma de olores en emisión mediante cámara de flujo (cámara de flujo).



En el caso de que, en cualquiera de las técnicas de muestreo, se requiera llevar a cabo una dilución en campo, «el equipo debe cumplir con los mismos requisitos de exactitud y precisión» (véase apartados 5.4. y 7.3.2.3 de la norma) que se aplican al olfatómetro. Por otro lado, durante el muestreo es necesario la medida de una serie de parámetros (temperatura, presión atmosférica, caudal, humedad, etc.) que se utilizarán posteriormente para el cálculo de la emisión de olor de cada foco. Para asegurar la calidad y fiabilidad de las medidas, los instrumentos de medida también deben pasar unas calibraciones periódicas y cumplir los correspondientes criterios de calidad.

Cabe destacar, no obstante, que habrá que realizar un esfuerzo adicional para definir, todavía con mayor precisión, la metodología de toma de muestras. En la introducción de la norma se sugiere: «... en la norma se incluyen aspectos de muestreo, aunque se necesitan posteriores investigaciones para completarlos. Las mejoras en el muestreo deben ser objeto de una futura revisión de esta norma europea».

#### TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Según se indica en el apartado 7.3.3., «las muestras deberían analizarse tan pronto como sea posible después del muestreo. El intervalo entre el muestreo y la medida no debe exceder de 30 horas». Además, «durante el transporte y almacenamiento, las muestras deben mantenerse a menos de 25°C. La temperatura, sin embargo,

debe mantenerse por encima del punto de rocío de las muestras para evitar condensación. Las muestras no deben estar expuestas a la luz solar directa, para minimizar las reacciones (foto)químicas y la difusión». Para cumplir con este criterio, lo más adecuado es el transporte de las bolsas de muestreo en contenedores isoterms, rígidos y ligeros.

Fotografía 2.1.2.4. Envases isoterms utilizados para el transporte de las muestras.



## ANÁLISIS DE LA CONCENTRACIÓN DE OLOR

La norma, define la unidad de concentración de olor como  $uo_e/m^3$  (unidad de olor europea por metro cúbico) como aquella sustancia o mezcla de sustancias que diluida en  $1 m^3$  de gas neutro en condiciones normales, es distinguida de aire exento de olor por el 50% de los panelistas. Básicamente, el umbral de olor es aquella concentración a partir de la cual el olfato humano empieza a percibirla. Como se indica en la nota 1 del apartado 3.2 de la norma, «La unidad de olor es una unidad difícil de definir, debido a que se relaciona con un efecto fisiológico al estímulo que causa. El estímulo, en este caso, puede ser una multitud de sustancias».

– **Principio de medida.** La concentración de olor de una muestra gaseosa de sustancias olorosas, viene determinada por el número de diluciones que hemos tenido que hacer a la muestra con aire puro inodoro, para que los panelistas la perciban. Por ejemplo una muestra que diluida 500 veces empieza a ser distinguida por los panelistas, diremos que tiene una concentración de olor de  $500 uo_e/m^3$ . Estas diluciones a las que hacemos referencia, necesarias para cuantificar las muestras, se llevan a cabo en un equipo denominado olfatómetro (ver fotografía 2.1.2.5). El olfatómetro mezcla aire puro con la muestra de aire contaminado por malos olores en diferentes proporciones y lo ofrece a los panelistas a través de unas boquillas. El panelista debe distinguir por cual de ellas sale el aire contaminado y las respuestas de cada uno de ellos son recogidas y procesadas por un sistema informático el cual calcula la concentración de olor de la muestra.

La secuencia de ofrecimientos comienza por diluciones muy elevadas y por tanto inodoras a los panelistas hasta diluciones menores hasta que el panelista empieza a distinguir el olor. Para evitar que los panelistas den resultados al azar, el olfatómetro ofrece junto con las muestras, muestras de aire puro inodoro. La norma exige que los panelistas identifiquen más del 80% de las muestras de aire puro.

Fotografía 2.1.2.5. Análisis de la concentración de olor.



Todo este protocolo de medición (olfatometría dinámica) está sometido a una calibración de manera que los resultados de cualquier laboratorio sean comparables como se explica a continuación.

## REQUISITOS DE CALIDAD DE LA NORMA

La norma UNE-EN-13725 define todas las condiciones, calibraciones y, en definitiva, el protocolo analítico para la determinación de la concentración de olor. La norma establece una serie de requisitos de calidad, tanto para la fase de toma de muestras de olor en campo como para el análisis sensorial en el laboratorio. Como se indica en apartado 5.1 de la norma *«El requisito más importante se refiere a los criterios de calidad para el funcionamiento completo del método de medida sensorial. Estos requisitos se enfocan a la evaluación de la calidad dentro del laboratorio, usando un material de referencia (MR)»*. Los criterios de calidad que un laboratorio debe tener para cumplir esta norma, se definen en base a parámetros que describen la exactitud y la precisión. Estos requisitos de calidad se han formulado de manera idéntica al de otros métodos analíticos, químicos o físicos.

- **Requisitos de calidad en el análisis sensorial.** Para asegurar la calidad de la medición de olor se deberán calibrar los dos elementos que intervienen en la medición: las diluciones que realiza el olfatómetro y la sensibilidad olfativa de los panelistas.
- **Calibración de panelistas.** Como es evidente el umbral de olor es muy diferente entre los distintos individuos. Por este motivo la norma (apartado 6.7.2 y anexo E) define rigurosamente un protocolo de selección de individuos utilizando un gas de referencia, el n-butanol en nitrógeno (con una incertidumbre expandida inferior al 5%), para seleccionar candidatos con umbrales de percepción para el n-butanol entre 20 a 80 ppb y con una baja desviación estándar entre sus percepciones. De acuerdo a la norma se determinarán, al menos, 10 estimaciones del umbral individual de cada panelista para el gas de referencia recogidos en, al menos, 3 sesiones en días no consecutivos. De este modo, hemos asegurado los criterios de sensibilidad y repetibilidad del detector: el olfato humano. La  $uo_e/m^3$  será aquella mezcla que provoca una respuesta en el umbral de olor de estos individuos calibrados, denominados panelistas.
- **Calibración del olfatómetro.** La calibración del equipo de dilución, el olfatómetro (apartado 6.5.5. y anexo C de la norma), debe realizarse regularmente (al menos una vez al año) usando un material trazador adecuado por ejemplo monóxido de carbono y una incertidumbre expandida inferior al 3% y un método de análisis físico-químico, por ejemplo medidor de infrarrojos en continuo. Para cada una de las diluciones que ofrece el equipo se determina la exactitud, precisión e inestabilidad.
- **Ensayos adicionales para asegurar la calidad sensorial de forma regular.** Una vez que se ha calibrado el equipo de dilución (el olfatómetro) y el detector (los panelistas) se debe realizar una validación global del sistema de medida. Según se indica en el apartado 5.3.2 de la norma, para evaluar si un laboratorio cumple con los criterios de exactitud y precisión analítica, se deben realizar 10 medidas sobre el MR certificado (n-butanol) a una concentración conocida y bajo condiciones de repetibilidad. A partir de estos 10 resultados se calcula la precisión y exactitud que deberá cumplir con unos criterios de calidad definidos en la norma. Según se indica en el apartado 5.3.1 *«si un laboratorio cumple con todos los requisitos de calidad de la norma para el material de referencia, se asume que este nivel de calidad es transferible a otros olores ambientales»*. No obstante, la norma establece la obligación de confirmar esta asunción mediante la realización de 10 medidas de una muestra ambiental "real". Debido a que para una muestra ambiental no existe un valor de referencia aceptado, sólo puede validarse la precisión. Por este motivo la norma establece adicionalmente que *«deberían realizarse ejercicios de intercomparación*

entre laboratorios para evaluar la precisión y compararla con la obtenida para el material de referencia». Cabe destacar que en el proceso de validación de esta norma por el CEN (Comité Europeo de Normalización) se realizaron ejercicios de intercomparación entre distintos laboratorios europeos con muestras reales. Los resultados obtenidos permitieron definir los criterios de exactitud y precisión exigidos en la norma.

- **Ambiente de la sala de mediciones de olor.** Según se indica en el apartado 6.6.1. «el ambiente de trabajo para los panelistas debe ser agradable e inodoro. Debe evitarse cualquier emisión de olor del equipo, muebles y materiales instalados (pinturas, recubrimientos del suelo, etc.) en el interior de la sala, así como cualquier liberación de los componentes olorosos a medir». Además, «las fluctuaciones de temperatura durante el proceso de medida deben ser inferiores a  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ , y la temperatura máxima en la habitación no debe superar los  $25^{\circ}\text{C}$ ». Asimismo, «debe evitarse la exposición directa de los panelistas a la luz solar y la habitación debe estar exenta de cualquier fuente de ruido y luz que podrían afectar negativamente las medidas». Según se indica en el apartado 6.6.2. «la sala de mediciones de olor debe estar ventilada para mantener un ambiente inodoro y proporcionar aire fresco a los miembros del panel. Para mantener un ambiente de trabajo confortable la fracción en volumen de  $\text{CO}_2$  debe ser inferior a 0,15 %. El aire de la habitación debe estar ventilado y pasado a través de un filtro de carbón activo antes de entrar en la habitación». Como resulta evidente, hay que proporcionar a los panelistas un ambiente agradable durante las mediciones de olor, por lo que la sala olfatómetrica debe reunir las mejores condiciones de trabajo. Así por ejemplo, se debería llevar un registro del mantenimiento del filtro de carbón activo y del filtro del aire acondicionado, un registro de la temperatura de la sala durante las mediciones de olor para comprobar que se cumple con lo indicado en la norma, etc.
- **Código de comportamiento de los miembros del panel y calibración diaria.** Los panelistas, según se indica en el apartado 6.7.1 deben tener al menos 16 años, y cumplir un código de comportamiento: motivación en su trabajo, no fumar ni comer ni beber (excepto agua) media hora antes de la prueba, no usar cosméticos ni perfumes, no tomar parte en la prueba si se sufre un resfriado o cualquier enfermedad que afecte a su percepción de olor, no comentar la marcha de la prueba con otros panelistas, etc. Adicionalmente y conforme se especifica en los apartados 6.7 y 9.2, en cada sesión de trabajo (diariamente) antes del análisis de las muestras cada panelista debe ser calibrado con n-butanol con objeto de evaluar su idoneidad. Si por cualquier motivo (resfriado, rinitis, etc.) un panelista no cumple con esta calibración diaria, sus resultados no son incluidos en el cálculo de la concentración de olor. Por último, para cada una de las muestras analizadas y con los resultados de los panelistas que han superado la calibración se hace un estudio (denominado “estudio retrospectivo” en la norma) de las Z-score, con objeto de descartar resultados con desviaciones frente al valor medio elevadas. La norma obliga que para cada resultado de la concentración de olor de una muestra se emplee la media de 4 panelistas diferentes (que hayan pasado la calibración diaria y el estudio retrospectivo).
- **Requisitos de calidad del laboratorio.** Para poder asegurar la calidad de los resultados por parte de un laboratorio que realice un estudio de olfatometría es imprescindible que los laboratorios acrediten todo el proceso desde la toma de muestras, el análisis olfatómetrico así como el cálculo de las emisiones. Existen en España laboratorios que ya han sido acreditados según la UNE-EN 17025 para todos estos ensayos.

### ■ Fase III. Cálculo de las emisiones de olor

En la fase del análisis sensorial se determinan las concentraciones en  $\text{uo}_2/\text{m}^3$  de cada una de las fuentes implicadas. Sin embargo, interesa conocer la emisión de olor de cada uno de los focos, que se obtiene por cálculo a partir de los datos de cada fuente, tales como caudal de aire emitido al exterior, área de la fuente olorosa, etc. Por emisión

de olor de una fuente se entiende el número de unidades de olor por unidad de tiempo que dicha fuente emite. Este cálculo definido en el apartado 9.3 es el siguiente:

$$E = C \times Q$$

Siendo, E = emisión de olor en ( $uo_E/h$ )

C = concentración de olor ( $uo_E/m^3$ )

Q = caudal volumétrico en condiciones normales para olfatometría: 20°C y 101,3 kPa en base húmeda ( $m^3/h$ )

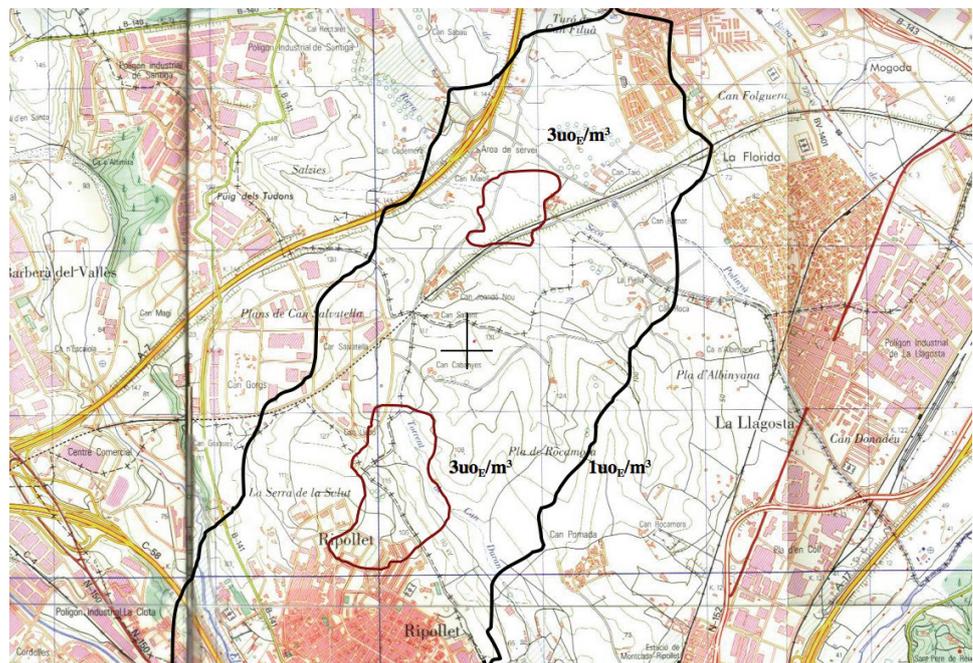
Los valores de emisión de olor permiten obtener entre otras, las siguientes conclusiones:

- Cuál es la magnitud de las emisiones producidas por una o varias fuentes de una planta, lo que nos permitirá elegir y dimensionar adecuadamente el sistema de tratamiento de olores que debe aplicarse en cada situación.
- Cuál es el rendimiento de un sistema de desodorización ya existente.
- Qué fuentes son las realmente causantes de la mayor parte de los olores producidos. De esta manera, se pueden descubrir partes de la instalación que no están funcionando correctamente y actuar sobre el proceso para disminuir y limitar las emisiones. Además, a la hora de plantear inversiones para la eliminación de olores, se conocerá sobre qué fuente se ha de actuar y cuáles son menos relevantes y tienen por tanto, una menor prioridad.

#### ■ Fase IV. Cálculo de los niveles de inmisión en el entorno

Una vez obtenidos los valores de emisión de olor, es necesaria una herramienta que permita obtener cual es el grado de afección en el entorno de esas emisiones de olor. Los modelos de dispersión atmosférica permiten elaborar mapas de concentración de olor, donde se representan las curvas isodoras. Las curvas isodoras marcan aquellos puntos del terreno en el que es esperable encontrar una determinada concentración de olor.

Figura 2.1.2.2. Mapa de concentración de olor.



## Tipos de modelos de dispersión

Existe una gran variedad de modelos de dispersión de contaminantes atmosféricos que se clasifican por distintos conceptos como el alcance espacial, la escala temporal, el tipo de campo de vientos utilizado, la forma del cálculo del campo de vientos, y, según cómo se trata la ecuación de la dispersión desde una perspectiva determinista. Los modelos analíticos integran la ecuación de transporte-difusión después de asumir ciertas aproximaciones e hipótesis. Entre estos modelos destacan los basados en la fórmula del penacho gaussiano. Aunque existen modelos, como los lagrangianos o los eulerianos, con los que se pueden obtener resultados más exactos, éstos, sin embargo, necesitan computadores con mayor potencia y un mayor tiempo de ejecución, así como datos de entrada no siempre disponibles para alimentar a estos modelos. Es por ello, que los modelos gaussianos aunque con una exactitud más limitada debido a los problemas inherentes al tratar de simplificar los factores complejos e interrelacionados que afectan al transporte y dispersión de los contaminantes en el aire, sean los más utilizados por sus menores requerimientos informáticos (manejables, intuitivos y fáciles de programar) y por su rápida resolución.

- Modelo gaussiano de dispersión

El modelo Gaussiano asume que el material proveniente de una fuente, continuamente es transportado en dirección del vector de velocidad de viento, estando las concentraciones más altas en el centro de la pluma y las más bajas en los extremos. Se han desarrollado diferentes tipos de modelos gaussianos, desde los más simples en los que se simula con las condiciones más pesimistas, hasta modelos bastante sofisticados. Dentro de estos modelos más detallados, destacan modelos como ISC3, AERMOD, ADMS3 y otros que representan una considerable mejora de los tradicionales modelos gaussianos empleados en la determinación predictiva de la calidad del aire. Los modelos gaussianos más desarrollados como el ISC3 permiten estimaciones bastante aproximadas, siendo considerado por la EPA de uso reglamentario en los estudios de impacto ambiental. En Holanda, país en Europa que más esfuerzo ha realizado en legislar la problemática de los olores, se llevaron a cabo estudios de población para establecer los valores de concentración que resultan molestos (estudios de dosis-efecto) según el tipo de actividad emisora. Según la información de que disponemos, para establecer los niveles de concentración de olor en inmisión para los cuales las emisiones de una determinada actividad resulta molesta se utilizó un modelo de dispersión gaussiano denominado PLUME PLUS. Se validó, para diversos escenarios, el modelo ISC3 frente al modelo PLUME PLUS obteniendo valores comparables entre ambos. De igual forma, Applus Labaqua ha contrastado el modelo ISC3 con el modelo ADMS3, obteniendo resultados comparables.

- Datos de entrada al modelo de dispersión

Un fichero de entrada básico al modelo de dispersión se compone de los siguientes bloques:

- Opciones de control de la dispersión,
- Información del foco emisor,
- Información de los receptores,
- Información meteorológica,
- Información del terreno,
- Estructura de los ficheros de salida.

- Datos de control

Es importante definir las opciones de dispersión: el tipo de terreno de la zona de estudio (simple o elevado), la rugosidad de la superficie (rural o urbano), los valores de salida (concentración o deposición), y, la especificación de uno o varios promedios (anual, mensual, etc.).

- Datos de las fuentes emisoras

Es necesario que el modelo tenga la capacidad de definir el tipo de fuente emisora (puntual, área o volumen) así como las características de cada fuente: la altura de emisión, la velocidad y diámetro de salida en fuentes puntuales, las dimensiones en fuentes superficiales, y coordenadas x,y de cada fuente, etc. Asimismo, el modelo de dispersión debe tener la capacidad de modelizar simultáneamente varios focos.

- Datos de los receptores

Definición de una red de receptores utilizando un sistema cartesiano o un sistema de coordenadas polares. En el caso de terreno elevado se introducen las alturas de los receptores. También es útil que el modelo tenga la opción de definir receptores discretos con la finalidad de determinar los niveles de inmisión de olores en receptores sensibles.

- Datos meteorológicos

En este módulo se introducen los datos meteorológicos de la zona objeto de estudio. Es necesario introducir un mínimo de un año completo de registros de datos meteorológicos. Los datos mínimos que debe considerar el modelo de dispersión son: datos horarios de direcciones y velocidades del viento, temperatura, altura de la capa de mezcla y estabildades atmosféricas (en caso de no disponer de las estabildades, se pueden calcular a través de otros datos).

- Datos del terreno

Para zonas de orografía compleja, el modelo debe incluir la opción de alimentarle con un fichero que contenga una malla de terreno de la zona de estudio. La presencia de colinas y valles en las cercanías de una chimenea puede afectar a la dispersión de contaminantes, resultando concentraciones al nivel del suelo más altas que las que se obtendrían con terreno llano.

- Opciones de salida

Los ficheros de salida principales que debe disponer el modelo de dispersión de olores deben ser:

- Fichero de datos de concentración de olor percentil 98.
- Fichero de datos de concentración de olor medios.

En los ficheros de salida se presenta un registro de las concentraciones de inmisión para cada punto receptor y los resultados se pueden representar mediante las líneas de isoconcentración, formadas por puntos de igual concentración, sobre un mapa de la zona objeto de estudio, para identificar las zonas habitadas afectadas por olores.

## ■ Fase V. Conclusiones y determinación de medidas correctoras

Las conclusiones del estudio pueden estar enfocadas en dos direcciones:

- Evaluación del impacto de las instalaciones e identificación de las zonas afectadas.
- Determinación de medidas correctoras, en el caso de que existan áreas habitadas dentro de las isodoras estudiadas.

La determinación de las medidas correctoras necesarias se realiza a partir de la estimación de las reducciones alcanzables sobre la emisión de olor, mediante técnicas de minimización, en proceso o fin de línea. Teniendo en cuenta estas reducciones, se puede simular el comportamiento de las medidas correctoras sobre la inmisión, determinando las curvas isodoras resultantes. De este modo, se puede observar el efecto de la aplicación de una medida concreta sobre la reducción en el entorno. Como resultado se obtiene la definición de la/s medida/s correctora/s necesarias para eliminar las molestias de olor generadas en el entorno.

En el anexo IV se incluye un resumen de la tecnología de desodorización existente. En este anexo se muestran las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

### • **Ventajas de los estudios de impacto ambiental por olores basados en la norma UNE-EN 13.725**

- Permiten distinguir qué fuentes son las realmente causantes de la mayor parte de los olores producidos. Permite en definitiva rentabilizar las inversiones.
- Se puede prever cuáles serán los futuros escenarios de las inmisiones cuando se implante una determinada medida para la eliminación de olores.
- El conocimiento de la magnitud de las emisiones producidas por una o varias fuentes permitirá elegir y dimensionar adecuadamente el sistema de tratamiento de olores que debe aplicarse en cada situación.
- Se puede medir, de una manera objetiva, el rendimiento de los distintos sistemas de eliminación de olores existentes en la instalación.
- Realización de estudios de impacto de instalaciones en funcionamiento e instalaciones en fase de proyecto.

### • **Inconvenientes de los estudios de impacto ambiental por olores basados en la norma UNE-EN 13.725**

- En instalaciones en donde predominan las emisiones fugitivas este planteamiento se complica.
- Los mapas de inmisión se obtienen mediante estimaciones con modelos de dispersión. Estas estimaciones empeoran si no existen estaciones meteorológicas cercanas a la instalación objeto de estudio u orografías complejas, etc.

## 2.2. REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR OLORES EN INMISIÓN MEDIANTE LA NORMA VDI 3.940

La norma alemana VDI 3.940 establece la metodología para la realización de estudios de impacto ambiental por olores en inmisión. Concretamente esta norma establece dos posibilidades para poder realizar este tipo de estudios, el método de la pluma (Plume Measurement) y el método de la Malla (Grid Measurement).

### 2.2.1. Método de la Pluma (Plume Measurement)

A continuación se describe la realización de este tipo de estudios.

- **Preparación del equipo de trabajo.** El panel de olores estará compuesto por 5 panelistas cualificados mediante n-butanol. Cada componente del panel lleva consigo un formulario para anotar las percepciones de olores en campo y un mapa de la zona objeto de estudio. En primer lugar, el panel de olores se debe familiarizar con el olor típico emitido por la instalación objeto de estudio, para lo cual se accederá a las inmediaciones de la planta.



Fotografía 2.2.1.1. Equipo de panel de olores de campo

- **Medición de datos meteorológicos.** La metodología de trabajo del panel de olores en campo comienza con la medición de las variables meteorológicas más relevantes (dirección y velocidad del viento, temperatura y octavas de nubosidad), lo cual permite determinar la idoneidad de las mismas, así como el área de percepción, que será siempre a sotavento de la fuente de olor, de acuerdo con la dirección de viento medida. Para la medición de las variables meteorológicas y el área de percepción se utilizan los siguientes instrumentos de medida:

Fotog. 2.2.1.2. GPS.



Fotog. 2.2.1.3. Anemómetro.



Fotog. 2.2.1.4. Veleta.



Fotog. 2.2.1.5. Brújula.



- **Medición de la percepción de olores.** Siguiendo la metodología de la norma VDI 3.940 (apartado 5.2 "Plume measurements"), el panel de olores realiza diferentes pruebas de percepción, desplazándose desde una distancia de inicio en la que no se perciba olor alguno (a sotavento de la planta), hacia la fuente de olor. En cada punto

de medición el panelista se moverá en una sección lineal equipado con el mapa de la zona, los formularios de las mediciones de campo (ver figura 1) y un "timer". La duración de la medición en cada punto es de 10 minutos. Cada 10 segundos los panelistas testan el aire y registran en el formulario de campo su observación de acuerdo a un criterio según la intensidad del olor. En la figura 2 se adjunta un ejemplo de un mapa de localización de los puntos de percepción de una medición.

Figura 2.2.1.1. Formulario para las percepciones de olores en campo con panelistas.

**Formulario para las percepciones de olores en campo con panelistas**

Nombre del panelista: \_\_\_\_\_

Código del panelista: \_\_\_\_\_

Punto de percepción/fuente de olor: \_\_\_\_\_

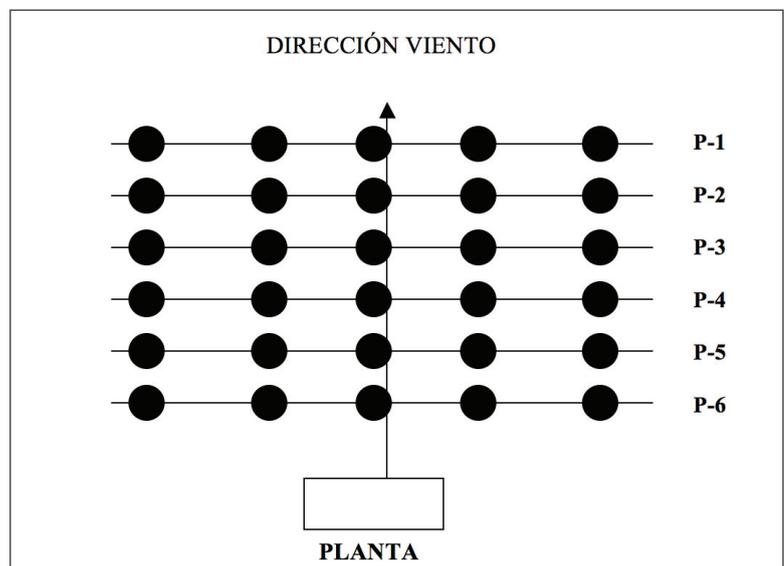
Fecha y hora: \_\_\_\_\_

Medición	Percepción1	Otros olores
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Nota 1: 0 no se detecta olor.  
 1 se detecta ligero olor pero sin certeza  
 2 se detecta olor, con certeza  
 3 se detecta fuerte olor

Figura 2.2.1.2. Ejemplo del plano de los puntos de una medición de percepción de olores mediante el método del "Plume Measurement".

La finalidad es determinar, de acuerdo a la norma VDI 3.940, la denominada distancia de percepción del foco de olor, definiéndose como la distancia a la fuente a la cual el 50 % de los panelistas detectan olor (1 unidad de olor en percepción/m<sup>3</sup>).





- Tratamiento de los datos de campo obtenidos

Se debe determinar la perceptibilidad de olor (distancia de percepción) en campo de la instalación objeto de estudio, calculando el porcentaje de respuestas positivas para cada panelista, en cada punto de percepción medido, teniendo en cuenta una escala de calificación, mencionada, tal y como sigue:

- 0: una respuesta negativa (-)
- 1: una respuesta negativa (-) y una respuesta positiva (+)
- 2: una respuesta positiva (+)
- 3: dos respuestas positivas (2+)

Porcentaje de respuestas positivas (%) = (P/P+N) x 100

Siendo:

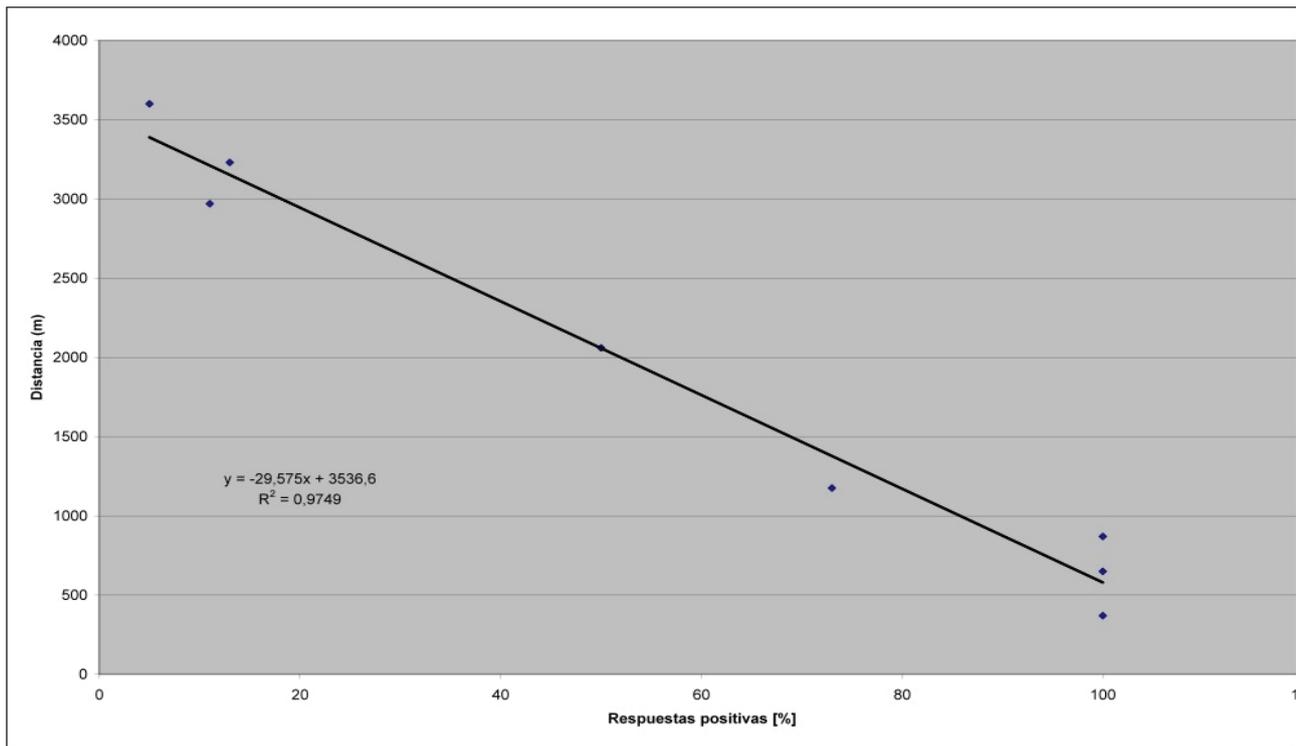
- P: número de respuestas positivas
- N: número de respuestas negativas

Figura 2.2.1.3. Ejemplo del registro de datos de campo de cada panelista

Fecha: 09-08-06 Hora: 11:50- 15:20 Tabla 1: Resultados de mediciones							1: Se detecta ligero olor 2: Se detecta olor, con certeza 3: Se detecta fuerte olor					Observaciones				
Localización	Coord. UTM	Altitud (m)	Hora	Velocidad del viento (m/s)	Dirección del viento (°)	Pasquill [1-8]	PAN 1	PAN 2	PAN 3	PAN 4	PAN 5)					
PTO. 1	X: 0541497 Y: 4796438	50	11:45	< 2	40	8	0	10	0	10	0	10	0	10	0	10
							1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
							2	0	2	0	2	0	2	0	2	0
							3	0	3	0	3	0	3	0	3	0
PTO. 2	X: 0542273 Y: 4797203	94	12:10	2,5	40	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							1	0	1	4	1	3	1	0	1	0
							2	5	2	6	2	6	2	7	2	7
							3	5	3	0	3	1	3	3	3	
PTO. 3	X: 0543030 Y: 4797966	168	12:36	2,4	40	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							1	3	1	5	1	2	1	5	1	5
							2	5	2	5	2	5	2	3	2	3
							3	2	3	0	3	3	3	2	3	
PTO. 4	X: 0543871 Y: 4798597	106	13:21	3	40	4	0	1	0	8	0	0	0	1	0	0
							1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
							2	4	2	2	2	1	2	1	2	1
							3	3	3	0	3	2	3	6	3	5
PTO. 5	X: 0543871 Y: 4798597	106	13:35	5	20	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							1	1	1	5	1	3	1	0	1	2
							2	2	2	2	2	5	2	2	2	2
							3	3	3	2	3	1	3	2	3	3
PTO. 6	X: 0544656 Y: 4799622	100	13:55	10,5	30-50	4	0	6	0	6	0	3	0	2	0	0
							1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
							2	3	2	2	2	2	2	0	2	3
							3	1	3	2	3	3	3	5	3	2
PTO. 7	X: 0543664 Y: 4797803	179	16:15	12	50	4	0	4	0		0	0	0	1	0	2
							1	2	1		1	3	1	1	1	4
							2	2	2		2	3	2	2	2	4
							3	2	3		3	4	3	2	3	0

A continuación se representa gráficamente el porcentaje de respuestas positivas frente a la distancia de cada punto de percepción a la fuente de olor, y se ajusta a una regresión lineal, determinando gráficamente la distancia de percepción.

Figura 2.2.1.4. Representación gráfica del porcentaje de respuestas positivas frente a la distancia.



- Cálculo de los niveles de emisión e inmisión

**Modelo de dispersión "Short Term".** Se calcula la emisión de olor de la instalación mediante la modelización de la dispersión de corto plazo ("short term dispersion"). Para determinar la emisión de olor, hay que tener en cuenta el resultado de la distancia de percepción calculada y las condiciones meteorológicas locales y puntuales de cada día durante las percepciones llevadas a cabo. También se deben tener en cuenta las características de los focos emisores.

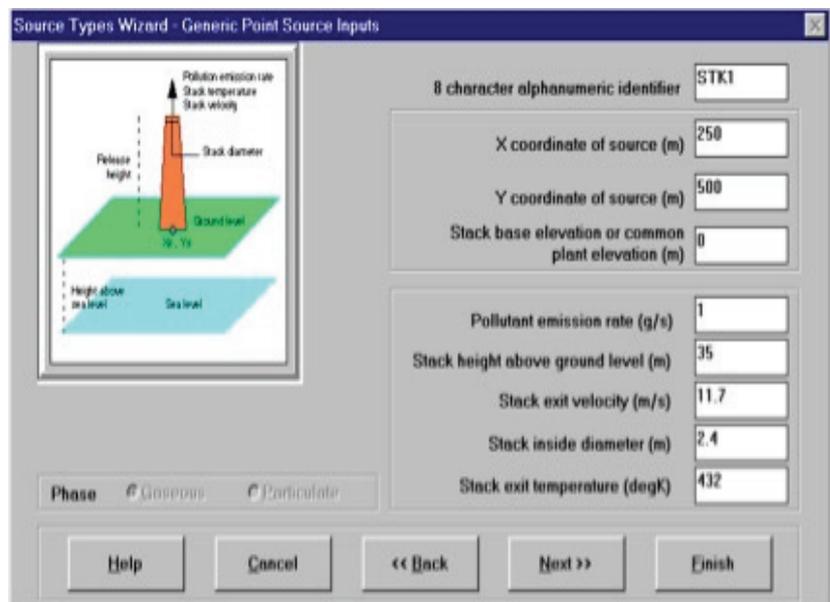
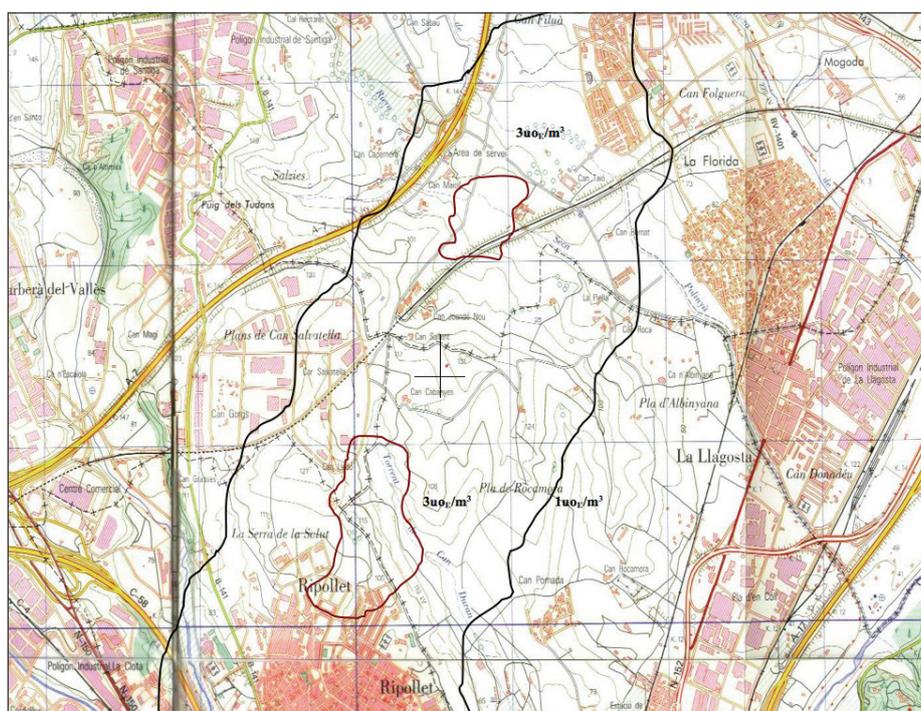


Figura 2.2.1.5. Ejecución del modelo de dispersión "Short Term".

**Modelo de dispersión "Long Term".** Se determina la inmisión de olor en los alrededores mediante modelización de dispersión de largo plazo ("long term dispersion"). Teniendo en cuenta los resultados de emisión estimados con el modelo de dispersión de corto plazo, las condiciones meteorológicas representativas de la zona objeto de estudio (matriz de estabildades anual de los últimos 3 años del observatorio meteorológico más cercano) y las condiciones de los focos emisores (altura de elevación sobre el terreno, área de emisión, etc.) se modeliza la dispersión atmosférica de olores determinándose la concentración en inmisión de olor en el entorno de la zona objeto de estudio, y los resultados se representan mediante las líneas isodoras de concentración formadas por puntos de igual concentración de olor, para los percentiles establecidos en los niveles de referencia.

Figura 2.2.1.6. Nivel de inmisión en el entorno de una EDAR.



## 2.2.2. Método de la Malla (Grid Measurement)

El método de la malla de mediciones consiste básicamente en realizar un número de percepciones olfativas programadas "mediciones individuales" a lo largo del tiempo mediante panelistas calibrados en un número de puntos de medición definido a priori sobre una malla de puntos en la zona objeto de estudio.

- **Definición de la malla de percepciones**

Según la norma VDI-3.940, la malla de mediciones debe ajustarse a la zona de estudio. No obstante, se podría determinar que en la mayoría de los estudios se construye una malla de mediciones de 4.000 x 4.000 m. Este tipo de malla se suele componer de 141 puntos de medición. De los puntos de medición establecidos, 100 están separados uniformemente (figura 2.2.2.1) y los restantes 20 se definen después de la fase inicial del estudio, de las actividades en la zona y de un estudio de los receptores más sensibles. Normalmente estos 20 puntos adicionales se con-

centran en orden de prioridad en zonas urbanas y segundo lugar junto a las actividades de mayor incidencia por contaminación ambiental por olores (figura 2.2.2.2). Durante la realización de las mediciones de olor, es frecuente que se realicen modificaciones de la malla propuesta inicialmente debido a la topografía de la zona, puntos de difícil acceso, o apantallamientos por edificios u otros obstáculos. En este sentido, de acuerdo con la VDI-3940, el punto de medida no debe diferir en más de un 25% de distancia sobre su situación de la malla teórica inicial.

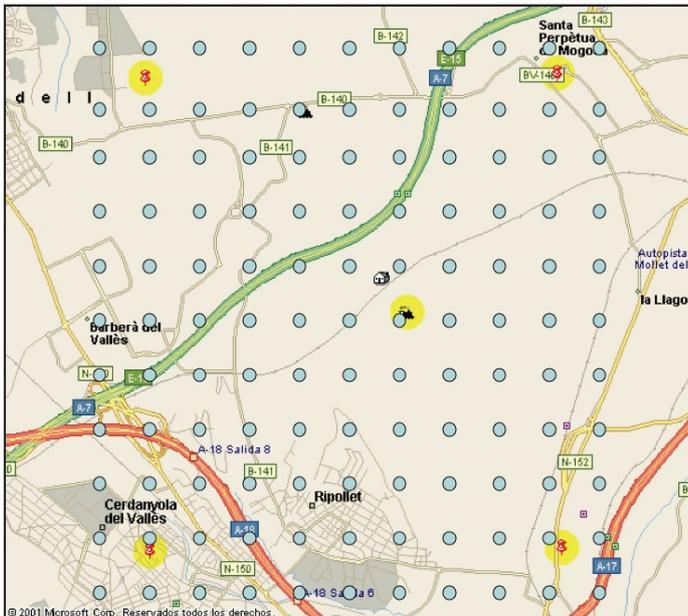


Figura 2.2.2.1. Malla cartesiana de percepciones en campo (100 puntos) propuesta inicialmente.

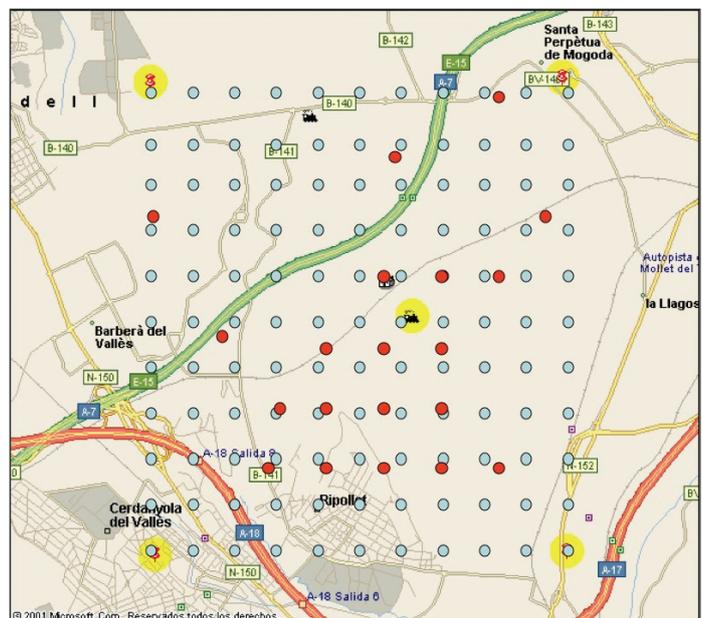


Figura 2.2.2.2. Malla cartesiana de percepciones en campo incluyendo todos los puntos de medición.

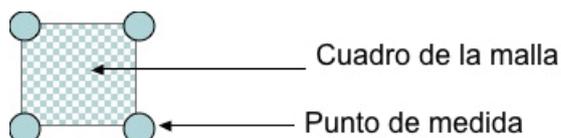
• **Realización de las mediciones de campo**

La norma VDI 3940 define como **punto de medida** (measurement point o grid point) cada uno de los puntos definidos en la malla de percepciones. Se define **cuadro de la malla** (Grid square) cada uno de los cuadros delimitado por los puntos de medida de sus vértices.

La norma VDI 3.940 establece un periodo de realización de este tipo de estudios que puede variar entre 6 meses

y un año. Se establece que cada cuadro de malla sea medido durante 104 días a lo largo de un año. También establece que para un mismo punto de medida deben realizarse mediciones en distintos tipos de situaciones. Es decir, para un mismo punto se deben realizar mediciones en distintas horas del día (de día como de noche), distintos días de la semana (laboral o festivo), así como en distinto mes.

En la norma se define “**medida individual**”, como la medida del olor de inmisión en cada punto de medida. La



norma establece un mínimo de 10 minutos de medición. Por ejemplo, en el caso de que se realice la medición durante 15 minutos, el panelista desplazado realizará mediciones cada 15 segundos hasta completar un total de 60 mediciones. A partir de estos resultados, se calcula la “**frecuencia de olor**”, que se define como el número total de respuestas positivas divididas por el número total de muestras. Cada panelista rellena una hoja de campo con la siguiente información:

Figura 2.2.2.3. Formulario de medición a rellenar por cada panelista en un punto de medición.

<b>Proyecto:</b>					<b>Fecha:</b>									
<b>Punto de medida:</b>														
<b>Asesor:</b>														
<b>Muestra:</b> 128														
<b>Inicio medición:</b> 23:45 h <b>Final medición:</b> 24:00 h														
<b>Dirección del viento:</b> NNE					<b>Velocidad del viento:</b> 2 m/s									
<b>Octavos de nubosidad:</b> 6														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0/-	0/-	0/-	0/-	1/-	0/-	4/A	4/A	5/A	5/A	4/A	4/C	2/C	0/C	0/AyC
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0/C	0/C	0/C	3/C	4/C	2/-	4/AyC	3/A	4/A	4/A	3/A	4/A	0/-	0/-	0/-
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
4/A	3/A	0/A	0/-	4/A	4/A	5/A	5/A	4/A	4/A	3/A	4/AyC	0/-	0/-	4/A
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
4/A	0/-	0/-	0/-	2/-	4/A	4/	5/A	4/A	4/A	2/-	4/A	3/A	0/-	0/-
<b>Rango de intensidad de olor:</b>					<b>Descriptor:</b>									
sin olor					A Basura fresca									
muy débil					B Biofiltro									
débil					C Compost terminado									
reconocible					D Purines									
fuerte					E Lípidos Santiga									
muy fuerte					F Otros, definir.									
extremadamente fuerte														

• **Cálculo de resultados**

**Olor ambiente característico (“Ambient Odour Characteristic”).** Para cada punto de medida, se calcula el porcentaje de medidas individuales positivas (el criterio de resultados positivos se define a priori, pudiendo de esta manera obtener resultados expresado como 1 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> 0 3 UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>) de la siguiente manera:

$$H_m = (A_m/W_m) \times 100 \text{ (en \%)}$$

Donde

- H<sub>m</sub> = Proporción de medidas individuales positivas
- A<sub>m</sub> = Número de medidas individuales positivas
- W<sub>m</sub> = Número de medidas individuales por punto de medida.

La proporción de medidas individuales positivas en un determinado punto m es por definición el olor ambiente característico K<sub>p</sub> en ese punto : H<sub>m</sub>=K<sub>p</sub> .

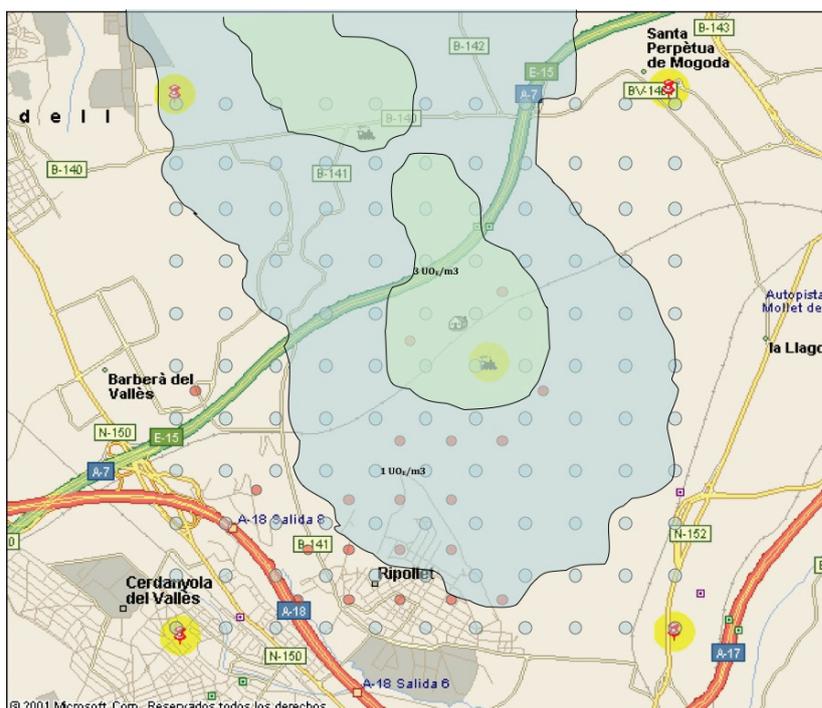
El olor ambiente característico de cada cuadro de la malla K<sub>A</sub> se calcula mediante la media aritmética de los valores de K<sub>p</sub> de los vértices (puntos de medida) del cuadro correspondiente:

$$K_A = (K_{p1} + K_{p2} + K_{p3} + K_{p4})/4$$

NOTA= Para cuadros de malla con 5 puntos de medida se sumará K<sub>p5</sub> y se dividirá entre 5.

**Obtención de mapas de isoconcentración.** A partir de los resultados descritos en el punto anterior se dispondrá de valores de concentración de olor en UO<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> para cada uno de los cuadros de la malla. Estos resultados se representan en mapas denominados genéricamente “mapas de isoconcentración”. Estos mapas se obtienen mediante aplicaciones informáticas como Arc-view Gis 3.2a. En este tipo de programas se muestra mediante una escala de colores los diferentes niveles de concentración en los puntos de medida. El programa realiza además una interpolación de resultados, obteniéndose los niveles de concentración esperados en aquellas zonas donde no hay medidas puntuales de concentración. Finalmente se superpone el mapa de isoconcentración con un mapa geográfico básico de la zona de estudio (figura 2.2.2.4.).

Figura 2.2.2.4. Ejemplo del mapa de resultados de interpolación obtenido mediante el estudio de panel de campo mediante “Grid measurement”.



### ■ Ventajas de los estudios de impacto ambiental por olores basados en la norma VDI 3.940

- Permiten “medir” todas las emisiones de la instalación objeto de estudio (p.e., emisiones fugitivas difíciles de medir en emisión)
- Las mediciones se llevan a cabo directamente en inmisión y los resultados no proceden de estimaciones mediante modelos (sólo en el método del Grid measurement)

### ■ Inconvenientes de los estudios de impacto ambiental por olores basados en la norma VDI 3.940

- No permiten distinguir cuál o cuáles son los principales focos responsables del problema y por tanto no permiten un diagnóstico suficiente para plantear medidas correctoras.
- El método del Grid Measurement requiere mediciones en largos periodos de tiempo (1 año generalmente).
- El método del penacho es complicado cuando existen varias instalaciones emisoras de olor en el mismo emplazamiento, orografía compleja o cuando la dirección del viento es variable.

## 2.3. TÉCNICAS ANALÍTICAS COMPLEMENTARIAS APLICADAS EN LA REALIZACIÓN DE ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL POR OLORES

En este apartado se hace una revisión de las técnicas analíticas comúnmente utilizadas que complementan los resultados obtenidos de concentración y emisión de olor. Fundamentalmente, todas las técnicas descritas se basan en la especiación química de los compuestos orgánicos volátiles (COVs).

En determinadas situaciones, la especiación química de las emisiones producidas en un foco de emisión de olor, puede ser una herramienta útil que puede aportar información adicional a los análisis realizados de concentración de olor. Un claro ejemplo de este tipo de situaciones se da cuando se trata de diseñar un sistema de desodorización basado en un lavado químico de gases. La especiación química de los gases a tratar, debe de indicar aquellos compuestos químicos que están contribuyendo de una mayor forma al potencial oloroso del gas emitido. De esta forma, deberán emplearse en el lavado, aquellas sustancias que absorban los compuestos químicos encontrados. Atendiendo al tipo de toma de muestra, podemos establecer la siguiente clasificación:

### 2.3.1. Muestreo activo

Este tipo de muestreo consiste en captar un determinado volumen de gas mediante la presión o el vacío que genera un sistema de bombeo. A su vez, el muestreo activo se subdivide en dos tipos de toma de muestra,

- **Toma de muestra íntegra.** En este tipo de muestreo con la ayuda de un envase se introduce una porción de los gases a muestrear en su interior. El envase puede ser una bolsa de muestreo confeccionada con un material inerte (tedlar, nalophan, teflón, etc) o un cánister. Un cánister es una botella de acero inoxidable de diferentes capacidades volumétricas, cuyo interior está recubierto de teflón o electropulido. El gas es introducido en su interior ejerciendo presión o vacío.
- **Captación en trampas.** Este método de toma de muestra consiste en concentrar un determinado volumen de muestra en una matriz sólida o líquida.

- **Tubos de adsorción.** Estos tubos están rellenos de una matriz sólida. Debido a fenómenos de adsorción la matriz capta los compuestos químicos presentes en el gas. Existen distintos tipos de matriz en función de la polaridad de los compuestos objeto de estudio (carbón activo, tenax, silicagel, etc).
- **Tubos reactivos colorimétricos.** Son tubos de vidrio que contienen distintas capas de relleno de compuestos químicos que reaccionan cuantitativamente ante distintos compuestos. El análisis se basa en hacer pasar mediante una bomba de vacío un determinado volumen de muestra. Este paso del gas a través del tubo produce una reacción específica que produce un cambio de color perceptible al ojo humano.
- **Borboteo en soluciones captadoras.** Este método consiste en hacer burbujear un volumen de gas en una solución líquida captadora. Los compuestos químicos presentes en la muestra gaseosa y en la solución captadora reaccionan entre sí formando nuevas especies químicas. Posteriormente en el laboratorio, se cuantifican los nuevos compuestos generados y mediante cálculos se obtiene la concentración de los compuestos químicos objeto de estudio.

Figura 2.3.1.1. Muestreo activo, bolsa de muestreo y cánister.



Figura 2.3.1.2. Tubos colorimétricos reactivos.



Figura 2.3.1.3. Tubos de adsorción y bomba personal de muestreo.

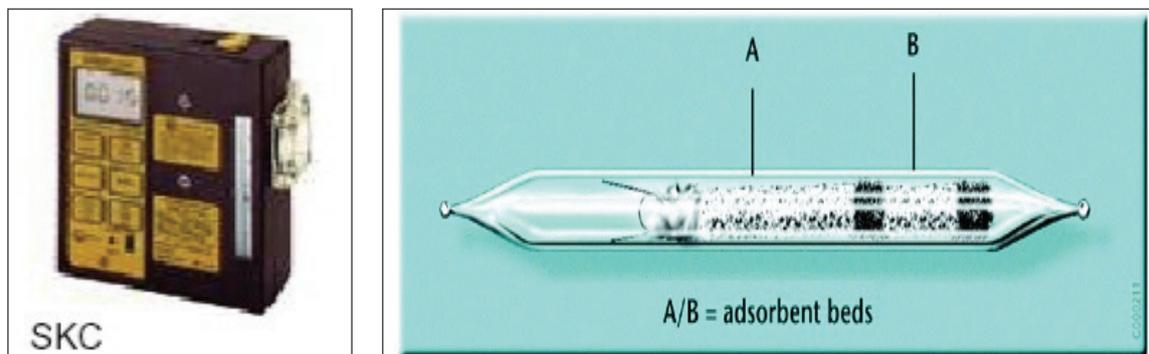


Figura 2.3.1.4. Sistema de captación mediante solución captadora (borboteador o impinger).



### 2.3.2. Muestreo pasivo

El procedimiento pasivo de captación de muestras tiene su fundamento en los fenómenos de difusión y permeación, por los cuales las moléculas de un gas, que están en constante movimiento, son capaces de penetrar y difundirse espontáneamente a través de la masa de otro gas hasta repartirse uniformemente en su seno, así como de atravesar una membrana sólida que le presente una determinada capacidad de permeación.

Considerando las leyes físicas de la difusión se llega a la expresión:

$$C = \frac{M \cdot L}{D \cdot A \cdot t}$$

siendo:

C = Concentración ambiental media del contaminante

M = Masa de contaminante captada

t = Tiempo de captación

A = Sección frontal del dispositivo de captación

L = Longitud del espacio interno de difusión

D = Coeficiente de difusión del contaminante

que relaciona la concentración ambiental del contaminante con los parámetros reseñados y constituye la base para, la utilización analítica de los dispositivos de captación de muestras por difusión.

Los parámetros de diseño físico A y L del captador y el coeficiente de difusión D del contaminante pueden englobarse en una constante Q, siendo:

$$Q = \frac{D \cdot A}{L}$$

que tiene las dimensiones de un caudal (volumen/tiempo), por lo que se denomina caudal equivalente de muestreo. De este modo resulta una expresión más sencilla para la concentración ambiental del contaminante captado:

$$C = \frac{M}{Q \cdot t}$$

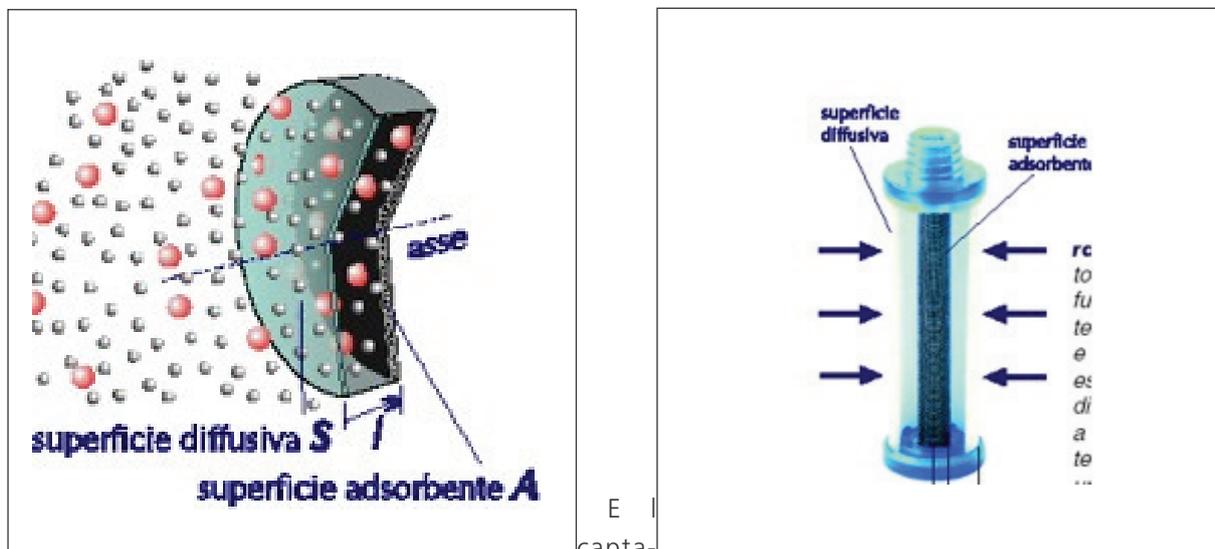
Los valores de Q deben ser determinados para cada analito y modelo de captador y suele facilitarlos el fabricante del dispositivo de muestreo.

También es posible integrar los parámetros L y A en una constante K, tal que  $K = L/A$ , y que será característica de cada modelo de captador, con lo que la concentración ambiental del contaminante responderá a la expresión:

$$C = \frac{M \cdot K}{D \cdot t}$$

Algunos fabricantes de captadores pasivos facilitan el valor de esta constante K, con lo que el empleo de sus dispositivos sólo precisa el complemento del conocimiento de los coeficientes de difusión de los diversos contaminantes. En cualquiera de las expresiones indicadas para la concentración ambiental del contaminante, el valor de M corresponde a la masa del contaminante realmente captada, por lo cual el valor analítico encontrado deberá corregirse siempre que el coeficiente de recuperación analítico sea inferior a la unidad. La determinación de estos coeficientes se puede realizar mediante procedimientos semejantes a los empleados con el mismo fin en los captadores activos y sus valores suelen facilitarlos también los fabricantes de los dispositivos pasivos.

Figura 2.3.2.1. Fenómeno de difusión en la captación pasiva



dor pasivo se compone de un cuerpo difusor micro-poroso de forma cilíndrica que contiene un cartucho absorbente, pesa cerca de 10 gramos y es de uso extremadamente sencillo: basta con exponerlo y registrar los datos de inicio y final de la exposición. Los captadores pasivos empleados para el control de calidad del aire se basan en la norma UNE-EN 13528-1 y 2 denominada "Calidad del aire ambiente: Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores".



Fotogr. 2.3.2.1. Soporte plástico para difusor y cuerpo difusor.

### 2.3.3. Utilización de sensores electroquímicos para la determinación de Compuestos Orgánicos Volátiles (nariz electrónica)

Una nariz electrónica está principalmente constituida de una serie de sensores que reaccionan al contacto con las moléculas volátiles. Además, estos sensores están asociados a una interfaz electrónica que convierte la señal en un valor numérico. Los principales sensores químicos utilizados en este tipo de sistema son: sensores a base de óxido metálico semi-conductor, sensores de polímeros conductores, sensores de cuarzo piezoeléctrico, etc. (Ver fig 2.3.3.1.).

Las narices electrónicas se usan ya en un número cada vez más importante de industrias para el control de calidad y el desarrollo de algunos productos. Este es el caso de las industrias alimentarias, vinícolas, etc.

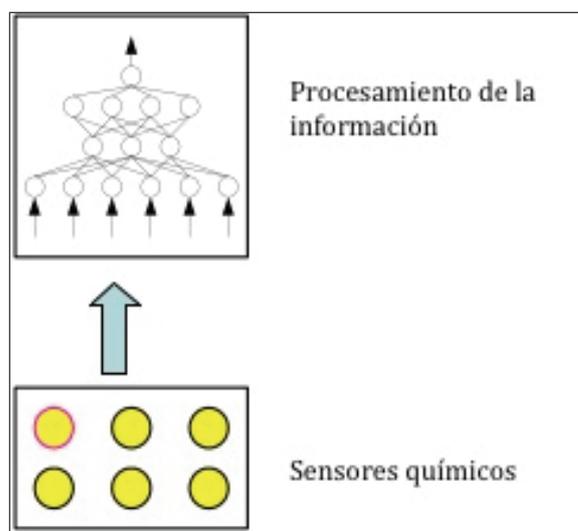


Figura 2.3.3.1. Esquema de funcionamiento de una nariz electrónica.

#### ■ Ventajas de la especiación química en estudios de impacto ambiental por olores

- Permite obtener una información detallada de la composición, pudiendo en ocasiones servir (en los estudios de inmisión) de huella dactilar que identifique a la actividad responsable de las molestias.
- El conocimiento de la composición química de los gases permite una mejor decisión del sistema de desodorización más adecuado.

#### ■ Inconvenientes de la especiación química en estudios de impacto ambiental por olores

- La composición cualitativa y cuantitativa de mezclas complejas es difícil de conocer por las técnicas habituales. (Compuestos polares: ácidos orgánicos volátiles, aldehídos, etc.).
- La composición química de la mezcla no permite conocer la percepción sensorial de la misma y por tanto no da respuesta a la pregunta: ¿Cuánto huele esta muestra?

### 3. Contenido mínimo a contemplar en estudios de impacto ambiental y memorias ambientales de actividades potencialmente generadoras de contaminación ambiental por olores en la Región de Murcia

En este apartado se describe el contenido mínimo de información que debe recogerse en las memorias ambientales así como en los estudios de impacto ambiental por contaminación por olores.

#### 3.1. CONTENIDO MÍNIMO EN MATERIA DE OLORES A CONTEMPLAR EN LA MEMORIA AMBIENTAL

Los memorias ambientales deben describir todos los aspectos que están implicados en la problemática de la contaminación por olores. La memoria ambiental es una herramienta imprescindible, que debe proporcionar toda la información necesaria para determinar cuál es el riesgo potencial de generación de contaminación por olores. En la memoria ambiental debe constar toda la información relativa a la existencia de posibles focos de contaminación por olores, así como los sistemas de desodorización establecidos para las fuentes de olor descritas. La memoria ambiental también contempla la inclusión de información como el tipo de entorno de la instalación o aspectos generales del proceso. Con toda esta información, una empresa consultora deberá de valorar la necesidad de realizar estudios específicos con objeto de determinar el grado de molestia causado por contaminación ambiental por olores en el entorno de la instalación.

##### 3.1.1. Descripción del contenido

- **Descripción de la actividad.** En este apartado se deben describir todos los procesos/actividades relacionados con la posible generación de fuentes emisoras de olor. Se deberán detallar los procesos que pueden verse implicados, describiendo las características de éstos, tales como la temporalidad del proceso (horas actividad/año), y la regularidad de la misma (existencia de picos o valles). Se adjuntará un diagrama de procesos de fabricación y un plano a escala de la planta (1:1.000).
- **Fuentes emisoras de gases.** En este apartado se describe la existencia y características de posibles fuentes emisoras de contaminación de olor. Se deberá adjuntar un plano de la instalación indicando la ubicación exacta de las fuentes emisoras, clasificándose con arreglo a la siguiente descripción:
  - **Fuente puntual.** Fuente estacionaria discreta de emisión de gases residuales a la atmósfera a través de conductos canalizados (chimenea) de dimensión definida y caudal de gas (p/e chimeneas, venteos, etc). Se deberán de describir las siguientes características del foco; Área de la sección del conducto en coronación, altura de emisión, temperatura de los gases emitidos, caudal de emisión, y velocidad de salida de los gases.
  - **Fuente difusa.** Fuente con una dimensión definida (mayoritariamente fuentes superficiales) que no tienen un flujo de gas residual definido, tales como vertederos de residuos, lagunas, extensiones de estiércol, etc). Se deberán describir las siguientes características del foco; Superficie de la fuente, tipo de producto expuesto a la atmósfera.

- **Fuente fugitiva.** Fuente esquivada o de difícil identificación que libera cantidades indefinidas de sustancias olorosas, tales como aberturas de ventilación pasiva en edificios (puertas, ventanas, etc), fugas de válvulas y juntas, etc. Las emisiones producidas por aberturas en edificios (también denominadas fuentes de volumen) se producen cuando no existe una ventilación forzada que extrae los gases de su interior y los emite (ya que se trataría entonces de fuentes puntuales) sino que las emisiones se producen por puertas, ventanas u otras aberturas en el edificio. Puede darse el caso de la existencia de extracciones de gases focalizadas en el interior de un edificio y aberturas de ventilación pasiva. Si el caudal de aire extraído no es el suficiente como para generar una depresión en todo el edificio que evite la salida de olores al exterior por las aberturas, se deberán contemplar los dos tipos de foco.
- Emisiones por purgas, fugas de válvulas, motores, etc. Este tipo de fuentes de emisión no suelen considerarse en el plan de muestreo ya que para el cálculo de sus emisiones deben emplearse otro tipo de estrategias como los estudios mediante panel de campo.

Se incluirá una descripción técnica de todos los aparatos de medición instalados para el control de los procesos.

- **Receptores sensibles.** La causa de molestias a la población por contaminación ambiental por olores, va íntimamente relacionada con la proximidad de las instalaciones objeto de estudio a las zonas residenciales. En este apartado se debe describir el entorno de la instalación, indicando la proximidad a zonas residenciales o complejos singulares (hospitales, colegios, etc).
- **Existencia de sistemas de desodorización.** En el caso de que las instalaciones cuenten con sistemas de desodorización, tales como lavadores químicos de gases, biofiltros, oxidadores térmicos, condensadores, etc, se deberán especificar en este apartado. También se deberá especificar las condiciones de uso y características del sistema.
- **Valoración del impacto ambiental por contaminación por olores.** En este apartado, y a modo de conclusión, una empresa consultora deberá valorar el nivel de riesgo existente del impacto por contaminación por olores. Si se estima oportuno, y con objeto de valorar con mayor exactitud la posible generación de contaminación por olores, se podrá realizar un estudio utilizando factores teóricos de emisión de olor o establecer la realización de un estudio de impacto ambiental por olores.

### 3.2. CONTENIDO MÍNIMO EN MATERIA DE OLORES A CONTEMPLAR EN LOS ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL POR CONTAMINACIÓN POR OLORES

Los estudios de impacto ambiental por olores, deben recoger todos los aspectos que están implicados en la problemática objeto de estudio. En líneas generales, y como en cualquier estudio de impacto ambiental, se deben de describir los siguientes apartados:

- **Introducción y antecedentes.** Descripción de los motivos de la realización del estudio, así como la exposición de los antecedentes que se deban tener en cuenta para el establecimiento de los objetivos del estudio.
- **Objetivos.** Se deben de fijar los objetivos del estudio, así como la descripción de las actividades que van a permitir la realización de éstos.

- **Diseño del plan de muestreo.** En base a los objetivos establecidos, se deberá de diseñar un plan de muestreo que de respuesta a estos. Se deberá justificar la elección de los puntos de muestreo establecidos así como el número de muestras a tomar (en el anexo II, se incluyen varios ejemplos de elaboración de un plan de muestreo).
- **Realización de la campaña de muestreo.** En el caso de que en el estudio exista una fase toma de muestras, se deberán describir todos aquellos aspectos relacionados con el muestreo. Dentro de este apartado se deberá incluir:
  - Justificación de la selección de los puntos de toma de muestra.
  - Datos de la campaña de toma de muestra (denominación de las muestras, método de toma de muestra, procedimiento interno de muestreo, fecha y hora de la toma de muestra, datos meteorológicos, caudales de emisión de las fuentes muestreadas, condiciones de operación de las unidades de proceso muestreadas, etc).
- **Resultados.** En este apartado se deben de exponer los resultados obtenidos de los análisis realizados. También se deben de especificar aspectos relativos al análisis como la fecha de llegada de las muestras al laboratorio, y procedimientos de ensayo utilizados en las determinaciones analíticas. Deberá incluirse un apartado específico en el que se describa la metodología utilizada, así como las normas técnicas en las que se base dicha metodología.
- **Interpretación de resultados y conclusiones.** En este apartado, se deben interpretar los resultados obtenidos mediante un análisis pormenorizado de cada uno de ellos. Se incluirán todas aquellas herramientas que faciliten la comprensión de estos, como representaciones gráficas, tablas, etc. En el apartado de conclusiones se deberá determinar, en base a los textos legales existentes o niveles guía establecidos, el grado de molestia causado por las emisiones de olor producidas en la instalación objeto de estudio. Si el cliente lo solicitase, se deberá incluir un anexo de posibles medidas correctoras que atenúen la emisión de olor de los focos de olor más representativos de la instalación. Este anexo debe ir acompañado de las modelizaciones teóricas necesarias que justifiquen la adopción de las medidas correctoras propuestas.

#### 4. Recopilación de las mejores técnicas disponibles y buenas prácticas de gestión publicadas para prevenir y corregir la contaminación odorífera en las distintas actividades e infraestructuras de la Región de Murcia

En este apartado del documento se recoge la información referente al tema de olores contenida en cada uno de los *Documentos de Referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles* (BREF) de los distintos sectores recogidos en el Anexo I de la Directiva IPPC. Esta información es fruto de la revisión de cada uno de los respectivos documentos.

Los BREF se organizan según el siguiente esquema general:

- *Capítulo 1. Información general*
- *Capítulo 2. Procesos y técnicas aplicadas*
- *Capítulo 3. Niveles de consumo y emisión*
- *Capítulo 4. Técnicas a considerar en la determinación de las MTD*
- *Capítulo 5. Mejores Técnicas Disponibles*
- *Capítulo 6. Técnicas emergentes*
- *Anexos y otros documentos.*

En el *Capítulo 1*, como su título indica, se recoge información general del sector al que hace referencia el BREF. Esta información cubre aspectos técnicos y económicos y su finalidad es dar una imagen global del sector en la UE y en cada uno de los países miembros. Entre otros, los datos aportados en este capítulo hacen referencia al número de instalaciones del sector en la UE, al volumen de producción, importación y exportación del sector, así como la comparación del mercado europeo con otros mercados internacionales.

En el *Capítulo 2* se explica, en términos generales, cuál es la estructura del proceso productivo del sector. Para ello suelen emplearse los diagramas de proceso de las instalaciones, explicando cuál es la finalidad y el funcionamiento de cada una de las operaciones llevadas a cabo en el proceso, sin entrar en detalle de cuestiones técnicas, que se recogen en apartados sucesivos.

En el *Capítulo 3* se pretende realizar un balance de materia completo de toda la instalación, listando para ello las materias primas consumidas así como los productos y subproductos producidos. Para completar el balance suelen recogerse los niveles típicos de consumo de dichas materias primas, así como de agua y energía, y los niveles de producción y de emisión tanto de residuos sólidos, líquidos y gaseosos.

En el *Capítulo 4* se describen las técnicas que el *Grupo Técnico de Trabajo* (GTT) ha revisado con el objetivo de decidir cuáles de ellas serán consideradas como MTD. La información referente a cada una se estructura de la siguiente forma:

- Descripción de la técnica
- Principales beneficios medioambientales conseguidos
- Datos operacionales
- Efectos cruzados
- Aplicabilidad
- Economía
- Motivos principales de su puesta en práctica
- Referencias bibliográficas.

En ocasiones no todos los apartados se encuentran desarrollados debido a que el GTT no ha tenido acceso a dicha información.

En el *Capítulo 5*, se recogen las técnicas que han sido consideradas por el GTT como MTD, no sólo en función de los principales beneficios medioambientales que se consiguen con la implementación de cada una de las técnicas, sino que también se tienen en cuenta los aspectos económicos así como los efectos cruzados que éstas pudieran tener.

Por último, en el *Capítulo 6*, se recoge información referente a técnicas emergentes, siguiendo la misma estructura que en el *Capítulo 4*. Estas técnicas no se tienen en cuenta en la determinación de las MTD, pero deben ser valoradas para la implantación de nuevas instalaciones.

En ocasiones, y según las peculiaridades del sector suelen recogerse al final del documento una serie de Anexos, o incluso otros capítulos, con información que el GTT considera importante presentar. También al final del documento suele recogerse la bibliografía y el glosario del documento.

En el resumen en materia de olores que se ha realizado para cada uno de los documentos BREF se ha recogido la información más importante a este respecto de cada uno de los capítulos de los que consta el documento. Así, se han identificado cuáles son los principales focos de olor de cada uno de los sectores y las sustancias causantes del mismo. Una vez identificados los problemas de olor se han revisado las técnicas implicadas y se han recogido las elegidas como MTD que tendrían como beneficio ambiental la reducción de las emisiones de olor.

En ocasiones, debido a la extensión de los documentos BREF, las técnicas no se encuentran completamente descritas en los resúmenes correspondientes, pero sirven de guía para la consulta de dicha técnica en el BREF original en la que se encuentra toda la información al respecto.

A continuación, y por sectores, se recogen dichos resúmenes de cada uno de los *Documentos de Referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles* (BREF) en el Anexo I de la Directiva IPPC.

En el anexo IV se incluye un resumen de la tecnología de desodorización existente. En este anexo se muestran las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

## 4.1. CRÍA INTENSIVA DE AVES DE CORRAL Y DE CERDOS

### 4.1.1. Ámbito de aplicación

El alcance del presente BREF sobre ganadería intensiva, se basa en la Sección 6.6 del Anexo I de la Directiva de IPPC 96/61/CE, sobre las "Instalaciones para la cría intensiva de aves o cerdos con más de:

- a) 40.000 plazas para aves
- b) 2.000 plazas para cerdos de producción (más de 30 Kg.), o
- c) 750 plazas para cerdas."

La Directiva no define el término "aves". El Grupo de Trabajo Técnico (GTT) concluyó que, en este documento, el término de aves se aplica a gallinas ponedoras y pollos, pavos, patos y pintadas. No obstante, en este documento sólo se consideran en detalle las gallinas ponedoras y los pollos, debido a la falta de información sobre pavos, patos y pintadas. La producción de cerdos incluye la cría de cochinitillos destetados, cuyo engorde/acabado comienza en un peso que varía entre 25 y 35 Kg. de peso en vivo. La cría de cerdas incluye el apareamiento, la gestación y el parto.

Debido a lo extenso y la importancia de este sector en la Región de Murcia, y con el objetivo de facilitar la comprensión de las decisiones sobre MTDs tomadas por el GTT, el presente resumen en materia de olor del documento de referencia presenta una estructura distinta al resto de resúmenes.

En primer lugar se presentan dos apartados generales, en el primero de ellos se recoge información general sobre

los problemas medioambientales claves del sector y en el segundo se apuntan una serie de buenas prácticas agrícolas para reducir las emisiones de olor. Después de estos apartados introductorios, se analiza detalladamente cuáles han sido las MTD elegidas para la cría intensiva de cerdos, por un lado, y de aves, por otro. Una parte importante en la cría de animales de granja es el sistema de estabulación. En el resumen, al igual que en el documento BREF, se explica en primer lugar la técnica de referencia o técnica habitual para cada tipo de instalación, que servirá para compararla con otras técnicas y poder valorar así la reducción en las emisiones, ayudando de esta forma a la determinación de las MTD.

#### 4.1.2. Información general

Los problemas medioambientales en el sector de la ganadería intensiva, no fueron un aspecto a tener en cuenta hasta los años ochenta aproximadamente, aunque ya existía conciencia de la contaminación del suelo debido a una excesiva aplicación de estiércol y los olores adquirían cada vez mayor importancia debido al aumento de la población en áreas rurales. Los aspectos medioambientales más relevantes relacionados con la cría intensiva de ganado se resumen en la siguiente figura:

Figura 4.1.2.1. Ilustración de los aspectos medioambientales relacionados con la ganadería intensiva.



En el caso de las emisiones de olor, éste puede ser emitido por fuentes fijas como los canales estercoleros, o fuentes difusas, como por ejemplo, durante el esparcimiento de los purines en la tierra. En el siguiente cuadro se han recogido las actividades en las granjas potenciales de producir emisiones de olor, entre las que se encuentran la forma de estabular los animales y el sistema de retirada y almacenamiento del estiércol producido (en la granja o en una instalación separada), almacenamiento de residuos distintos del estiércol, de animales muertos, tratamiento del agua residual, incineración de residuos., y como ya se ha comentado la aplicación del estiércol al suelo. Como es de esperar, el impacto disminuye con el tamaño de la explotación.

Tabla 4.1.2.1. Aspectos medioambientales claves de las principales actividades de la granja.

Actividad principal en la granja	Aspecto medioambiental clave	
	Consumo	Emisiones potenciales
Estabulación de animales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• La forma en que se estabulan los animales (jaulas, libres)</li> <li>• El sistema para retirar y almacenar (internamente) el estiércol producido</li> </ul>	Energía, yacija	Emisiones a la atmósfera (NH <sub>3</sub> ), olor, ruido, estiércol
Estabulación de animales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• El equipo para controlar y mantener el clima interno y</li> <li>• El equipo para alimentar y abrevar a los animales</li> </ul>	Energía, pienso, agua	Ruido, agua residual, polvo, CO <sub>2</sub>
Almacenamiento de pienso y de aditivos para pienso	Energía	Polvo
Almacenamiento de estiércol en una instalación separada		Emisiones a la atmósfera (NH <sub>3</sub> ), olor, emisiones al suelo
Almacenamiento de residuos distintos del estiércol		Olor, emisiones al suelo, aguas superficiales
Almacenamiento de animales muertos		Olor
Carga y descarga de animales		Ruido
Aplicación de estiércol al suelo	Energía	Emisiones a la atmósfera, olor, emisiones al suelo y a las aguas subterráneas y superficiales de N, P y K etc., ruido
Tratamiento in situ del estiércol	Aditivos, energía, agua	Emisiones a la atmósfera, agua residual, emisiones al suelo
Trituración y molienda de pienso	Energía	Polvo, ruido
Tratamiento del agua residual	Aditivos, energía	Olor, agua residual
Incineración de residuos (Ej. cadáveres)	Energía	Emisiones a la atmósfera, olor

Las emisiones olorosas están relacionadas con compuestos como los mercaptanos, el H<sub>2</sub>S, el escatol, el tiocresol, el tiofenol y el amoniaco. Aparte de la generación y emisión de los compuestos que se acaban de citar, otro aspecto a tener en cuenta es la generación de polvo, que puede en ocasiones contribuir al transporte del olor.

Por tanto, y en la línea de identificar cuáles son las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) que aseguren una reducción de las emisiones de olor, se han resumido en los sucesivos apartados las MTD designadas por el Grupo Técnico de Trabajo (GTT) que producen una reducción en la emisión de cualquiera de los compuestos señalados anteriormente como causantes del olor, o que representan una mejora en el funcionamiento de alguna de las actividades causantes de olor recogidas en la Tabla 4.1.2.1.

#### 4.1.3. Buenas prácticas agrícolas en la cría intensiva de cerdos y aves

Las Buenas Prácticas Agrícolas son una parte esencial de las MTD. Aunque es difícil cuantificar los beneficios medioambientales en términos de reducciones de emisiones o reducción en el consumo de energía y agua, es evidente que una gestión consciente de las explotaciones contribuirá a una mejora en la eficacia medioambiental de una granja de cría intensiva de aves o cerdos.

Para mejorar la eficacia medioambiental de una granja, la MTD es aplicar una de las siguientes técnicas:

- **Diseñar y aplicar programas educativos y de formación para el personal de las granjas**
- **Mantener registros del consumo** de agua y energía, de las cantidades de pienso para el ganado, de la producción de residuos y de las aplicaciones en el campo de fertilizantes inorgánicos y de estiércol.
- **Disponer de un procedimiento de emergencia** para tratar emisiones imprevistas e incidentes, un programa de reparación y mantenimiento para garantizar que las estructuras y equipos estén en buen estado de funcionamiento y que las instalaciones se mantengan limpias.
- **Efectuar una adecuada planificación de las actividades en la instalación**, como el suministro de materias primas y la eliminación de productos y residuos.
- **Planear la apropiada aplicación de estiércol al suelo**. Por lo que respecta a la correcta aplicación al suelo del estiércol, la Directiva sobre Nitratos establece las disposiciones mínimas sobre este tipo de aplicación, con el fin de proporcionar a todas las aguas un nivel general de protección contra la contaminación por compuestos de nitrógeno, además de las disposiciones adicionales para la aplicación de estiércol al suelo en zonas designadas como vulnerables.

También en relación con el estiércol, se pueden distinguir distintas etapas en el proceso, desde la preproducción del estiércol a su postproducción y su esparcimiento final en el terreno, en las que las emisiones pueden reducirse o controlarse. Las distintas técnicas que pueden aplicarse en las distintas fases del proceso se detallan a continuación, siendo MTD la aplicación de las cuatro técnicas siguientes:

- **Aplicación de medidas nutricionales.**
- **Equilibrar el estiércol a esparcir** con la cantidad de terreno disponible y los requisitos de cultivo y, si se aplican, con otros fertilizantes.
- **Gestionar correctamente la aplicación del estiércol en el suelo.**
- **Utilizar** sólo las técnicas que son **MTD para el esparcimiento del estiércol en el suelo**.

Con respecto al sistema de gestión de la aplicación del estiércol en el suelo, es MTD planear el esparcimiento intentando reducir las molestias de olor a los vecinos, haciendo en particular lo siguiente:

- Realizar la aplicación en los días en que es menos probable que la gente esté en casa, evitando los fines de semana y festividades.
- Tener en cuenta la dirección del viento en relación con las viviendas vecinas.

El estiércol puede tratarse para minimizar las emisiones de olores, lo que permite mayor flexibilidad para determinar los lugares y condiciones climáticas apropiadas para su aplicación al suelo.

Las otras tres MTD listadas son específicas según el tipo de animal criado en la granja, y se describen en sendos apartados según se trate de cerdos o aves.

#### 4.1.4. Cría intensiva de cerdos

##### 4.1.4.1. TÉCNICAS NUTRICIONALES APLICADAS A LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO

El nitrógeno, en forma de amoníaco, se ha identificado como uno de los compuestos causante de las emisiones de olor en las granjas de cría intensiva, por tanto cualquier MTD encaminada a la reducción de estas emisiones también lo estará en la reducción de las emisiones de olor.

Por lo que respecta a la producción de nitrógeno, y por consiguiente de nitratos y amoníaco, es MTD **alimentar a los animales con dietas sucesivas (alimentación por fases)** y con un menor contenido de proteína bruta. Estas dietas deben estar apoyadas por un suministro óptimo de aminoácidos esenciales (lisina, metionina, treonina, triptófano).

Se puede conseguir una reducción de la proteína bruta del 2 al 3% (20 a 30 g/Kg. de pienso) según la raza / genotipo y el punto de inicio. El rango resultante de contenido de proteína bruta dietética que se considera MTD se recoge en la Tabla 4.1.4.1.1. Los valores de la tabla son sólo indicativos, dado que los mismos, entre otros, dependen del contenido energético del pienso. Por consiguiente, es posible que haya que adaptar los niveles a las condiciones locales.

Tabla 4.1.4.1.1. Niveles indicativos de proteína bruta en los piensos MTD para cerdos.

Fases		Contenido de proteína bruta (% en el pienso)	Comentario
Cochinillos destete	<10 Kg.	19 – 21	Con un aporte de aminoácidos bien equilibrado y con óptima digestibilidad
Lechones	<25 Kg.	17,5 – 19,5	
Cerdos engorde	25 – 50 Kg.	15 – 17	
	50 – 110 Kg.	14 – 15	
Cerdas	Gestación	13 – 15	
	Lactación	16 – 17	

##### 4.1.4.2. EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LAS NAVES DE CRÍAS DE CERDOS

Se han establecido una serie de puntos generales sobre instalaciones para cerdos, que van seguidos de una descripción detallada de las técnicas aplicadas y de las MTD. El análisis se realiza por separado según se trate de:

- instalaciones para cerdas en apareamiento y gestación,
- cerdos en engorde/acabado,
- cerdas parturientas,
- y cochinillos destetados.

Los diseños para la reducción de las emisiones de amoníaco a la atmósfera, recogidos en el documento BREF, comportan básicamente algunos o todos los principios siguientes:

- Reducción de las superficies que emiten purines.
- Eliminación de los purines de la fosa séptica a un estercolero externo.
- Aplicación de un tratamiento adicional, como aireación, para obtener purines líquidos.
- Enfriamiento de la superficie del estiércol.
- Uso de superficies (por ejemplo en las rejillas y canales estercoleros) que sean lisas y fáciles de limpiar.

En la construcción de los suelos enrejados se utiliza cemento, hierro y plástico. En general, y con rejillas de la misma anchura, el estiércol vertido sobre rejillas de cemento tarda más en caer al foso que con rejillas de hierro y plástico, lo que va asociado con mayores emisiones de amoniaco.

Una técnica muy común es la eliminación frecuente del purín mediante el lavado con la fracción líquida de los purines producidos. La realización de esta técnica puede producir un máximo de las emisiones de olor con cada lavado, siendo su frecuencia habitual de dos veces al día, una vez por la mañana y una por la tarde. Además de los problemas que pudieran surgir con los vecinos, la técnica del lavado de los purines consume asimismo energía.

Estos efectos son los que se han considerado en la determinación de las MTD en los sistemas de estabulación que se muestran a continuación según la fase de cría en la que se encuentre el cerdo.

#### 4.1.4.2.1. Sistemas de estabulación para cerdas en apareamiento/gestación

Las MTD sobre las instalaciones se han elegido por valoración de los cuatro principios básicos en comparación con un sistema de referencia. En el caso de cerdas en apareamiento/gestación, el sistema de referencia es una fosa de estiércol debajo de un suelo totalmente enrejado con rejillas de cemento. El purín se retira a intervalos frecuentes, al finalizar cada periodo de engorde, o incluso con menos frecuencia. La ventilación artificial elimina los componentes gaseosos emitidos por el estiércol líquido almacenado.

Por comparación con la técnica de referencia, se considera MTD:

- **Suelo total o parcialmente enrejado con un sistema de eliminación de vacío para la evacuación frecuente de los purines.** En el fondo del canal estercolero, situado bajo suelo total o parcialmente enrejado, se colocan salidas cada 10 m<sup>2</sup> conectadas a un sistema de alcantarillado. Los purines se evacúan abriendo una válvula en el tubo principal. Se forma un ligero vacío, que facilita la retirada del purín. El canal estercolero puede vaciarse una o dos veces por semana, según su capacidad. Las reducciones en la emisión de NH<sub>3</sub> con estas técnicas de estabulación oscilan entre un 25 y un 35 % con respecto a la técnica de referencia.

Figura 4.1.4.2.1.1. Suelo totalmente enrejado con sistema de vacío

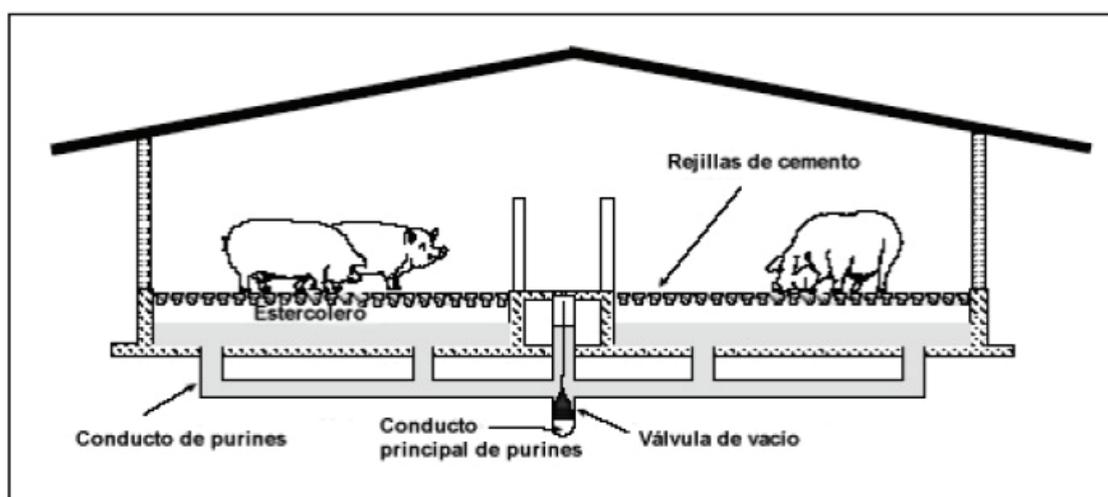
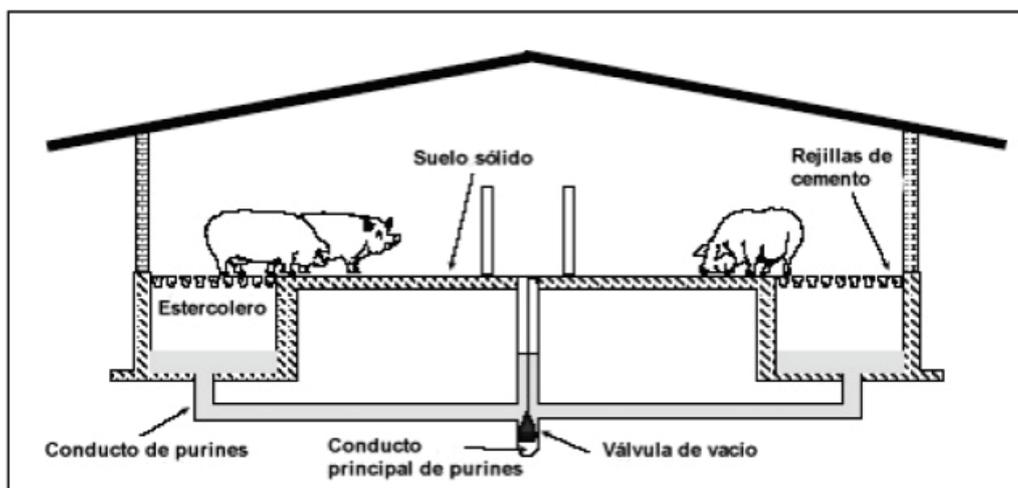
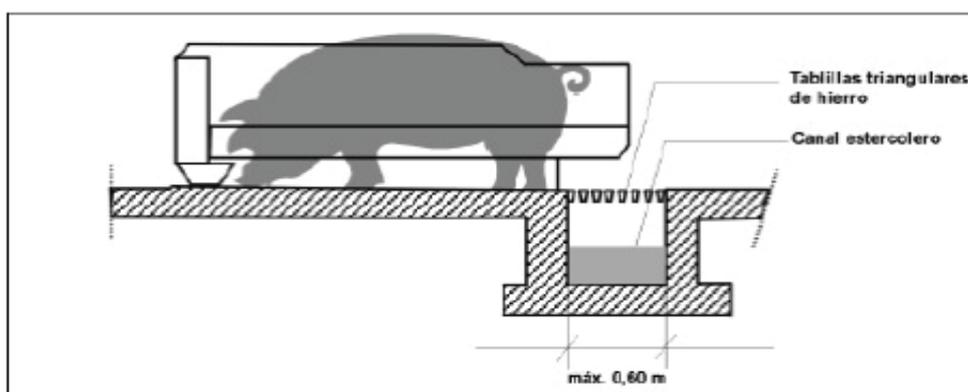


Figura 4.1.4.2.1.2. Suelo parcialmente enrejado con sistema de vacío



- **Suelos parcialmente enrejados y un canal estercolero reducido.** Las emisiones de amoniaco pueden reducirse aplicando el principio de reducir la superficie del estiércol, en particular aplicando un canal estercolero pequeño con una anchura máxima de 0,60 m. El canal estercolero está equipado con rejillas triangulares de hierro o rejillas de cemento. Las cerdas están estabuladas individualmente. La reducción de la emisión se cifra en 20-40 %.

Figura 4.1.4.2.1.3. Suelo parcialmente enrejado con canal estercolero reducido.



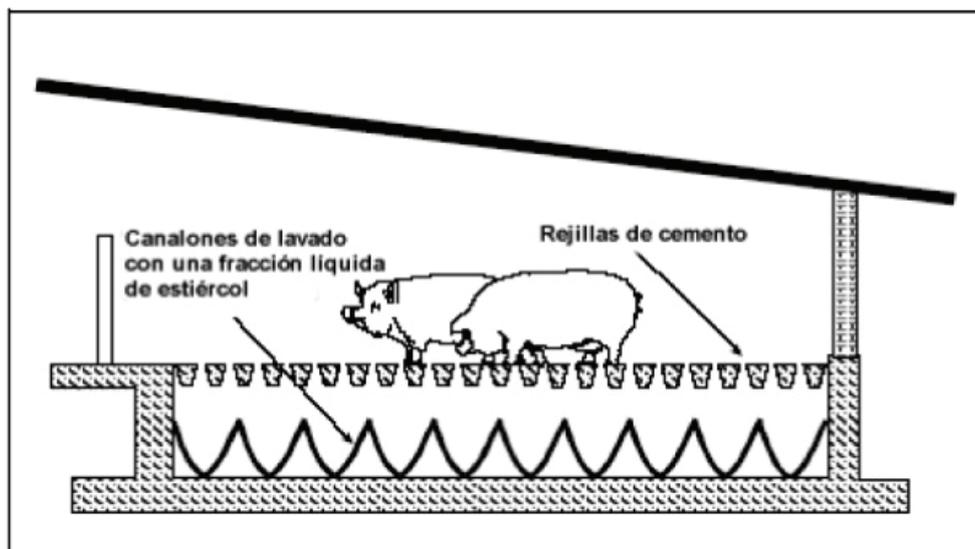
Generalmente se acepta que las rejillas de cemento producen mayores emisiones de amoniaco que las rejillas de metal o plástico. No obstante, para la MTD arriba indicada no hay información disponible sobre el efecto de los distintos tipos de rejillas en las emisiones.

### **MTD condicional**

En los casos en los que la técnica ya haya sido implementada en la instalación, también se considera MTD la técnica de **suelo total o parcialmente enrejado y canalones o tubos de desagüe debajo en los que se aplica lavado con purín líquido no aireado**. Se colocan pequeños canalones de plástico o metal bajo un suelo totalmente enrejado. Los orines fluyen continuamente debido a una ligera inclinación de los canalones, desembocando continuamente en

un desagüe que va a parar al estercolero. El estiércol se retira una o dos veces al día mediante lavado con la fracción líquida de los purines. Aunque esta técnica consigue reducciones de emisión de hasta el 55 %, se considera MTD condicional debido a los problemas de olor que se pueden presentar al realizar la retirada del estiércol con los purines.

Figura 4.1.4.2.1.4. Suelo totalmente enrejado con canalones de desagüe

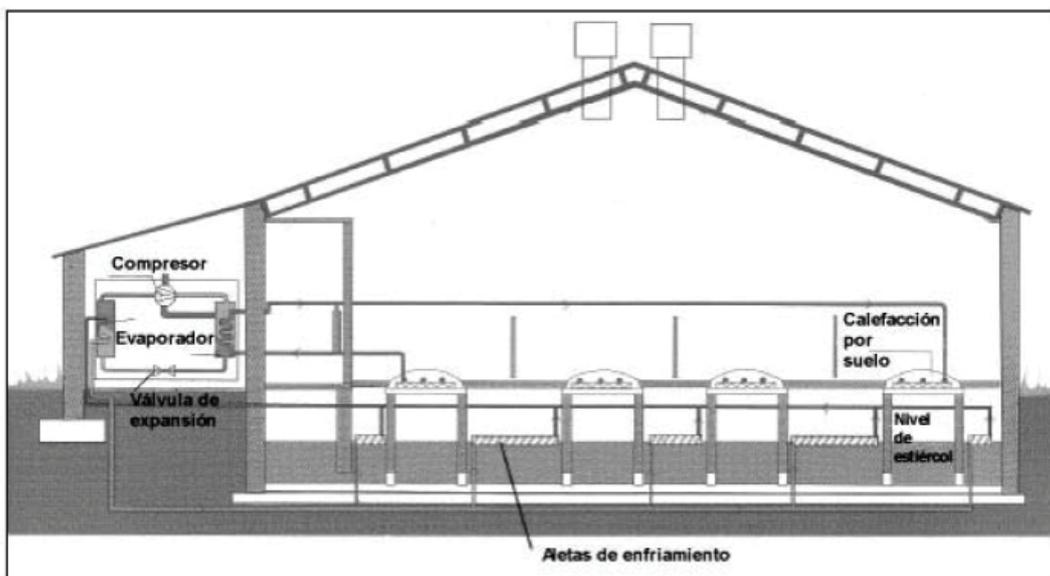


**MTD en instalaciones ya existentes**

También se consideran MTD los sistemas ya instalados que utilicen las siguientes técnicas de estabulación:

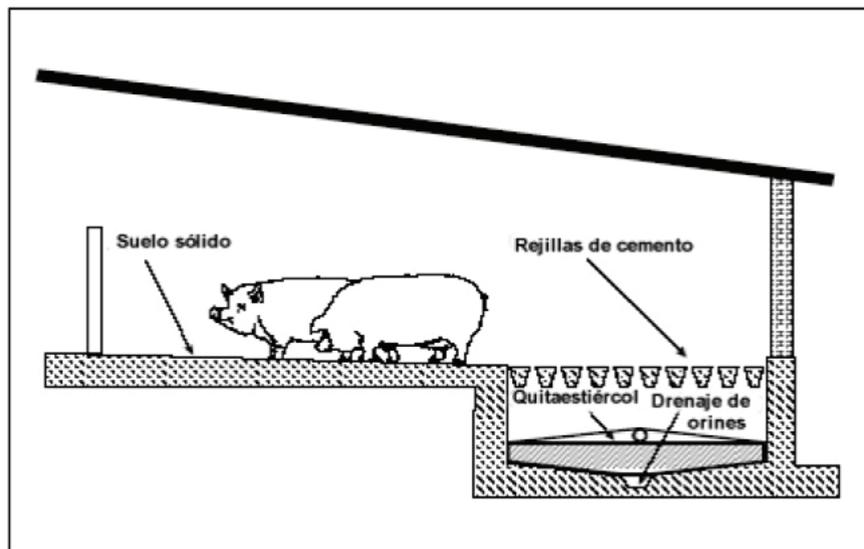
- **Las instalaciones con aletas de refrigeración de la superficie del estiércol que utilizan un sistema cerrado con bombas de calor.** Se desestima en la elección de nueva MTD debido a que el sistema es muy caro.

Figura 4.1.4.2.1.5. Aletas de refrigeración de la superficie del estiércol



- **Sistema con suelo totalmente enrejado con una pala quita estiércol debajo.** La desventaja que presenta esta instalación es que tiene una operatividad difícil.

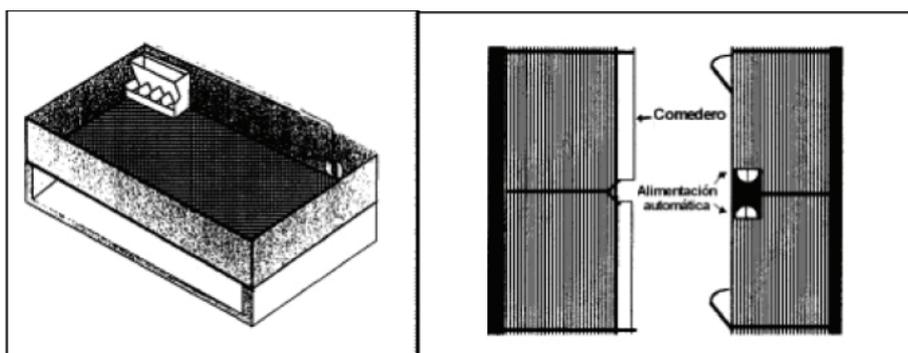
Figura 4.1.4.2.1.6. Suelo parcialmente enrejado con pala quitaestiércol (SPE con pala)



4.1.4.2.2. Sistemas de estabulación para cerdos de engorde/acabado

En la siguiente sección sobre MTD, las técnicas se comparan con el sistema de referencia utilizado para la estabulación de cerdos de engorde/acabado, que es un suelo totalmente enrejado con un canal estercolero profundo debajo y ventilación mecánica. El corral es totalmente enrejado y no tiene separación física de las zonas de descanso, comida y deyección. El enrejado es de cemento o de hierro recubierto de plástico. El estiércol es empujado hacia abajo por las patas de los animales, y los orines se mezclan con éste o salen a través de los canales de purines. Los purines se recogen en un estercolero bajo el enrejado. Según la profundidad del estercolero, se puede permitir un periodo de almacenamiento prolongado (lo que generará elevados niveles de amoníaco en la instalación) o se puede vaciar frecuentemente, almacenando los purines en un estercolero separado. Un sistema de aplicación frecuente tiene las secciones individuales conectadas mediante un desagüe central, al que se vacían abriendo compuertas en las tuberías.

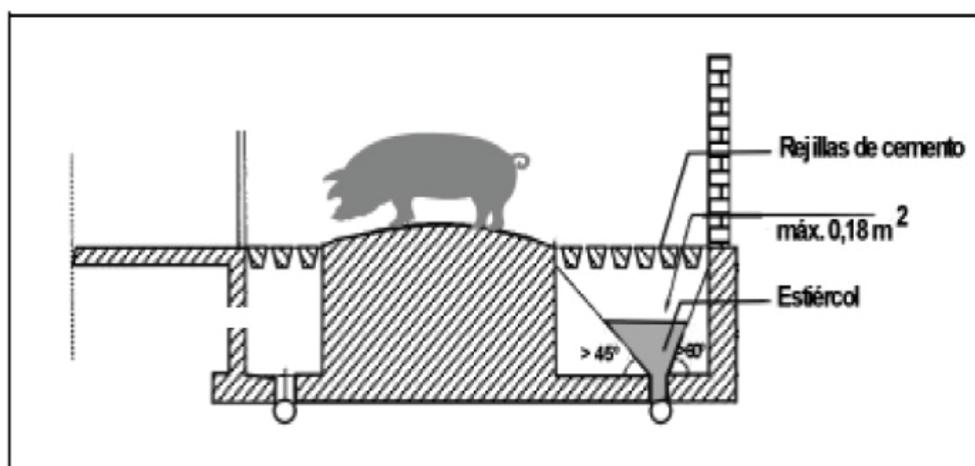
Figura 4.1.4.2.2.1. Ejemplo de corral simple para engorde-acabado con suelo totalmente enrejado y ejemplo de un esquema con dos corrales con distintos sistemas de alimentación.



La MTD es:

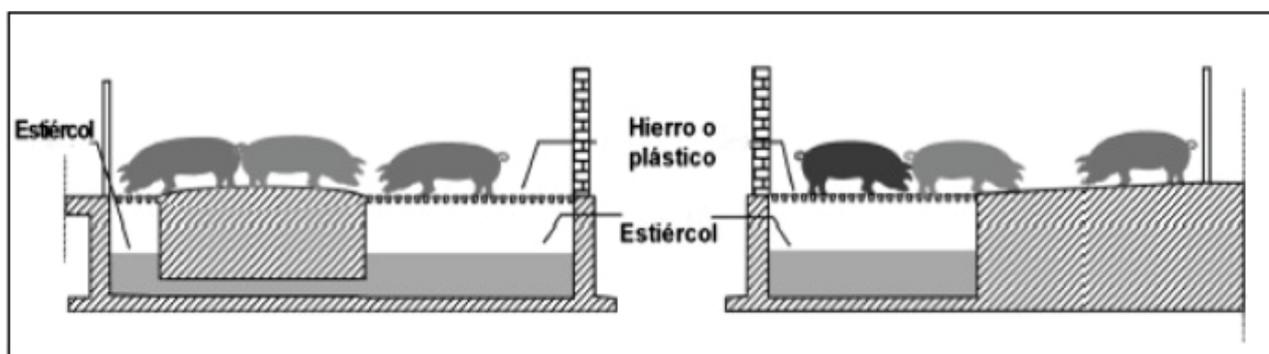
- **Suelo totalmente enrejado con sistema de vacío para eliminación frecuente** (Ver Figura 4.1.4.2.1.1)
- **Suelo parcialmente enrejado con canal estercolero reducido con paredes inclinadas y sistemas de vacío.** Esta técnica combina dos efectos positivos en la reducción de  $\text{NH}_3$ : el sistema de vacío en la recogida de estiércol, y las paredes inclinadas.

Figura 4.1.4.2.2. Suelo parcialmente enrejado con canal estercolero reducido con paredes inclinadas y sistema de vacío.



- **Suelo parcialmente enrejado con piso sólido convexo central o con piso sólido inclinado en la parte frontal del corral, canal estercolero con paredes laterales inclinadas, y un canal de purines con inclinación.** Las paredes laterales inclinadas reducen la superficie del estiércol. Esto, a su vez, reduce la emisión de amoníaco.

Figura 4.1.4.2.3. Suelo parcialmente enrejado con rejillas de hierro o plástico y piso de cemento convexo o inclinado.



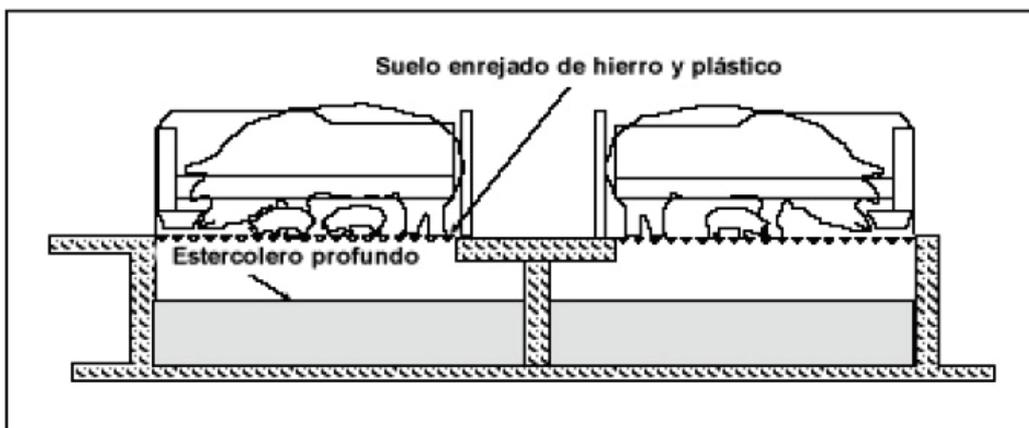
Al igual que en el caso de estabulación de cerdas en apareamiento/gestación, si no existen problemas por quejas de olor y/o la técnica ya se encuentra instalada, se considera MTD la instalación con **suelos total o parcialmente enrejados y canalones o tubos inferiores de desagüe en los que aplica lavado con purines sin airear.**

También en este caso se considera las mismas MTD condicionales para instalaciones existentes que en el caso de cerdas en apareamiento/gestación.

#### 4.1.4.2.3. Sistemas de estabulación para cerdas parturientas

Las cerdas parturientas se alojan normalmente en jaulas con suelos enrejados de hierro y/o plástico. En la mayoría de instalaciones, las cerdas están restringidas en su movimiento, y los lechones se mueven libremente. La mayoría de instalaciones tienen ventilación controlada y a menudo una zona con calefacción para los lechones durante los primeros días. Este sistema con un canal estercolero profundo debajo es el sistema de referencia. Las técnicas de reducción se centran en las modificaciones en el canal estercolero, debido a que al estar las cerdas restringidas en su movimiento la deyección se produce en la misma zona enrejada.

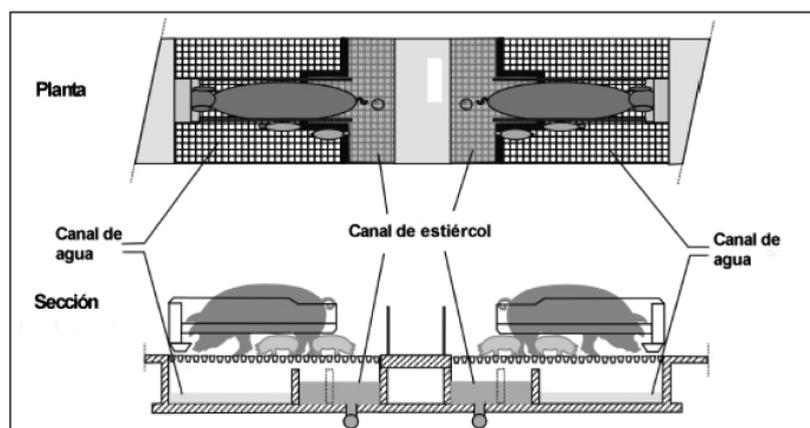
Figura 4.1.4.2.3.1. Ejemplo de estabulación confinada de cerdas parturientas con suelo totalmente enrejado con una fosa de estiércol debajo



La MTD es **una jaula con suelo totalmente enrejado de hierro o plástico y con:**

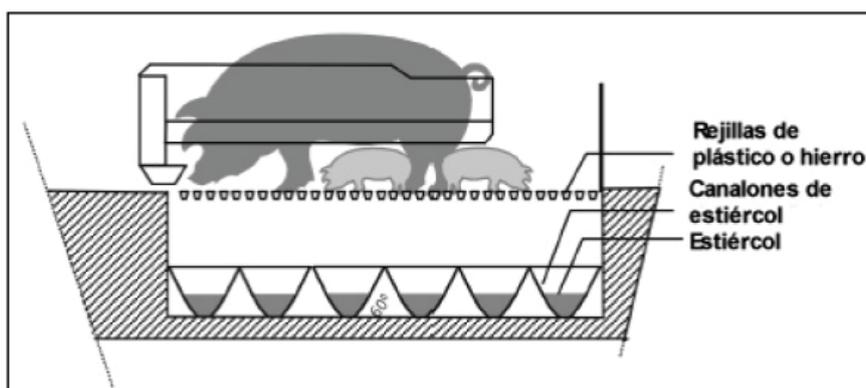
- **Un canal combinado de agua y purines.** La cerda tiene una plaza fija, por lo que la zona de deyección queda establecida con claridad. El canal estercolero queda dividido en un canal ancho de agua en la parte frontal y un pequeño canal de estiércol atrás. Esto reduce enormemente la superficie del estiércol, lo que a su vez reduce las emisiones de amoníaco. El canal frontal se rellena parcialmente con agua. Llegando a conseguir reducciones con este sistema de hasta un 52 % (Consultar la figura siguiente para entender mejor la técnica).

Figura 4.1.4.2.3.2. Combinación de canales de agua y estiércol



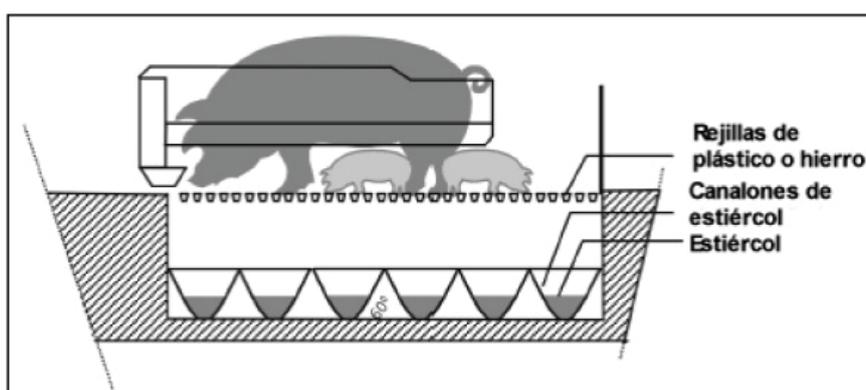
- **Un sistema de desagüe con canales de purines.** Los canales pequeños limitan la superficie del estiércol. Esto reduce las emisiones de amoníaco. Su aplicación es posible en corrales con suelo total o parcialmente enrejado. El estiércol se retira frecuentemente por un sistema de lavado. La reducción alcanzada es de un 60 % (Ver Figura 4.1.4.2.2)

Figura 4.1.4.2.3.3. Sistema de lavado con canales de estiércol.



- **Un colector de purines.** Se coloca un colector prefabricado bajo el suelo enrejado, que puede adaptarse a las dimensiones del corral. El colector es más profundo en un extremo del corral y tiene una pendiente de al menos 3° hacia un canal central de estiércol. El colector está conectado con un sistema de alcantarillado. En este caso se puede conseguir una reducción del 65 %

Figura 4.1.4.2.3.4. Suelo totalmente enrejado con colector de estiércol.



### MTD en sistemas de estabulación existentes

Al igual que en los casos anteriores, también se consideran MTD las instalaciones existentes que tengan instalados los siguientes sistemas de estabulación de cerdas parturientas:

- Instalaciones con aletas de refrigeración de la superficie del estiércol que utilizan un sistema cerrado con bombas de calor, descrito en apartados anteriores.
- Jaulas con sistemas con suelo parcialmente enrejado con una pala quita estiércol debajo.

#### 4.1.4.2.4. Sistemas de estabulación para cochinitos destetados

Los cochinitos destetados se alojan en grupo en corrales o superficies planas. En principio, la eliminación del estiércol es idéntica para un corral que para una plataforma elevada. El sistema de referencia es un corral o plataforma elevada con un suelo totalmente enrejado con rejillas de metal o plástico y un canal estercolero profundo. La instalación está equipada con ventilación mecánica de presión negativa o de presión equilibrada. Se utiliza calefacción auxiliar, en forma de calentadores eléctricos con ventiladores o calefacción central con tubos de agua caliente. El estiércol se manipula en forma semilíquida y se vacía principalmente a través de una planta de evacuación de tuberías en las que las distintas secciones de los canales de purines se vacían a través de válvulas y compuertas. Los canales se limpian tras la retirada de cada grupo de cerdos, normalmente en conexión con la limpieza de los corrales, es decir a intervalos de 6-8 semanas.

La MTD es **un corral**:

- **O plataforma elevada con suelo total o parcialmente enrejado con un sistema de vacío para la extracción frecuente del estiércol.**
- **O plataforma elevada con suelo totalmente enrejado bajo el cual hay un suelo inclinado de cemento para separar las heces y los orines.** Se coloca una plancha (de cemento u otro material) con una superficie muy lisa bajo el suelo enrejado. El tamaño puede adaptarse a las dimensiones del corral. La plancha tiene una pendiente de al menos 12° hacia un canal estercolero central, conectado con un sistema de alcantarillado. El estiércol se transfiere semanalmente a un depósito por gravedad o bombeo. Las rejillas son de hierro o plástico. Con esta técnica se consigue un 34 % de reducción.
- **Con suelo parcialmente enrejado (sistema de dos ambientes).** El estiércol se manipula en forma líquida. A menudo se vacía mediante tubos de evacuación, en los que las secciones individuales de los canales de estiércol se conectan mediante válvulas y compuertas. Los canales se limpian después de la retirada de cada grupo de cerdos, muchas veces en combinación con la desinfección de los corrales, es decir, a intervalos de unas 6-8 semanas. La reducción en este caso asciende a 34 %.
- **Con suelo parcialmente enrejado de hierro o plástico y un suelo sólido inclinado o convexo.** El uso de suelo de cemento parcialmente sólido reduce la superficie del estiércol. La limitación de la superficie del estiércol reduce las emisiones de amoníaco. Su aplicación es posible en corrales con piso convexo. El piso convexo separa los dos canales. Su aplicación es también posible en corrales con un suelo parcialmente enrejado consistente en un piso de cemento sólido inclinado en la parte delantera del corral. Las rejillas del enrejado pueden ser de hierro o de plástico (no de cemento). Se consiguen reducciones cercanas al 43 %.
- **Con suelo parcialmente enrejado con rejillas de metal o plástico y un canal estercolero poco profundo y un canal para agua de bebida vertida.** El uso de un suelo de cemento parcialmente sólido reduce la superficie del estiércol, reduciendo así la emisión de amoníaco. Su aplicación es posible en corrales con suelo convexo con dos canales. Se reduce la emisión de NH<sub>3</sub> en un 57 %.
- **Con suelo parcialmente enrejado con rejillas triangulares de metal y un canal de purines con paredes laterales inclinadas.** Descrito en el caso de estabulación de cerdos de engorde/acabado.

En el caso de cerdos destetados la MTD condicional y de las instalaciones ya existentes son las mismas que en los casos anteriores.

#### 4.1.4.3. ALMACENAMIENTO DEL ESTIÉRCOL

Como ya se reflejó en la Figura 4.1.2.1 y en la Tabla 4.1.2.1., el almacenamiento del estiércol es una fuente de generación de malos olores, por tanto todas las MTD recogidas en este apartado del documento BREF que vayan dirigidas a la reducción de las emisiones atmosféricas en el almacenamiento del estiércol lo serán también para la reducción de olores.

La MTD es diseñar canales estercoleros para purines con suficiente capacidad hasta que pueda realizarse su posterior tratamiento o aplicación al suelo. La capacidad requerida depende del clima y de los periodos en los que no es posible su aplicación. Para purines, por ejemplo, la capacidad puede diferir con respecto al estiércol que se produce en una granja a lo largo de un periodo de 4-5 meses en clima mediterráneo, un periodo de 7-8 meses en condiciones de clima atlántico o continental y hasta un periodo de 9-12 meses en zonas con climas más fríos.

##### **Montones de estiércol**

Para un montón de estiércol de cerdo que esté siempre situado en el mismo lugar, en la instalación o en el campo, la MTD en relación con la reducción de olores es:

- **Localizar zonas de almacenamiento de estiércol de nueva construcción en las que sea más improbable que se causen molestias a receptores sensibles al olor**, teniendo en cuenta la distancia hasta los receptores y la dirección predominante del viento.

Para un montón temporal de estiércol de cerdos en el campo, la MTD es **situar el montón de estiércol lejos de receptores sensibles como vecinos y cursos de agua** (incluidos arroyos del campo) en los que pueda entrar líquido de escorrentía.

La MTD para el almacenamiento de purines en un depósito de cemento o acero incluye lo siguiente:

- **Un depósito estable** capaz de soportar las tensiones mecánicas, térmicas y químicas.
- **La base y las paredes del depósito deben ser impermeables y estar protegidas contra la corrosión.**
- **El depósito debe vaciarse regularmente para inspección y mantenimiento, preferiblemente cada año.**
- **Deben usarse válvulas dobles** en todas las salidas con válvula del depósito.
- **El purín debe agitarse sólo justo antes de vaciar el depósito**, por ejemplo para su aplicación al suelo.

Es MTD cubrir los depósitos de purines con una de las siguientes opciones:

- **Una cubierta rígida, o una estructura en forma de tienda, o**
- **Una cubierta flotante**, por ejemplo de paja triturada, corteza natural, lona, papel metálico, turba, aglomerado de arcilla ligera expandida (LECA) o poliestireno expandido (EPS).

Todos estos tipos de cubiertas se aplican, aunque tienen sus limitaciones técnicas y operativas. Esto significa que la decisión sobre el tipo de cubierta preferida sólo puede tomarse caso por caso.

### Balsas de almacenamiento

Las balsas de almacenamiento de purines son también una opción tan viable como los depósitos de purines, siempre que tenga una base y paredes impermeables (suficiente contenido de arcilla o revestimiento con plástico) en combinación con detección de fugas y previsión de cubierta.

Es MTD **cubrir las balsas de almacenamiento de purines con una de las siguientes opciones:**

- Una cubierta de plástico, o
- Una cubierta flotante, como por ejemplo de paja triturada, LECA o corteza natural.

#### 4.1.4.4. PROCESO DE TRATAMIENTO DE ESTIÉRCOL IN SITU

En general, el proceso in situ del estiércol es MTD sólo en ciertas condiciones (es decir, es una MTD condicional). Las condiciones del proceso in situ del estiércol que determinan si una técnica es MTD hacen relación a condiciones como la disponibilidad de terreno, exceso o demanda local de nutrientes, asistencia técnica, posibilidades de comercialización de energía verde, y reglamentación local.

La tabla siguiente da algunos ejemplos de las condiciones de MTD para el proceso de purines. La lista no es exhaustiva, y hay otras técnicas que pueden ser MTD en determinadas condiciones, y también es posible que las técnicas escogidas sean MTD en otras condiciones.

Tabla 4.1.4.4.1. Ejemplos de MTD condicional en el proceso in situ de purines

En las siguientes condiciones	Ejemplo de MTD:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La granja está situada en una zona con exceso de nutrientes pero con suficiente terreno en los alrededores de la granja para el esparcimiento de la fracción líquida (con un contenido de nutrientes reducido), y la fracción sólida puede esparcirse en zonas remotas con demanda de nutrientes o puede aplicarse en otros procesos.</li> </ul>	Separación mecánica de los purines con un sistema cerrado (Ej. centrífuga o prensa espiral) para minimizar las emisiones de amoníaco (Sección 4.9.1)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La granja está situada en una zona con exceso de nutrientes pero con suficiente terreno en los alrededores de la granja para el esparcimiento de la fracción líquida</li> <li>• La fracción sólida puede esparcirse en zonas remotas con demanda de nutrientes, y</li> <li>• Se dispone de asistencia técnica para operar la instalación de tratamiento aeróbico de forma adecuada.</li> </ul>	Separación mecánica de los purines con un sistema cerrado (Ej. centrífuga o prensa espiral) para minimizar las emisiones de amoníaco seguida de tratamiento aeróbico de la fracción líquida (Sección 4.9.3), y en la que el tratamiento aeróbico está bien controlado de modo que se minimizan las emisiones de amoníaco y N <sub>2</sub> O
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay mercado para la energía verde, y</li> <li>• Los reglamentos locales permiten la cofermentación de (otros) productos orgánicos residuales y el esparcimiento en el suelo de productos digeridos.</li> </ul>	Tratamiento anaeróbico de los purines en una instalación de biogás (Sección 4.9.6.)

Además de ser tratado in situ, el estiércol puede también tratarse en otros lugares, como por ejemplo en instalaciones industriales. La evacuación de este tipo de tratamiento está fuera del ámbito de esta BREF.

#### 4.1.4.5. TÉCNICAS PARA EL ESPARCIMIENTO DE PURINES

La técnica de referencia para el esparcimiento de los purines, es un esparcidor por aspersión convencional, no seguida de incorporación rápida. Se ejecuta mediante la combinación de un tractor con una cisterna. Los purines sin tratar salen a presión a través de una boquilla de descarga, muchas veces sobre un plato difusor para aumentar la difusión lateral.

Algunas generalidades sobre las MTD para el esparcimiento de estiércol ya se discutieron en el Apartado 4.1.2. En esta sección se resumen las MTD sobre los mejores equipos de esparcimiento. En la siguiente tabla se recoge un resumen de las mismas. Es necesario especificar que como MTD sobre el esparcimiento del estiércol, cada técnica tiene sus limitaciones y que no es aplicable en todas las circunstancias o tipos de terreno.

Tabla 4.1.4.5.1. MTD para equipo de esparcimiento de estiércol en el suelo.

Uso de el suelo	MTD	Reducción de las emisiones	Tipo de estiércol	Aplicabilidad
Pastos y cultivos con una <u>altura de cultivo</u> de menos de 30 cm	Arrastre con manguera (manejo en bandas)	30 % puede ser menos si se aplica con una altura de pasto >10 cm	Líquido	pendiente (<15 % para cisternas; <25 % para sistemas umbilicales); no utilizable para estiércol viscoso o con mucha paja, el tamaño y forma del campo son importantes,
Principalmente pastos	Arrastre con cuñas (manejo en bandas)	40 %	Líquido	pendiente (<20 % para cisternas; <30 % para sistemas umbilicales); no estiércol viscoso, tamaño y forma del campo, hierba de menos de 8 cm de altura.
Pastos	Inyección superficial (surco abierto)	60 %	Líquido	pendiente <12 %, grandes limitaciones de tipo de suelo y condiciones, no estiércol viscoso.
Principalmente pastos, tierra cultivable	Inyección profunda (surco cerrado)	80 %	Líquido	pendiente <12 %, grandes limitaciones de tipo de suelo y condiciones, no estiércol viscoso.
Tierra cultivable	Manejo en bandas e incorporación en 4 horas	80 %	Líquido	Incorporación sólo aplicable para tierra fácilmente cultivable, en otras situaciones la MTD es difusión de bandas sin incorporación.
Tierra cultivable	Incorporación lo antes posible, pero al menos en 12 horas	en: 4 horas: 80 % 12 horas: 60–70 %	Sólido	Sólo para tierra que pueda ser cultivada fácilmente.

#### 4.1.5. Cría intensiva de aves

Las MTD para mejorar la eficacia medioambiental general de una granja de cría intensiva se describe en el Apartado 4.1.3: *“Buenas Prácticas Agrícolas en la cría intensiva de cerdos y aves”*

##### 4.1.5.1. TÉCNICAS NUTRICIONALES APLICADAS A LA EXCRECIÓN DE NITRÓGENO

La MTD es aplicar medidas en la alimentación. Se centra en la base de una alimentación por fases con un contenido específico de proteína bruta. El rango resultante de contenido de proteína bruta dietética que se considera MTD se indican en la siguiente tabla:

Tabla 4.1.5.1.1. Contenido en proteína bruta que se considera MTD en la alimentación por fases de las aves

Fases		Proteína bruta (% en pienso) <sup>1)</sup>	Comentarios
Pollos de carne (Broilers)	inicio	20 – 22	Con un aporte de aminoácidos bien equilibrado y con óptima digestibilidad
	engorde	19 – 21	
	acabado	18 – 20	
Pavos	<4 semanas	24 – 27	
	5 – 8 semanas	22 – 24	
	9 – 12 semanas	19 – 21	
	13+ semanas	16 – 19	
	16+ semanas	14 – 17	
Ponedoras	18 – 40 semanas	15,5 – 16,5	
	40+ semanas	14,5 – 15,5	

#### 4.1.5.2. EMISIONES A LA ATMÓSFERA DE LAS NAVES DE CRÍA DE AVES

##### 4.1.5.2.1. Sistemas de explotación para ponedoras

La evaluación de los sistemas de explotación para ponedoras debe tener en consideración los requisitos establecidos por la Directiva 1999/74/CE sobre la protección de las gallinas ponedoras. Estos requisitos prohíben la instalación de sistemas de jaulas convencionales desde 2003 y llevará a una prohibición total del uso de dichos sistemas de jaulas en 2012.

La prohibición de los sistemas de jaulas convencionales obligará a los granjeros a utilizar las denominadas jaulas acondicionadas, o sistemas sin jaulas (sistemas alternativos). Esto tiene consecuencias a la hora de evaluar las inversiones en la remodelación de los sistemas de jaulas convencionales y en la instalación de nuevos sistemas. Para cualquier inversión en sistemas que serán prohibidos por la Directiva, sería aconsejable calcular un periodo de amortización de los costes asociados de 10 años.

#### Estabulación en jaulas

La mayoría de gallinas ponedoras se siguen explotando en jaulas, por lo que la práctica totalidad de la información sobre reducción de las emisiones de amoniaco se refiere a este tipo de estabulación. En esta sección sobre explotación en jaulas las técnicas se comparan en relación a un sistema de referencia específico. El sistema de referencia utilizado para la explotación de gallinas ponedoras en sistemas de jaulas es el almacenamiento abierto de gallinaza bajo las jaulas. El estiércol de las jaulas superiores se desliza por bandejas de metal o plástico hasta un canal estercolero común que se suele limpiarse una vez al año. Un esquema de la técnica de estabulación se observa en la siguiente figura:

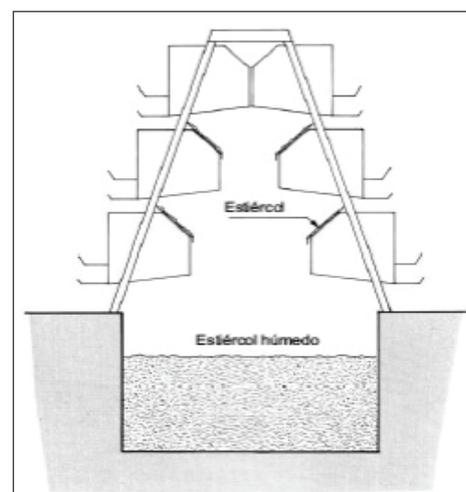


Figura 4.1.5.2.1.1. Sistema de estabulación en jaula con almacenamiento abierto de gallinaza bajo las jaulas.

Las MTD en la reducción de las emisiones de amoniaco en sistemas de estabulación en jaulas son:

- **Un sistema de jaula con eliminación de gallinaza**, al menos dos veces por semana, mediante cintas de gallinaza, a un almacén cerrado. El mantenimiento de las cintas limpias y la retirada frecuente del estiércol a un estercolero cerrado garantiza bajas emisiones de amoniaco en la zona de producción. Una modificación en el sistema de jaulas asegura la retirada del estiércol, agregando extensiones a la tolva de pienso que barren los excrementos a la cinta que pasa entre las jaulas. Este sistema requiere una instalación adicional de almacenamiento de estiércol.

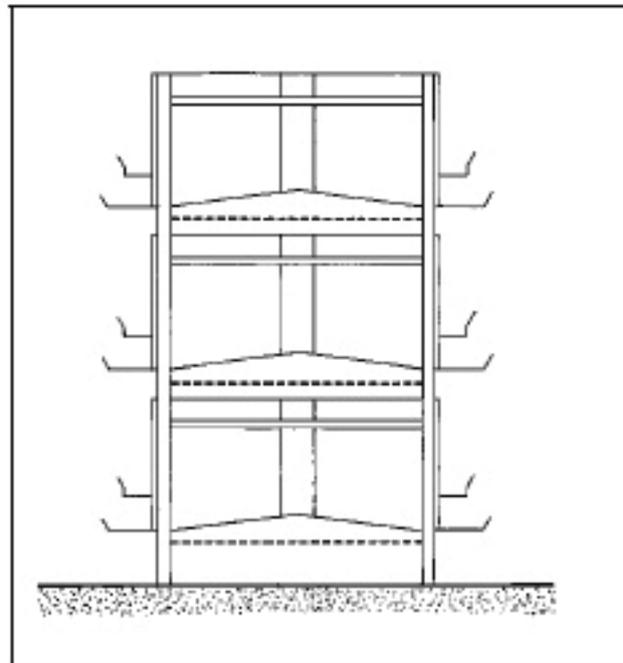
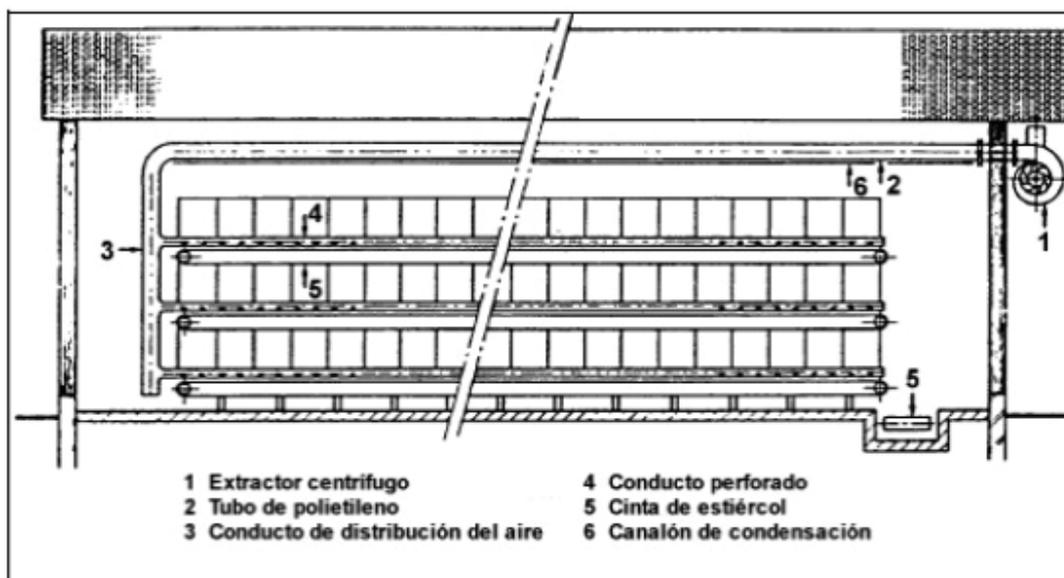


Figura 4.1.5.2.1.2. Sistema de jaula con eliminación de gallinaza mediante cintas.

- **Jaulas verticales de pisos con cinta de gallinaza y con desecación por aire a presión**, en las que la gallinaza se elimina al menos una vez a la semana a un estercolero cubierto. El estiércol de las gallinas ponedoras se recoge en una cinta de estiércol, existiendo una cinta para cada nivel. Sobre la cinta se coloca un tubo perforado que sopla aire (que puede ser precalentado) sobre el estiércol de la cinta. El estiércol se retira de la nave una vez a la semana y se lleva a un almacén cubierto fuera de la nave, donde puede almacenarse durante más tiempo. En algunas granjas, el estiércol se coloca en un contenedor y se saca de la granja en un plazo máximo de dos semanas.

Figura 4.1.5.2.1.3. Sistema de estabulación en jaulas con desecación con aire a presión.



- **Jaulas verticales de pisos con cinta de gallinaza y con desecación centrífuga por aire a presión**, en las que la gallinaza se elimina al menos una vez a la semana a un estercolero cubierto. Este sistema tiene el mismo principio de diseño que el sistema anterior. Hay una serie de palas situadas encima de la cinta de estiércol (con una pala por cada dos jaulas adosadas). Cada pala se acciona por una biela, que mueve simultáneamente todas las palas de la fila, forzando el aire hacia el estiércol de la cinta. La diferencia con respecto al sistema anterior es que el aire de desecación no se capta del exterior, sino que es el aire interno que se mueve sobre la cinta de estiércol. Esto puede ser una ventaja, ya que no hay necesidad de precalentar el aire o de utilizar intercambiadores de calor, como en el caso de los recirculadores de aire (y posteriormente tampoco hay problemas de atascos por polvo como en los intercambiadores o en los conductos de aire). El estiércol se retira de la nave una vez a la semana, con un contenido de materia seca de al menos un 50 %.

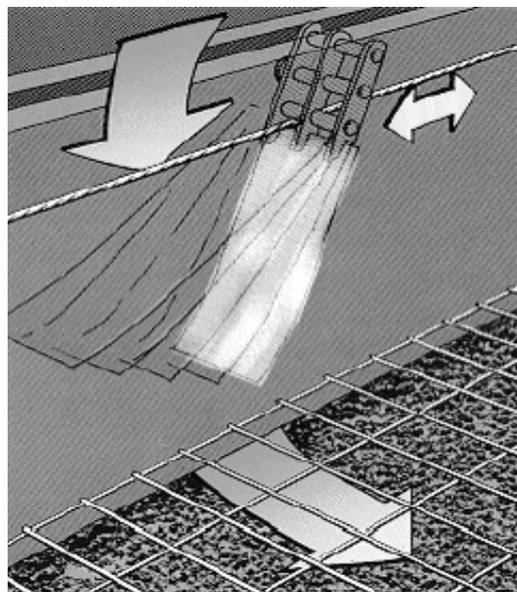


Figura 4.1.5.2.1.4. Sistema de estabulación en jaulas verticales con desecación centrífuga por aire a presión.

- **Jaulas verticales de pisos con cinta de gallinaza y con desecación mejorada por aire a presión**, en las que la gallinaza se elimina al menos una vez a la semana a un estercolero cubierto. El estiércol se retira de la nave cada cinco días a un depósito cubierto, cuyo contenido debe retirarse de la granja cada dos semanas. La desecación del estiércol con este sistema requiere la instalación de un sistema de secado por aire forzado con una capacidad de 0,7 m<sup>3</sup> por gallina ponedora por hora y una temperatura del aire de 17 °C. El periodo máximo de desecación es de 5 días, y el estiércol debe tener un contenido de materia seca de al menos un 55 %.
- **Jaulas verticales de pisos con cinta de gallinaza y con túnel de desecación sobre las jaulas**; la gallinaza se elimina a un almacén cubierto cada 24-36 horas. El diseño de la instalación es similar, en principio, a los sistemas anteriores de cintas de estiércol con desecación por aire. El estiércol se recoge en las cintas bajo las jaulas y se lleva a un extremo de la fila de jaulas. Desde ahí se eleva hasta las cintas de desecación situadas dentro de un túnel de secado encima de las jaulas; el túnel de secado recorre toda la longitud de la fila de jaulas. Al final de un recorrido completo desde un extremo a otro del túnel, el estiércol se descarga desde cada cinta a la cinta inferior dentro del túnel, que recoge todos los excrementos desecados y hace un último recorrido al extremo opuesto. El túnel se ventila por la acción de extractor centrífugo, que emite el aire por el tejado a través de una chimenea. El aire de secado se toma del interior de la nave, en los dos extremos opuestos del túnel. Las cintas se mueven a una velocidad tal que el recorrido completo dentro del túnel dura unas 24-36 horas.

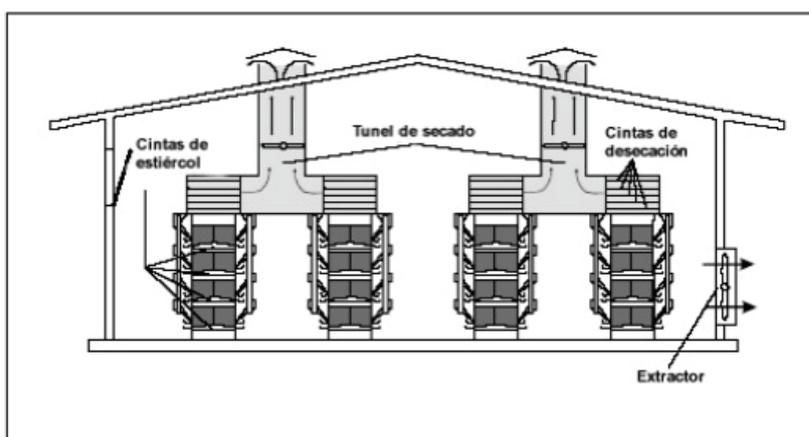


Figura 4.1.5.2.1.5. Sistemas de estabulación de jaulas verticales con cinta de gallinaza y con túnel de desecación.

La desecación de la gallinaza en las cintas transportadoras requiere energía. Aunque no se han recogido los consumos energéticos para todas las técnicas, una mayor reducción de emisiones requiere generalmente un mayor aporte energético (en kWh/ ave/ año). Una excepción es la desecación forzada por palas, que consigue, con un menor consumo energético, una reducción de emisiones similar a la desecación forzada con aire a presión.

### MTD condicional

**El sistema de fosa de estiércol es MTD condicional** (las jaulas apiladas verticalmente en la parte superior de la nave tienen una conexión abierta con la zona de almacenamiento situada en la parte inferior). En regiones en las que predomina el clima mediterráneo, este sistema es MTD. En zonas con temperaturas medias mucho más bajas, esta técnica puede presentar emisiones de amoníaco considerablemente mayores, por lo que no es MTD a menos que se incorpore un sistema de desecación de la gallinaza en la fosa.

### Estabulación sin jaulas

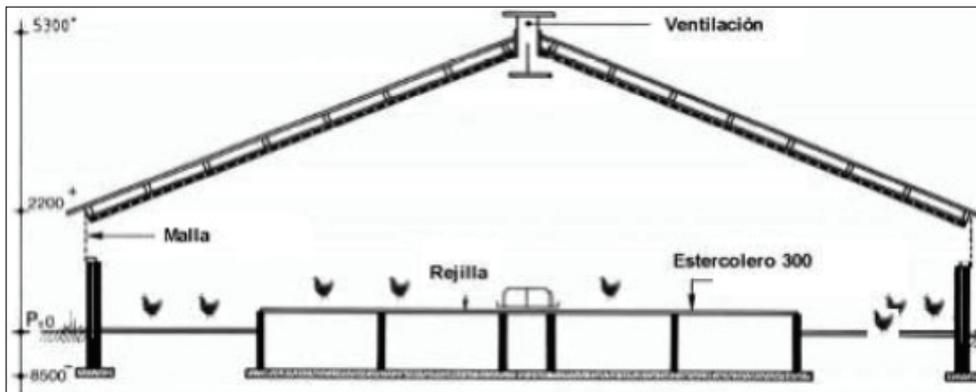
En esta sección de estabulación sin jaulas las técnicas se comparan frente a un sistema de referencia específico. El sistema de referencia utilizado para la estabulación de gallinas ponedoras en sistemas sin jaulas es el sistema de parque con yacija sin aireación. Las gallinas están en una nave tradicional por lo que respecta a las paredes, techo y ciementos. Las naves, aisladas térmicamente, tienen ventilación forzada y no tienen ventanas. Las aves se mantienen en grupos grandes, con unas 2.000 a 10.000 plazas por instalación. El aire se elimina por ventilación natural o ventilación forzada con presión negativa. De acuerdo con la Normativa de Comercialización de Huevos de la UE actualmente en vigor, al menos un tercio de la superficie del suelo (piso de cemento) debe estar cubierto con cama (se utiliza paja triturada o el estercolero está cubierto con enrejados de madera o material artificial malla metálica o enrejado de plástico) y ligeramente elevados. La zona de puesta, la instalación de alimentación y el suministro de agua se colocan sobre el enrejado para mantener seca la zona con yacija. El estiércol se recoge en una fosa séptica situada bajo el enrejado durante el periodo de puesta (13-15 meses).

El suministro automático de alimento y agua de beber, con comederos longitudinales o comederos circulares automáticos (comederos de bandeja) y bebederos de boquilla o bebederos circulares, se instala sobre la zona de la fosa de estiércol. Los excrementos se retiran de la fosa al final de un periodo de puesta determinado; o intermitentemente, con ayuda de cintas de quita-estiércol (ventiladas). Al menos un tercio del caudal de aire utilizado se extrae a través del estercolero. Se dispone de nidos individuales o colectivos para la puesta aunque también es posible la recolección automática de los huevos. Pueden aplicarse programas de iluminación para influir sobre el rendimiento/ritmo de puesta y alimentación adaptada con proteína cruda.

Las MTD en la reducción de las emisiones de amoníaco para sistemas de estabulación sin jaula de los pollos para carne son:

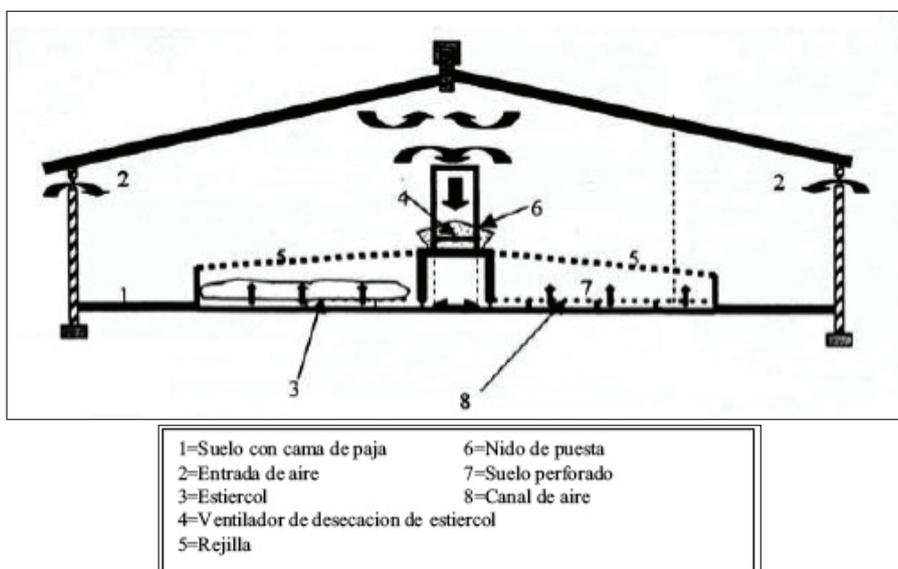
- **Un sistema de corral con yacija y desecación forzada por aire.** Este sistema se basa en el sistema anterior, pero aquí se reducen las emisiones de amoníaco aplicando ventilación forzada. La ventilación forzada se aplica a través de tubos que generan un caudal de 1,2 m<sup>3</sup> de aire por hora a una temperatura de 20 °C sobre el estiércol almacenado bajo el enrejado, o sobre el estiércol que está siendo retirado por las cintas (aireadas).

Figura 4.1.5.2.1.6. Sistema de corral con yacija y desecación forzada por aire.



- Un sistema de corral con yacija con suelo perforado y desecación forzada por aire.** La nave de ponedoras es tradicional (paredes, techo, etc.). La relación entre cama y "suelo enrejado" es de 30:70. La zona de los nidos está incluida en la zona de suelo enrejado. Bajo el estiércol hay un suelo perforado y las rejillas, lo que permite el transporte del aire utilizado para desecar el estiércol situado encima. La carga máxima de este suelo perforado es de 400 Kg./m<sup>2</sup>. La distancia entre el fondo del foso y el suelo perforado (canal de aire) debe ser de 10 cm. El suelo perforado tiene una superficie total de aberturas de aire del 20 % de su superficie total.

Figura 4.1.5.2.1.7. Sistema de yacija con suelo perforado y desecación forzada del estiércol.



- Un sistema de aviario con o sin salida libre al exterior y/o zona de exterior para escarbar.** Esta instalación avícola es una construcción con aislamiento térmico y ventilación forzada, bien sin ventanas, bien con ventanas para disponer de luz natural, y con iluminación artificial para aplicar programas de iluminación. Las naves pueden combinarse con corral y zona exterior de picoteo. Las aves se mantienen en grandes grupos y disfrutan de libertad de movimiento en toda el área de la instalación. El espacio de la instalación está subdividido en distintas zonas funcionales (alimentación y abrevado, zona de descanso y para dormir, zona de puesta de huevos). Las aves pueden utilizar diversos niveles, lo que permite mayores densidades de población que el régimen común de parque (yacija). Los ex-

crementos se llevan a través de cintas de estiércol a contenedores, o a un canal estercolero, o son recogidos directamente a una fosa de estiércol. La yacija se esparce sobre un piso fijo de cemento. El pienso (principalmente por transportadores de cadena) y el agua de bebida (bebederos de boquilla o taza) se suministran automáticamente. Los nidos (diseño de nido individual o comunitario) tienen recolección manual o automática de huevos.

Un inconveniente del sistema de aviario es el elevado nivel de polvo que puede producirse en el interior de la nave. Los niveles elevados de polvo producen una serie de problemas de salud animal y tienen un efecto negativo sobre las condiciones de trabajo.

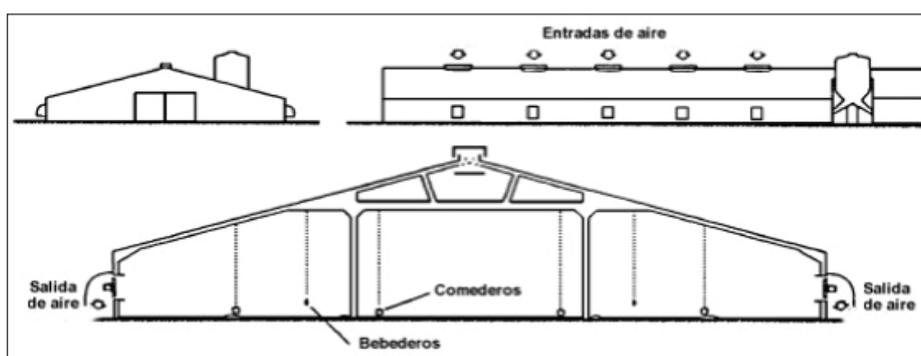
Sobre la base de la información referente a los sistemas de estabulación de ponedoras actualmente disponibles, la evaluación de las MTD muestra que la mejora del bienestar de los animales tendría efectos negativos en la reducción de las emisiones de  $\text{NH}_3$  de las naves de explotación.

#### 4.1.5.2.2. Sistemas de estabulación para pollos de carne

**La MTD es:**

- **Naves con ventilación natural con suelo totalmente recubierto con yacija y equipadas con sistemas de abrevadero sin vertidos.** La instalación típica para la producción intensiva de pollos de carne (broilers) es una nave simple cerrada de cemento o madera con luz natural o sin ventanas con sistema de iluminación, aislada térmicamente y con ventilación forzada. También se utilizan naves construidas con paredes laterales abiertas (ventanas con cortinas tipo celosía); se aplica ventilación forzada (principio de presión negativa) mediante ventiladores y válvulas de entrada de aire. Las naves abiertas deben estar situadas de modo que queden libremente expuestas a una corriente natural de aire y estén en perpendicular a la dirección predominante del viento. Los extractores adicionales operan a través de ranuras en el caballete del tejado, o pueden practicarse aberturas en el tejado. Esto tiene por finalidad proporcionar a la zona de alojamiento de los pollos una circulación adicional de aire durante los periodos calurosos en verano. Pantallas de tela metálica de malla a lo largo de las paredes laterales evitan la entrada de aves silvestres. Los pollos están sobre cama de yacija (paja triturada, serrín o papel triturado) que cubre todo el suelo de la nave que, a su vez, está construido como una losa de cemento sólido. La gallinaza se retira al término de cada periodo de crecimiento. Se aplican sistemas automáticos de alimentación y abrevado, de altura ajustable (principalmente comederos de tubo con comederos de bandeja redondos y bebederos de boquilla con tazas de recogida del agua que gotea). Los pollos se alimentan con un pienso adaptado con proteína cruda. La densidad de aves es de 18 a 24 aves/m<sup>2</sup>, pudiendo albergar entre 20.000 y 40.000 broilers.

Figura 4.1.5.2.2.1. Esquema de una nave de referencia en la producción de pollo de carne.



- **Naves bien aisladas con ventilación por extractores con suelo totalmente recubierto de yacija y equipadas con sistemas de abrevadero sin vertidos.** Igual que el anterior cambiando el sistema de ventilación.

### MTD condicional

**El sistema Combideck** calienta el suelo y los materiales (como la yacija) situados sobre el mismo. El sistema consiste en una bomba de calor, una instalación de almacenamiento subterráneo compuesta de tubos, y una capa aislante de placas huecas (espacio intermedio 4 cm) unos 2-4 metros bajo el suelo. El sistema utiliza dos ciclos de agua: uno que suministra a la nave y el otro que actúa como almacenamiento subterráneo. Ambos ciclos son cerrados y están conectados a través de una bomba de calor. En la nave de pollos, las placas huecas se colocan en una capa aislada situada bajo el suelo de cemento (10–12 cm). Según la temperatura del agua que circula por las tiras, el suelo y la cama de paja se calentarán o enfriarán.

El sistema, también propuesto como técnica para reducir energía, es MTD condicional. Puede aplicarse si las condiciones locales lo permiten; por ejemplo, si las condiciones del suelo permiten la instalación de depósitos subterráneos cerrados del agua circulada. El sistema sólo se aplica en Holanda y en Alemania a una profundidad de 2-4 metros. Todavía se desconoce si este sistema funciona igualmente bien en lugares donde las heladas son más prolongadas y fuertes y penetran en el suelo, o en lugares donde el clima es mucho más caluroso y la capacidad de refrigeración del suelo puede no ser suficiente.

### MTD para instalaciones ya existentes

Aunque las siguientes técnicas pueden conseguir reducciones elevadas de las emisiones de amoníaco no se consideran MTD debido a que son muy caras. No obstante, estas técnicas son MTD si ya están instaladas. Las técnicas son:

- **Un sistema de suelo perforado con sistema de desecación por aire a presión.** El sistema de estabulación es similar a la nave de broilers de referencia. Este sistema tiene un doble suelo. El piso superior tiene perforaciones con una superficie mínima del 4 % del área total del suelo. Las perforaciones están protegidas por una rejilla de plástico o metal. Una corriente de aire ascendente continua fluye a través del suelo perforado con una capacidad mínima de 2 m<sup>3</sup> por plaza. El suelo perforado se cubre con yacija. El estiércol y la cama permanecen en el suelo durante todo el periodo de engorde (unas 6 semanas). La circulación continua de aire seca la yacija (>70 % de materia seca), lo que produce una reducción de las emisiones de amoníaco. Con un diseño mejorado puede optimizarse la distribución del aire de desecación, canalizando la corriente de aire.
- **Un suelo de pisos con sistema de desecación por aire a presión.** El sistema se caracteriza por un tiro continuo descendente o ascendente a través de un sistema de suelo con niveles cubierto con yacija. El aire de ventilación se extrae a través de conductos de ventilación especiales situados bajo el suelo (4,5 m<sup>3</sup> por hora por plaza). El suelo flotante es de una cinta de polipropileno perforado. Los compartimentos en los que viven los animales tienen una anchura de 3 m y una longitud correspondiente a la longitud de la nave. El sistema de suelo se compone de niveles (3 o 4). Tras el periodo de engorde, el suelo móvil puede transportar a los pollos al final de la nave, donde los animales son colocados en contenedores para su transporte al matadero.
- **Un sistema de jaulas de pisos con paredes móviles y la desecación de la gallinaza por aire a presión.** El sistema es un sistema de jaulas con varios niveles. La instalación en sí es una nave de construcción convencional,

ventilada por extractores. El sistema tiene niveles de 1,5 metros de ancho, en secciones de 6 metros de largo. Cada nivel tiene un sistema de rejillas recubiertas que permite el paso de aire a lo largo de toda su longitud. Una capa de serrín cubre las rejillas, lo que permite que los pollos escarben y defequen. Hay tubos de aire situados a los lados del sistema para aportar aire fresco y secar el estiércol en las cintas. En mitad de cada nivel hay un tubo adicional para aportar aire fresco a los broilers. Al final de cada periodo de engorde se quitan los laterales de las jaulas y los pollos se sacan a través de una cinta transportadora. El estiércol se transporta en la misma cinta a un contenedor cerrado para eliminarlo de la granja.

#### 4.1.5.3. ALMACENAMIENTO DE ESTIÉRCOL.

**La MTD es diseñar instalaciones de almacenamiento de gallinaza con capacidad suficiente hasta poder efectuar el tratamiento o la aplicación en el suelo.** La capacidad requerida dependerá del clima y de los periodos en los que la aplicación en el suelo no sea posible.

#### Montones de estiércol

Para un montón temporal de gallinaza en el campo, **la MTD es situar el montón de estiércol lejos de receptores sensibles como vecinos y cursos de agua** (incluidos arroyos del campo) en los que pueda entrar líquido de escorrentía.

#### 4.1.5.4. TÉCNICAS PARA EL ESPARCIMIENTO EN EL SUELO DE GALLINAZA

**La MTD para el esparcimiento (húmedo o seco) de gallinaza sólida es la incorporación en el plazo de 12 horas.** La incorporación sólo puede aplicarse a tierra cultivable o tierra que pueda ser fácilmente cultivable. La reducción de las emisiones alcanzable es del 90 % pero este dato es muy específico de la zona de aplicación y sirve sólo como ilustración de una posible reducción.

## 4.2. MATADEROS E INDUSTRIAS DE SUBPRODUCTOS ANIMALES

### 4.2.1. Ámbito de aplicación

Este BREF cubre las actividades industriales especificadas en los párrafos 6.4.a) y 6.5. del Anexo I de la Directiva, es decir,

- 6.4.a) mataderos con una capacidad de producción de canales superior a 50 T/día, y
- 6.5. Instalaciones para la eliminación o el aprovechamiento de canales o desechos de animales con una capacidad de tratamiento superior a 10 T/día.

Aunque algunos procesos, en un primer examen, se clasificarían como actividades 6.5, se incluyen en este documento como actividades asociadas a las incluidas en 6.4.a) por entrar en ese ámbito.

Para animales grandes, como el ganado bovino, ovino y porcino, se considera que la actividad de sacrificio termina

con el proceso de despiece habitual, y para las aves de corral, con la producción de una canal entera limpia y lista para la comercialización. En los últimos años ha habido cambios en la terminología utilizada para describir la producción de los mataderos. Así, se utiliza cada vez más el término «*subproducto*», que se usa con frecuencia en este documento o el término «*desechos*», que se utiliza únicamente para referirse a las actividades de eliminación.

Las actividades aquí cubiertas relacionadas con los subproductos animales incluyen el tratamiento de canales enteras, partes de animales y productos de origen animal. Estas actividades incluyen el tratamiento de subproductos animales destinados o no al consumo humano. Las actividades relacionadas con los subproductos cubren una amplia gama. Incluyen la fusión de grasas, la extracción de grasas, la producción de harina y aceite de pescado, el procesado de huesos y el procesado de sangre llevado a cabo en los mataderos y su utilización como componente en la preparación de otros productos. La incineración de canales, partes de las mismas, harina animal y sebo, está cubierta principalmente como formas de eliminación de desechos. También están cubiertos el esparcimiento y la inyección en tierra, la producción de biogás, el compostaje y la conservación de cueros y pieles para su uso en curtiduría, mataderos y la fabricación de gelatina. Los vertederos no están cubiertos salvo cuando se mencionan como forma de eliminación de desechos.

#### 4.2.2. Principales problemas medioambientales

##### Problemas medioambientales clave relacionados con los mataderos

Los problemas medioambientales más significativos relacionados con las operaciones de los mataderos son el consumo de agua, los vertidos al agua de líquidos de alta concentración orgánica y el consumo de energía que conllevan la refrigeración y el calentamiento de agua. La sangre tiene el mayor nivel de demanda química de oxígeno (DQO) de todos los efluentes líquidos que emiten los mataderos tanto de animales grandes como de aves, y su recogida, almacenamiento y tratamiento son claves para la evaluación y el control. En la mayoría de los mataderos los equipos de refrigeración son los que más electricidad consumen, ya que pueden representar entre el 45 % y el 90 % del consumo total durante los días laborables y casi el 100 % durante los periodos de inactividad. La legislación alimentaria y veterinaria exige que los mataderos utilicen agua potable, lo que hace prácticamente imposible la reutilización del agua. Esto incide en el consumo y la contaminación del agua, así como en el consumo energético cuando el agua se calienta. La emisión de olores procedentes, por ejemplo, del almacenamiento y tratamiento de sangre y de las depuradoras de aguas residuales puede ser el asunto medioambiental más problemático del día a día. También los ruidos causados, por ejemplo, durante la descarga y conducción de animales o por los compresores pueden causar problemas a nivel local.

##### Problemas medioambientales clave de las instalaciones de subproductos animales

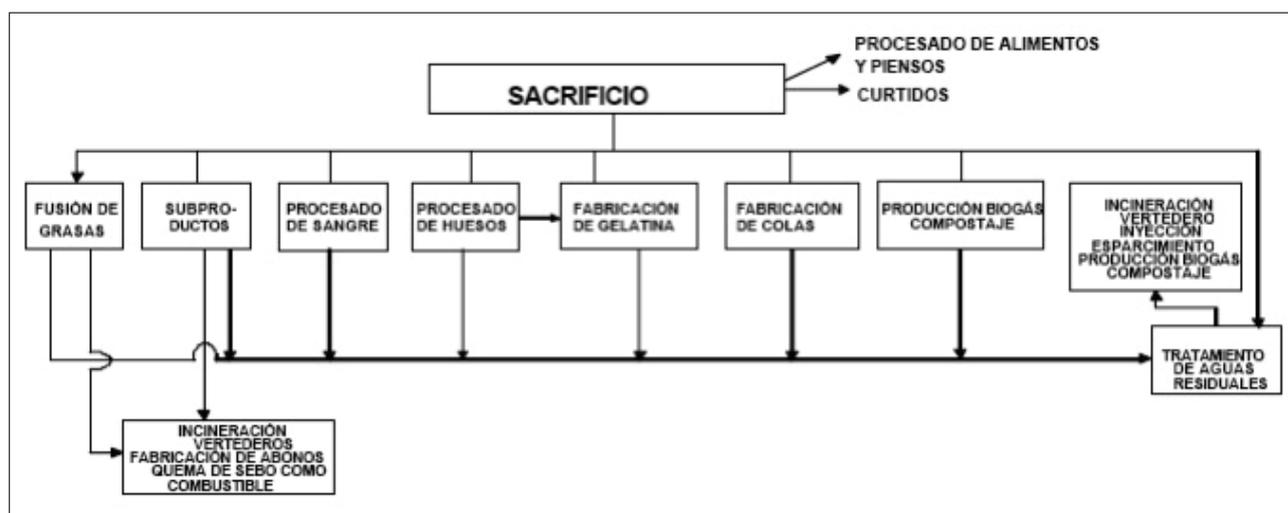
Todas las instalaciones de subproductos animales pueden verter líquidos de alta concentración orgánica al agua y originar problemas de olores a nivel local. Si los subproductos animales no se tratan rápidamente tras el sacrificio y antes de la descomposición, causan problemas de olor y/o de calidad, así como problemas con las aguas residuales en fases posteriores. La refrigeración minimiza su descomposición, pero consume energía. Los olores son un asunto medioambiental clave en la extracción de grasas y la producción de harina y aceite de pescado, incluso cuando se procesan subproductos frescos. El consumo de energía también es fundamental en las instalaciones que realizan actividades de secado, es decir, fusión de grasas, extracción de grasas, producción de harina y aceite de pescado, procesado de sangre, fabricación de gelatina y fabricación de colas. Las emisiones atmosféricas de productos gaseosos procedentes de la combustión son un problema que afecta a las incineradoras. La posibilidad de infección relacio-

nada con la destrucción de materiales de riesgo de EET es un problema relacionado con los centros de extracción de grasas y las incineradoras. Al hacer compostaje y cuando el subproducto o los desechos producidos por un proceso se puedan depositar en vertederos, esparcir o inyectar en tierra, debe tenerse en cuenta la posibilidad de infección relacionada con la destrucción de sustancias patógenas. La infestación de insectos, roedores o aves puede ser un problema durante el almacenamiento y el uso de subproductos animales. El consumo de agua durante la fabricación de gelatina es significativo.

#### 4.2.3. Emisión de olor

En primer lugar, y para entender mejor como se estructuran las actividades recogidas y descritas en este BREF, se ha incluido el siguiente diagrama que representa el flujo de materia y las relaciones entre las distintas instalaciones:

Figura 4.2.3.1. Relaciones entre los mataderos y las actividades de fases posteriores.



Se han identificado emisiones de olor en las siguientes operaciones llevadas a cabo en los mataderos, en general:

- Descarga y lavado de vehículos
- Almacenamiento de materias primas
- Sacrificio de los animales
- Sangrado
- Eliminación de la piel
- Destripado
- Tratamiento rojo y verde de las menudencias
- Lavado de tripas e intestinos
- Almacenamiento de los subproductos

Para mataderos de cerdos también suponen emisiones de olor los procesos de chamuscado, tratamiento de la corteza, despiece y la limpieza de las instalaciones. Para el caso de las instalaciones de subproductos animales se ha realizado la siguiente tabla, en la que se han recogido los principales problemas de olor señalados en el documento:

Tabla 4.2.3.1. Problemas de olor de las instalaciones de subproductos animales.

Instalaciones de subproductos animales	Problemas de olor	Comentarios
Fusión de grasas	SI	– Tanto en los procesos secos como en los húmedos
Extracción de grasas	SI	– Descomposición de la materia prima (amoníaco, compuestos azufrosos, etc) – Descarga de las cocinas, prensas y/o centrifugas – Emisiones fugitivas desde el tanque de almacenamiento, limpieza en seco, o edificios de proceso
Producción de harina y aceite de pescado	SI	– Durante la descarga de los materiales, secado y desde los edificios de producción – Causado por el NH <sub>3</sub> y las aminas creadas por descomposición anaerobia
Procesamiento de sangre	SI	– Niveles de hasta 8·10 <sup>6</sup> OU/m <sup>3</sup> en el interior de los tanques de almacenamiento.
Procesado de huesos	NO	–
Fabricación de gelatina	NO	–
Incineración de carcasas, partes de carcasas y carne y huesos	SI	– Procedente del almacenamiento y preparación del material. – Emisiones de gas desde el incinerador cuando se produce una reacción pobre en oxígeno.
Quemado de sebos	SI	– Carga y descarga del sebo
Producción de biogas	SI	– Almacenamiento y preparación de materias primas y desde las EDARs
Compostaje	SI	– Principalmente en el almacenamiento de preparación de la materia (secado, tamizado...) – También pueden producirse emisiones fugitivas desde la zona de compostaje.
EDARs en las instalaciones de subproductos	SI	– Cuando se tratan materiales con problemas de mal olor – Durante el tratamiento de los lodos

En el documento se recogen una gran cantidad de técnicas que el GTT ha estudiado para poder luego decidir cuáles son las mejores técnicas disponibles (MTD). De todas las técnicas descritas, sólo algunas de ellas conllevan una reducción en las emisiones de olor. Éstas han sido resumidas en la siguiente tabla:

Tabla 4.2.3.2. Técnicas aplicadas en los mataderos y las instalaciones de subproductos animales recogidos en el documento BREF que conllevan reducción de olor

TÉCNICA	COMENTARIO
<b>GENERALES</b>	
Almacenamiento de las materias primas durante el menor tiempo y a ser posible refrigerado	– Dependiendo de la naturaleza del material – Para sólidos < 5 °C – Para líquidos < 10 °C
Auditoria de olor	– Identificación y posterior caracterización de todas las posibles fuente de olor – Estudio de todos los procesos y zonas de producción – Intentar solucionar sin emplear muchos medios
Encerrar los subproductos animales durante la carga/descarga transporte y almacenamiento	– Construir un túnel sellado con aspiración para la carga/descarga de materiales – Mantener las puertas de estas zonas cerradas con alarmas por si quedan abiertas (sólo el acceso peatonal)
Limpieza frecuente de las zonas de almacenamiento	– Efecto cruzado con el consumo de agua
Transporte de sangre en tanques aislados	– Evitar el aumento de temperatura por encima de los 2°C durante el transporte.
Biofiltros	– Sistemas de tratamiento de gases de otras zonas de las instalaciones – Descrito con detalle en otras BREFs – Efecto cruzado en gastos energéticos
Control de olor usando filtros de carbón activo	– Adsorbe las moléculas malolientes de la corriente gaseosa
Dilución de los olores por captura y emisión desde una o más chimeneas	– Captar los gases de las instalaciones y emitir desde una chimenea alta que asegure la dilución con el aire. – No reduce la emisión, pero sí la percepción de olor en la vecindad

TÉCNICA	COMENTARIO
Prevenir el estancamiento de las aguas residuales	– Las tuberías deben ser lo suficientemente grandes para drenar toda el agua y evitar así el estancamiento. Pueden producirse emisiones de olor por la degradación anaerobia del agua estanca
Minimizar los escapes líquidos y cubrir los tanques de tratamiento de aguas residuales	– Tanques sellados y cubiertos – Debe ventilarse el interior de los tanques para evitar la degradación anaerobia
Minimización de los escapes líquidos y aireación de los tanques	– Sellar la base y los lados de los tanques – Evitar la contaminación de suelo y aguas superficiales – Reducir olores si se airea el tanque y se previene la anaerobiosis.
Colección continua, seca y segregada de subproductos a lo largo de la línea de matadero	– Reducción más importante en el consumo de agua – Con la segregación se reducen los olores de los materiales que por naturaleza tienen un olor intenso
<b>MATADEROS</b>	
Refrigeración / Enfriamiento de la sangre	– Temperatura < 10 °C (a 4 °C se han detectado 1000 OU/m <sup>3</sup> y a 30 °C 60000 OU/m <sup>3</sup> )
Aislamiento y cubrimiento de los tanques de escaldado de los cerdos	– Reducción de la pérdida de calor desde el tanque – Al evitar la evaporación se reducen los problemas de olor asociados con ella
Reducción de polvo en la recepción de aves en las estaciones de descarga	– Debido al aleteo de los pájaros se producen grandes emisiones de polvo acompañadas de olor – Se aconseja el uso de scrubbers húmedos para conseguir reducción de olores
<b>ALMACENAMIENTO Y PREPARACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS DE LOS MATADEROS</b>	
Almacenamiento y manejo segregado de los distintos tipos de subproductos	– Almacenamiento segregado en las condiciones oportunas según la degradación del material almacenado
Mantenimiento de presión negativa en las zonas de almacenamiento, preparación y procesamiento	– Las zonas señaladas pueden conectarse con un sistema de eliminación de olores (scrubbers húmedos)
Sellado de las zonas de almacenamiento, preparación y carga del material	– Con posibilidad de aplicar presión negativa en el interior
Usar material fresco refrigerado	– Utilizarlo lo más fresco posible porque se consiguen reducciones en las emisiones al aire y al agua, y por tanto también es necesaria menor energía para tratarlas
<b>EXTRACCIÓN DE GRASAS</b>	
Línea de extracción totalmente cerrada	– Toda la línea, incluida, se realiza en zonas cubiertas
Aplicación de técnicas de reducción de olor a los gases al final de proceso	– Bioscrubber – Scrubber húmedo – Oxidación térmica de gases de combustión, gases no condensables y aire de los almacenes – Quema de los gases malolientes, incluyendo no condensables y los procedentes de las calderas – Scrubber de dióxido de cloro generado por clorato potásico – Uso de H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> para eliminar el H <sub>2</sub> S de las aguas residuales
<b>PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE DE PESCADO</b>	
Utilizar materiales frescos con bajo contenido en nitrógeno volátil	– Deterioro del material durante el almacenamiento en condiciones anaeróbicas. Se generan sustancias olorosas (NH <sub>3</sub> , aminas, ...)
Incineración de los malos olores con recuperación de calor	– El aire se hace pasar por un scrubber antes de ser incinerado
<b>INCINERACIÓN DE CARCASAS, PARTES DE CARCASAS Y SEBO ANIMAL</b>	
Zonas cubiertas para el recibimiento, almacenamiento, preparación y procesamiento de los subproductos animales	– Los edificios pueden incorporar filtros y ventiladores
Limpieza y desinfección de los vehículos y los equipos después de cada recepción	– Lavado húmedo y desinfectado con la cantidad óptima de hidróxido de sodio
Transportadores de carcasas que no arrastren el material	– Reducen el agua de lavado el olor derivado de los materiales que quedan en el suelo
Agujero de alimentación al incinerados de las carcasas y el suelo	– Una alimentación mecánica y cerrada evitará problemas de olor y mantendrá la reacción de combustión
Conducir el aire de la instalación hasta la zona de precombustión	– Desde las zonas con mayor problemas de olor (preparación y almacenamiento del material)
Limpieza regular y desinfección de los equipos e instalaciones.	– Los edificios pueden incorporar filtros y ventiladores Semanalmente
Operar con técnicas de reducción de olor cuando el incinerador no funcione anteriormente en este documento	– Los edificios pueden incorporar filtros y ventiladores Cualquiera de las descritas anteriormente
Incinerador de carcasas integrado en el matadero	– Los edificios pueden incorporar filtros y ventiladores Con capacidad > 50 t/día

#### 4.2.5. Mejores técnicas disponibles en la reducción de las emisiones de olor

Aunque los olores se consideran en general un problema local, en realidad pueden constituir el problema medioambiental cotidiano más molesto para los mataderos y las instalaciones de subproductos animales, razón por la que debe ser controlado. La causa típica es la descomposición de subproductos animales, lo que tiene otras consecuencias ambientales como, por ejemplo, la reducción de las posibilidades de aprovechamiento de los subproductos animales y, consecuentemente, el aumento de los desechos. Asimismo, las sustancias que originan los olores pueden también causar problemas en el tratamiento de las aguas residuales.

El problema de los olores ha sido tratado en detalle por el GTT y se han establecido MTD para minimizarlo y eliminarlo cuando la prevención resulta imposible. La principal conclusión es **que los subproductos animales deben utilizarse o ser eliminados lo antes posible después del sacrificio del animal**. Las técnicas de conservación para evitar la descomposición y minimizar la formación de sustancias malolientes y las técnicas de disminución tienen efectos cruzados significativos como, por ejemplo, el consumo de energía, y suelen requerir importantes inversiones económicas y elevados costes de funcionamiento. Aun así, teniendo en cuenta los efectos cruzados, sus implicaciones generales y los factores económicos, el GTT concluyó que aplicar algunas de estas técnicas es MTD, pero sólo si los subproductos animales no pueden tratarse antes de que se formen las sustancias malolientes o si los subproductos animales o el proceso son intrínsecamente malolientes.

Algunos ejemplos de las MTD identificadas son: **almacenar los subproductos animales durante periodos cortos y, si es posible, refrigerarlos**; en los casos en que no sea posible tratar la sangre u otros subproductos animales antes de que su descomposición comience a causar problemas de olores y/o de calidad, refrigerarlos lo antes posible y por el periodo más breve posible, para minimizar la descomposición; cuando se utilicen o se produzcan sustancias intrínsecamente malolientes durante el tratamiento de subproductos animales, **pasar los gases olorosos de baja concentración y alto volumen por un biofiltro**. Para la extracción de grasas, cuando haya sido imposible utilizar materias primas frescas y minimizar así la producción de sustancias malolientes, las MTD consisten en lo siguiente: **quemar los gases no condensables en una caldera y pasar los gases olorosos de baja concentración y alto volumen por un biofiltro o quemar todos los gases de vapor en un incinerador térmico y pasar los gases olorosos de baja concentración y alto volumen por un biofiltro**. Para la producción de harina y aceite de pescado, la MTD consiste en **utilizar materia prima fresca** (baja en nitrógeno volátil total) **e incinerar el aire maloliente recuperando el calor**. Para la incineración de subproductos animales, algunos ejemplos de MTD incluyen: **canalizar el aire de la instalación y el equipo de precombustión a cámaras de combustión**, utilizar técnicas contra la propagación de olores y, cuando el incinerador no funcione y la prevención de olores no sea factible por medios razonables, **utilizar un filtro de carbono para la reducción de olores**.

### 4.3. INDUSTRIAS DE LA ALIMENTACIÓN, BEBIDAS Y LECHE

#### 4.3.1. Ámbito de aplicación

El documento de referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles (BREF) en las industrias de la Alimentación, las Bebidas y la Leche se basa en un intercambio de información llevado a cabo con arreglo al apartado 4.1.2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo, sobre las actividades enumeradas en el anexo 1 de dicha directiva:

- 6.4. b) producción de alimentos mediante tratamiento y transformación a partir de:
  - materia prima animal (que no sea leche) con una capacidad de producción de productos acabados superior a 75 t/día,

- *materia prima con una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 t/día (valor medio trimestral);*
- *c) tratamiento y transformación de la leche, con una cantidad de leche recibida superior a 200 t/día (valor medio anual).*

El ámbito de aplicación incluye toda la gama de actividades de producción de piensos y alimentos para el consumo humano que puedan encontrarse en las instalaciones europeas con una capacidad que supere los valores límites citados.

El documento de referencia no cubre las actividades a pequeña escala, como la restauración, o las que no utilicen materias primas animales o vegetales. Se excluyen también las actividades de las primeras fases de la cadena productiva, como la agricultura, la caza, el sacrificio de animales y la fabricación de productos no alimenticios, como jabón, velas, cosméticos y productos farmacéuticos, así como la fabricación de gelatina y de cola a partir de cueros, pieles y huesos.

No se incluye el envasado, excepto el de productos alimenticios, bebidas y productos lácteos en las instalaciones.

#### 4.3.2. Información general

Los problemas medioambientales más significativos de las instalaciones de este sector son el consumo de agua y la contaminación, el consumo de energía y la minimización de residuos. El olor, junto con el polvo, se citan como los principales contaminantes atmosféricos de los procesos ABL. El mal olor es un problema local relacionado tanto con los procesos, como con el almacenamiento de materias primas, subproductos o residuos.

En el documento de referencia se recoge la siguiente tabla resumen en la que se muestran los principales problemas medioambientales que presentan algunas industrias del sector del ABL:

Tabla 4.3.2.1. Principales problemas medioambientales de la industria ABL

	Water use	Waste water	Chemicals use	Air pollution	Noise	Odour	Solid output	Energy use	
								Heating	Cooling and refrigeration
Meat and poultry	yes	yes		yes		yes	yes	yes	yes
Fish and shellfish	yes	yes			yes	yes	yes	yes	yes
Fruit and vegetables	yes	yes					yes	yes	yes
Vegetable oils and fats	yes	yes	yes	yes		yes	yes	yes	yes
Dairy products		yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
Dry pasta	yes			yes				yes	
Starch	yes	yes		yes			yes	yes	
Sugar	yes	yes					yes	yes	
Drinks	yes	yes					yes	yes	yes
Breweries	yes	yes		yes	yes	yes	yes	yes	yes
Citric acid fermentation	yes	yes					yes	yes	

This table shows the key environmental issues for each sector and does not represent comparative quantitative data

Como se puede observar en la tabla, sólo cinco de los once tipos de industrias en los que se ha dividido el sector, presentarían problemas de olor. Estos son la industria de la carne (incluida la de ave), la del pescado y los moluscos, aceites y grasas vegetales, productos de consumo diario (leche, queso, yogurt...) y fábricas de cerveza.

### 4.3.3. Procesos y técnicas aplicados

Para la descripción de los procesos y técnicas aplicados en la industria del ABL se ha realizado una distinción entre los que son comunes para todo el sector, y por tanto se emplean en varios tipos de industria ABL distintos, y los que son específicos de cada tipo de industria.

Los primeros se describen agrupándolos en nueve categorías:

- recepción y preparación de materiales;
- reducción del tamaño;
- mezcla y conformado;
- técnicas de separación;
- tecnologías de transformación de productos;
- tratamiento por calor y/o concentración por calor;
- transformación por eliminación de calor;
- operaciones posteriores a la transformación; y procesos relacionados con equipos o servicios auxiliares.

Dentro de cada una de estas categorías, se describen de cuatro a catorce operaciones unitarias (ver Tabla 4.3.4.1.1.). Para cada uno de estos procesos recogidos se indican cuáles son los objetivos y el campo de aplicación, así como una breve descripción de la técnica, los métodos y el equipamiento utilizado.

En la segunda parte se indica la aplicación de las operaciones unitarias descritas en la parte anterior en los principales sectores ABL, recogidos en la Tabla 4.3.2.1.

### 4.3.4. Niveles actuales de consumo y emisión

En el documento, la información referente a este apartado se presenta con la misma estructura que el apartado anterior, es decir, primero se recoge la información referente a las operaciones comunes a todo el sector, y en segundo lugar se especifican los niveles de consumo y emisión de las operaciones utilizadas en los tipos de industria más importantes del ABL.

#### 4.3.4.1. EL OLOR COMO UNA EMISIÓN ATMOSFÉRICA

Algunas de las emisiones realizadas a la atmósfera, además de ser perjudiciales para el medio ambiente, pueden ser también olorosas. El olor es principalmente un problema local, de hecho, en dos instalaciones idénticas que produzcan los mismos productos y usen las mismas materias primas y procesos de operación, una podría ser motivo de queja mientras que la otra no tendría porque serlo. Existen muchos casos en los que instalaciones previamente situadas en zonas rurales alejadas de las afueras de los pueblos o ciudades se han encontrado con problemas de olor cuando debido al crecimiento de las ciudades se han construido nuevas viviendas en las inmediaciones de la planta.

En la gran mayoría de los países las emisiones de olor están reguladas en las leyes de "molestias". Esta legislación consiste en la especificación de la magnitud de emisión de mal olor o en la concentración máxima de un componente

o grupo de componentes de los cuales se sabe que son causantes de mal olor. La unidad internacionalmente aceptada es la "unidad de olor por metro cúbico" (OU/m<sup>3</sup>) y la técnica de medida de olor más extendida es la olfatometría.

En Alemania, por ejemplo, la legislación vigente tiene por objeto reducir en un 99 % las emisiones de olor que superen los 100000 OU/m<sup>3</sup>. En el "Documento Guía de Emisiones al Aire en los Países Bajos", se indica un límite superior de 5 OU/m<sup>3</sup> para el 98 % de las instalaciones existentes y se sugiere el valor de 0.5 OU/m<sup>3</sup> como límite para el 99.5 % de las nuevas instalaciones.

En lo referente a las emisiones medioambientales que se producen o pueden producirse mediante la utilización de alguna de las operaciones unitarias descritas en el Apartado 4.1.2, se ha realizado la siguiente tabla resumen en la que se recogen el tipo y las características de cada una de las emisiones (el significado de los códigos viene recogido en las Tablas 4.3.1.4.1.1, 4.3.1.4.1.2. y 4.3.1.4.1.3. que también se recogen a continuación).

Tabla 4.3.4.1.1. Emisiones sólidas, al aire y al agua en la industria ABL.

Code	Unit operation	Environmental impact		
		Air	Water	Solid
<b>A. Materials reception and preparation</b>				
A.1	Materials handling and storage			W1
	Tank vents	S1, S3	N	N
	Silos	S2	N	N
	Material handling/transport	S1, S2, S3	E1, E2, E3, E4, E5	W1
A.2	Sorting/screening, grading, dehulling, destemming/destalking and trimming	S1, S2	E1, E2	W1, W3
A.3	Peeling	N	E1, E2	W1
A.4	Washing	N	E1, E2	W1
A.5	Thawing	N	E1, E2	W1
<b>B. Size reduction, mixing, forming</b>				
B.1	Cutting, slicing, chopping, mincing, pulping and pressing	N	E1, E2, E4	W1, W2
B.2	Mixing/blending, homogenisation and conching	S1, S2, S3	E1, E2, E4, E5	W1
B.3	Grinding/milling and crushing	S2, S3	N	W1, W3
B.4	Forming/moulding and extruding	N	E1, E2, E5	W1
<b>C. Separation techniques</b>				
C.1	Extraction	S1, S3	E1, E2	W1, W4
C.2	Deionisation	N	E1, E3, E5	W1
C.3	Fining	N	E1, E2	W1, W3
C.4	Centrifugation and sedimentation	N	E1, E2	W1, W3
C.5	Filtration	M	E1, E2, E4	W1, W3
C.6	Membrane separation	N	E1, E2	N
C.7	Crystallisation	N	E1	N
C.8	Removal of free fatty acids by neutralisation	N	E1, E2, E3, E4	N
C.9	Bleaching	N	N	W1, W3
C.10	Deodorisation by stream stripping	S1, S3	E1, E2, E4	W2
C.11	Decolourisation	N	E1, E2	W1
C.12	Distillation	S1, S3, S4	E1, E2	W1

<b>D. Product processing technology</b>				
D.1	Soaking	N	E1, E2	W1
D.2	Dissolving	N	E1, E2, E6	N
D.3	Solubilisation/alkalising	S1, S2, S3	E1,E2	N
D.4	Fermentation	S1,S4	E1,E2	W1
D.5	Coagulation	N	E1, E2	N
D.6	Germination	S3	N	N
D.7	Brining/curing and pickling	N	E1, E2, E6	W1
D.8	Smoking	S1, S3	E1	N
D.9	Hardening	S1	E1, E2, E4	W5
D.10	Sulphitation	S6	N	N
D.11	Carbonatation	S1, S4, S5, S6, S7	N	W3
D.12	Carbonation	S4	N	N
D.13	Coating/spraying/enrobing/agglomeration/ encapsulation	S1	E1, E2, E4	W1, W2
D.14	Ageing	S1, S3	E1,E2	W1, W6
<b>E. Heat processing</b>				
E.1	Melting	S1	E1, E2, E4	W1, W2
E.2	Blanching	S1	E1, E2, E6	W1
E.3	Cooking and boiling	S1, S3	E1, E2, E4, E5, E6	W1
E.4	Baking	S1, S2, S3, S4	E1, E2, E4	W1
E.5	Roasting	S1, S2, S3, S4, S5	N	W1
E.6	Frying	S1, S3	E1, E2, E3, E4	W1, W2
E.7	Tempering	N	E1,E2	N
E.8	Pasteurisation, sterilisation and UHT	N	E1, E2	W1
<b>F. Concentration by heat</b>				
F.1	Evaporation (liquid to liquid)	S1, S2	E1, E2, E5	N
F.2	Drying (liquid to solid)	S1, S2	E1, E2	W1
F.3	Dehydration (solid to solid)	S1, S2	E1, E2	W1
<b>G. Processing by removal of heat</b>				
G.1	Cooling, chilling and cold stabilisation	S4	M	N
G.2	Freezing	S4, S7	N	N
	Cryoextraction	N	E1	W1, W3
	Concentration by cold	N	E1	N
G.3	Freeze-drying/lyophilisation	N	E2	N
<b>H. Post processing operations</b>				
H.1	Packing and filling	S2	E1, E2	W1, W6
H.2	Gas flushing and storage under gas	S4	N	N
<b>U. Utility processes</b>				
U.1	Cleaning and disinfection	N	E1, E2, E3, E4, E5	N
U.2	Energy generation and consumption	S2, S4, S5, S6	N	N
	Boiler blowdown	N	E5	N
U.3	Water use			
	Demineralisation plant	N	E1, E2, E3, E5	W1, W3
U.4	Vacuum generation	S1	E1	N
U.5	Refrigeration	S7	E5	N
U.6	Compressed air generation	N	N	N

Tabla 4.3.4.1.2. Código de las emisiones al aire utilizados en la Tabla 4.3.4.1.1.

Code	Emissions to air
S1	Odour
S2	Dust
S3	Organics*
S4	CO <sub>2</sub>
S5	NO <sub>2</sub>
S6	SO <sub>2</sub>
S7	NH <sub>3</sub>
M	Minor
N	None

\* Organics covers emissions containing organic material at the actual processing conditions and is regardless of the vapour pressure of the individual components present in the emission

Tabla 4.3.4.1.3. Código de las emisiones al agua utilizados en la Tabla 4.3.4.1.1.

Code	Emissions to water
E1	Soluble organic material (BOD/COD)
E2	Total suspended solids
E3	Acid/alkali
E4	FOG
E5	Nitrate, nitrite, ammonia, phosphate
E6	Dissolved solids
M	Minor
N	None

Tabla 4.3.4.1.4. Código de las emisiones sólidas utilizados en la Tabla 4.3.4.1.1.

Code	Solid outputs
W1	Organic, e.g. waste product/processing materials
W2	Oils/fats/greases
W3	Inorganic, e.g. soil, calcium carbonate and bleaching earth
W4	Solvent
W5	Metals, e.g. nickel catalyst
W6	Packaging from process operations, e.g. paper, cardboard or drums
M	Minor
N	None

Según lo indicado en la Tabla 4.3.4.1.1., es posible que se produzcan emisiones olorosas (código S1) en las siguientes operaciones unitarias:

- En la preparación y recepción de materiales, durante el almacenamiento y el manejo (A.1) (venteo de los gases de los tanques de almacenamiento y transporte de los materiales) así como durante la clasificación de los mismos (A.2).
- En el mezclado, reducción de tamaño y conformado durante la homogeneización y molienda de los materiales (B.2).

- En los procesos de separación en la aplicación de las técnicas de extracción, desodorización por corriente de vapor y destilación (C.1, C.10 y C.12).
- Durante el tratamiento por calor del producto si se aplican tecnologías de solubilización/alcalinización, fermentación, ahumado, endurecimiento, carbonatación, recubrimiento de alimentos y envejecimiento (D.3, D.4, D.8, D.9, D.11, D.13 y D.14).
- En las operaciones posteriores a la transformación del producto como la fundición, blanqueamiento, cocinado, secado en el horno, tostado y fritura de los materiales (E.1, E.2, E.4, E.5 y E.6).
- En la transformación por eliminación de calor, durante la evaporación (líquido-líquido), secado (líquido-sólido) y deshidratación (sólido-sólido) (F1, F.2 y F.3).
- Por último, también se pueden presentar problemas de mal olor durante las emisiones de amoníaco que se producen en los procesos de congelación y refrigeración (G.2 y U.5).

En la descripción de los niveles de consumo y emisión de cada una de las unidades de procesos que se realiza en el documento no se recoge en ninguno de los casos información sobre los niveles de emisión al aire, y en consecuencia tampoco de olores (las emisiones al agua residual y consumo de agua y energía están mejor caracterizadas). En resumen, en esta primera parte se indican cuales son las operaciones unitarias más comúnmente utilizadas en el sector ABL que pueden causar problemas de olor.

En la segunda parte del apartado se indican los niveles de consumo y emisión de algunas de las industrias más importantes del sector ABL. En la Tabla 4.3.2.1 ya se indicó cuáles de ellas podrían causar olor, y a continuación se realizó una pequeña descripción de cual es la fuente de emisión en cada uno de los casos:

- *Industria cárnica, incluida la de aves.* Principalmente la emisión al aire se produce en las calderas y los fumaderos, y en la mayoría de los casos, estas emisiones suelen ser malolientes. También la fuga de refrigerantes en la instalación podría causar contaminación aérea y problemas de mal olor. Sobre los niveles de emisión en las plantas de producción de embutidos se indica que el mayor problema de olor lo presenta el humo del horno, que dependiendo del proceso de ahumado, de la ventilación de los alrededores y las condiciones de humedad, este aire sin tratar puede llegar a presentar entre 5.000-20.000 OU/m<sup>3</sup>. Para solucionar los problemas de olor se suelen utilizar depuradores de gases húmedos con una eficiencia entre el 50-70 %. Otra operación en la que también es necesario tener en consideración medidas de reducción de olores es durante el secado de la carne en ambientes de baja humedad.
- *Pescados y moluscos.* El mayor problema medioambiental asociado con las operaciones de transformación del pescado son el gran consumo de agua y de energía, así como la descarga de aguas residuales de alta concentración orgánica debido a la presencia de aceites, proteínas y SS. Las aguas residuales también pueden contener altos niveles de fosfatos, nitratos y cloro. El ruido, y el olor de los residuos sólidos también pueden ser problemas en este tipo de instalaciones. Con respecto de las emisiones al aire de este tipo de industrias no se hace ninguna otra referencia en esta parte del documento.
- *Aceites y grasas vegetales.* El principal problema medioambiental de este tipo de industrias, vuelve a ser la cantidad de agua que consumen. En relación con el olor, en la mayoría de las instalaciones existe un sistema de desodorización por neutralización debido a que se produce olor en todas las etapas en las que hay calor. Esto es debido a los ácidos grasos volátiles, compuestos orgánicos nitrogenados y, en el caso del aceite de colza, sulfuro de hidrógeno y compuestos orgánicos sulfurados.
- *Productos diarios* (leche, mantequilla, queso, helado y yogurt). Los problemas de olor están normalmente relacionados con las operaciones de tratamiento de aguas residuales. En este tipo de industrias el amoníaco suele utilizarse en los sistemas de refrigeración, por tanto un escape del mismo también podría causar problemas de olor.

- *Fábricas de cerveza.* Además de las emisiones al aire producidas durante la producción de energía de la planta, el principal problema de emisión lo supone el polvo emitido durante el recibimiento y transporte de las materias primas (cebada y trigo). También se suelen producir emisiones accidentales de amoníaco del circuito de refrigeración. Estas emisiones pueden producir olor, pero la principal fuente del mismo en las instalaciones cerveceras es la evaporación que se produce en el hervido del *wort*. Otras fuentes son el tratamiento de las aguas residuales, almacenamiento y manejo de subproductos, almacenamiento de aceites, almacenamiento en la bodega y las líneas de embotellamiento.

En referencia a las emisiones de olor, no se especifica nada más en este capítulo.

#### 4.3.5. Técnicas que hay que tener en cuenta para la determinación de las MTD

En esta parte del documento figura la información detallada utilizada por el Grupo de Trabajo Técnico (GTT) para decidir cuáles son las MTD para el sector ABL, pero en él no se juzga si una determinada técnica se puede considerar como tal. Este capítulo sigue el mismo esquema general de los apartados anteriores, empezando con información aplicable a todos o algunos de los subsectores ABL y terminando con información específica de cada uno de ellos.

Se describen más de 370 técnicas, generalmente agrupadas bajo los encabezamientos siguientes: Descripción, Beneficios medioambientales logrados, Efectos Cruzados, Datos de tipo operacional, Aplicabilidad, Aspectos Económicos, Factores que han impulsado la aplicación de la técnica, Instalaciones de referencia y Documentación de referencia. La estructura fijada permite comparar técnicas tanto cualitativa como cuantitativamente. Esta parte, incluye tanto técnicas “integradas en los procesos” como “de final de proceso”. Según se informa, la mayor parte de las técnicas tienen más de un efecto beneficioso en el medio ambiente y algunas tienen efectos cruzados. Muchas de estas técnicas abordan los problemas de la minimización del consumo de agua y de la contaminación, el consumo de energía y el aprovechamiento de las materias primas con la consiguiente minimización de la producción de residuos. En muchos casos, no se han facilitado datos sobre costes ni beneficios económicos, pero su aplicación en la práctica pone de manifiesto su viabilidad económica.

Se describen primero las técnicas que son aplicables en todas las instalaciones ABL. Entre ellas se incluyen las prácticas operacionales, por ejemplo: instrumentos de gestión; formación; diseño de equipos e instalaciones; y mantenimiento; así como una metodología para la prevención y minimización del consumo de agua y energía, y de la producción de residuos. Otras técnicas son de carácter más puramente técnico y tratan de la gestión de la producción, el control de procesos y la selección de materiales. No se tratan las técnicas generales de almacenamiento, ya que quedan dentro del ámbito del “*BREF sobre almacenamiento*” [95, EC, 2005]. Se incluyen algunas técnicas específicas relacionadas con el almacenamiento de alimentos, que minimizan el consumo de energía en la refrigeración, la cantidad de residuos y los malos olores debidos a la descomposición de los mismos.

Posteriormente se describen algunas técnicas que se aplican en unos tipos determinados de industrias ABL.

Se describe la limpieza de los equipos y de las instalaciones. La selección y el uso de agentes limpiadores y desinfectantes debe asegurar un control higiénico efectivo, pero teniendo debidamente en cuenta las repercusiones en el medio ambiente.

También se describen las técnicas de final de proceso para minimizar las emisiones a la atmósfera y para el tratamiento de las aguas residuales. En las introducciones a estas secciones se destaca la importancia de dar preferencia a las técnicas integradas en los procesos a fin de evitar y reducir, en la medida de lo posible, las emisiones a la atmósfera y a las aguas. Cuando se requieren técnicas de final de proceso, éstas están pensadas para disminuir tanto las concentraciones como los flujos de contaminantes a partir de una operación o de un proceso. Las técnicas descritas para minimizar las emisiones a la atmósfera no aportan mucha información acerca de su aplicabilidad o su apli-

cación en los distintos subsectores ABL. En cambio, las técnicas de tratamiento de aguas residuales contienen más información al respecto y abordan el tratamiento de emisiones típicas de las instalaciones ABL que presentan altos niveles de DBO; DQO; FOG; nitrógeno; y fósforo.

De las técnicas descritas en este apartado, sólo en las siguientes la reducción de olor aparece como un beneficio medioambiental logrado:

### Técnicas generales para el sector ABL

- *Diseño de equipos con objeto de minimizar el consumo y los niveles de emisión.* Esta técnica incluye, entre otros, un buen diseño de tanques con el techo flotante adecuado y bombas con sellado mecánico doble. También hace referencia a que las plantas de refrigeración u otros equipos (calderas o torres de refrigeración) deben ser diseñados para soportar la máxima demanda de la instalación. El diseño de un buen sistema de control también ayuda a reducir las emisiones atmosféricas. Las zonas de transporte deben quedar totalmente aisladas, y si eso no es posible se deberían diseñar trampas para poder captar las emisiones. Reduciendo la longitud y los puntos de transporte, también se pueden reducir las emisiones atmosféricas.
- *Consideraciones a la hora del diseño de la instalación.* Esta técnica hace referencia al diseño de algunas zonas que suelen causar mal olor como son las zonas de almacenamiento para que atiendan al principio “first in / first out” que se basa en la premisa de que lo primero en llegar debe ser lo primero en ser atendido. Esto vendría ayudado por un buen diseño de las tolvas que aseguren el cumplimiento de esta propuesta (sobre todo con el material que deba utilizarse fresco). Otra forma de reducir los olores es diseñar las zonas de carga y descarga para que se puedan limpiar con facilidad (superficies lisas con pendiente y pocas esquinas).
- *Mantenimiento.* Un buen mantenimiento de toda la instalación, además de reducir considerablemente el riesgo de un accidente, también reducirá el número de emisiones, incluidas las aéreas.
- *Técnicas en la dirección de la producción.* Minimizar el tiempo de almacenamiento en el caso de materiales perecederos. Esta técnica está dirigida a prevenir la descomposición del material, con la consecuente reducción de los malos olores y la ganancia en calidad del producto. Se centra en optimizar las relaciones entre los suministradores, productores e intermediarios, así como las instalaciones de refrigeración, para que el tiempo y las condiciones de permanencia en las instalaciones respectivas sea el mínimo posible y el producto llegue al consumidor con la mayor calidad posible.
- *Selección de materias primas que minimicen los residuos sólidos y las emisiones perjudiciales al aire o al agua.* Esta técnica dirigida a seleccionar productos de calidad que maximicen la proporción de la materia prima que formará parte del producto final, reducirá las emisiones de residuos sólidos y por tanto también las emisiones al agua y al aire, además de aumentar la rentabilidad de la instalación y la calidad del producto final. La forma de actuar para asegurar el cumplimiento de esta técnica es realizar un control de calidad diario de los materiales suministrados, y devolver los que no superen las especificaciones impuestas.

### Técnicas aplicables en las industrias ABL

En esta sección se describen las técnicas que se utilizan en las distintas industrias del sector ABL. De las técnicas descritas las que comportan una reducción de las emisiones olorosas son:

- *El ahumado líquido frente a los ahumados con madera quemada,* con madera quemada sin llama, humo por fricción y humo por vapor sobrecalentado. El humo líquido se produce por condensación del humo seguido de

una destilación fraccionada para eliminar el material sólido y otros contaminantes. La disolución obtenida se aplica mediante spray al producto o en ocasiones se inyecta reduciendo mucho más la emisión olorosa. Esta técnica es aplicable en la producción de pescado, carne, queso, frutas y vegetales.

- *Recirculación y quemado de los gases de freidora*. Mediante esta técnica se consigue reducir la concentración en los gases de salida de los COVs causantes del olor emitido desde el aceite. Además, mediante esta técnica se consigue un ahorro energético y de materia prima. Es aplicable en los sectores cárnicos, de pescado y de patatas fritas.
- *Recompresión Mecánica de Vapor (RMV)*. Mediante esta técnica todo el vapor formado se condensa y se utiliza como fuente de calor para calentar la corriente de entrada al evaporador. De esta forma se reducen las emisiones atmosféricas, y por tanto los olores, además de conseguir un alto rendimiento energético en la instalación. Se puede aplicar en la fabricación de azúcar, procesamiento del almidón, en la concentración de los zumos de manzana, tomate o cítricos, en la fabricación de cerveza y en la evaporación de leche y suero de leche.
- *Recompresión térmica de vapor (RTV)*. En este caso el vapor generado se utiliza para generar más vapor. Éste se inyecta en el compresor y se mezcla con vapor vivo procedente de la caldera. Durante la mezcla el vapor generado arrastra al vapor vivo, ayudando la compresión del mismo. Se aplica en las mismas industrias que la tecnología anterior, aunque el RTV implica un mayor gasto energético.
- *Minimización de las pérdidas de transmisión y ventilación desde las zonas frías y los túneles de congelación*. Principalmente con esta técnica se consigue reducir el consumo de energía, y en algunos casos también se reducen emisiones de olor y ruido. Para conseguir la reducción de la que se habla se proponen las siguientes medidas:
  - Aislamiento máximo de puertas y ventanas.
  - Puertas de apertura y cierre rápido, aisladas térmicamente entre zonas de diferente temperatura.
  - Puerta límite lo más pequeña posible que asegure el acceso seguro.
  - Mantenimiento del sellado de los elementos. La creación de hielo alrededor de las aperturas es un indicativo de un mal sellado.
  - No cargar materiales en el camino de la puerta.
  - Situar cámara frigorífica enfrente de la zona de producción de frío.
  - Si una puerta debe ser utilizada con regularidad, colocar una cortina de cintas.
  - Restringir la ventilación mediante un sellado efectivo entre la zona de carga y descarga del vehículo y la zona de almacenamiento.
  - Limitar los movimientos de aire cuando la puertas y ventanas están abiertas.
  - Realizar un correcto aislamiento térmico en los túneles de congelación y alrededores.
  - Refrigerar por la noche cuando la temperatura es más baja.

## Limpieza

- Limpieza rápida y segura de los equipos de proceso y las áreas de almacenamiento de materiales. Es evidente que la aplicación de esta técnica irá en detrimento de las emisiones olorosas, además de asegurar un aumento en la calidad y la higiene del producto. Es aplicable a todas instalaciones ABL.

## Técnicas para minimizar las emisiones aéreas

Una de las técnicas, o etapa preliminar, que suele utilizarse en la reducción de emisiones aéreas, y por ende en la reducción de olores, es la utilización de una estrategia de control de dichas emisiones. Esta estrategia, según el tipo de instalación, puede dividirse en cuatro etapas:

- *Definición del problema:* requerimientos legales, condiciones climáticas y geográficas de la zona en la que está situada la industria.
- *Realización de un inventario de los sitios de emisión:* teniendo en cuenta condiciones normales y anormales de operación, y revisando cada una de las zonas de la industria
- *Medida de las mayores emisiones:* en el caso del olor la cuantificación de la emisión de olor se llevará a cabo multiplicando la concentración de olor ( $\text{OU}/\text{m}^3$ ) por el caudal asociado a la emisión ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), obteniendo así el caudal de olor ( $\text{OU}/\text{s}$ ). En esta etapa de la estrategia también pueden calcularse, con ayuda de modelos de dispersión las concentraciones en inmisión.
- *Una vez identificadas las principales fuentes de emisión deben seleccionarse las técnicas más apropiadas para el control de dichas emisiones.* En el caso del olor, y dependiendo de la naturaleza de este, se podrá elegir entre todas las técnicas descritas en este resumen.

Por supuesto, la aplicación de una técnica de reducción de olores/COVs al final de proceso. A la hora de elegir una técnica de reducción de olor, lo primero que hay que hacer es realizar un análisis del flujo, la temperatura, la humedad y los contaminantes que hay en la corriente que crea el mal olor. Como ya se ha indicado, los olores pueden estar causados en ocasiones por COVs, en cuyo caso deben de valorarse los riesgos de toxicidad y explosión. En el documento de referencia BREF se recoge la siguiente tabla que puede ser orientativa a la hora de decidirse por una técnica u otra:

Tabla 4.3.5.1. Valores técnicos de algunas técnicas de tratamiento de corrientes gaseosas.

Treatment	Flowrate ( $\text{m}^3/\text{hr}$ )		Temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )		Relative humidity (%)		Particulate ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )		Contaminant concentration ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ )		Score
	<10000	>10000	<50	>50	<75	>75	0	<20	>20	<500	
Physical	1	2	1	2	2	1	1	1	2	1	0
Absorption-water	1	1	2	1	2	1	1	1	3	1	0
Absorption-chemical	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1
Adsorption	3	1	3	0	2	0	3	0	0	2	1
Biological	3*	2*	3	0	2	2	3	1	0	3	0
Thermal oxidation	3	1	1	3	2	1	3	2	1	3	3
Catalytic oxidation	3	2	1	3	2	1	3	0	0	3	3
Plasma	2	3	3	1-2	3	2	3	3	1-2	3	2
<b>Score rating</b>	<b>Description</b>										
0	This treatment is not suitable or unlikely to be effective, so is not considered as part of the selection procedure.										
1	Worthwhile considering although unlikely to be the best choice										
2	The abatement technique is well suited for this condition										
3	Represents the best operating condition for the given treatment system										
*	Depends on the surface area										

Si se decide utilizar una técnica basada en absorción, existen dos dispositivos que son especialmente eficientes en la reducción de olores:

- *Absorbedor de lecho fijo:* esta técnica es la más utilizada debido a que presenta la máxima exposición superficial por unidad de volumen con una baja caída de presión. El gas ascendente a tratar se pone en contacto con el líquido, que recorre el lecho en sentido descendente, produciéndose así la limpieza del gas que abandona el absorbedor al atravesar el lecho.
- *Absorbedor de platos:* en lugar de estar relleno por multitud de piezas en este caso la columna esta rellena de

platos perforados. Al igual que en absorbedor de lecho fijo, el gas tiene sentido ascendente y el líquido descendente. El líquido queda atrapado en los platos y el asciende por las perforaciones produciendo así un intercambio óptimo entre ambas fases.

Otro método de eliminación de compuestos olorosos puede ser *la adsorción en carbón activo*. Aprovechando la alta superficie del carbón activo la corriente gaseosa a tratar se hace pasar a través del material poroso y las partículas causantes de olor, entre otros contaminantes que la corriente pudiera contener, se adsorben en la superficie de dicho material. Una vez agotado el lecho de carbón activo éste puede ser regenerado y utilizado de nuevo.

Por último, las técnicas de control de emisiones gaseosas que se recogen en el documento, y en las cuales se especifica la reducción de olor como un beneficio medioambiental logrado, están basadas en el tratamiento biológico:

- *Biofiltro*: en este dispositivo el gas a tratar es atrapado y degradado en material filtrante formado por microorganismos. El relleno del filtro está dispuesto en forma de lecho fijo en el que el gas residual pasa en sentido ascendente a través de él. Para asegurar la máxima degradación del material en el lecho se deben controlar la temperatura, la humedad y la presión a la que se encuentran los microorganismos.
- *Bioscrubber*: es un absorbedor en el que los microorganismos encargados de la degradación se encuentran en la fase líquida puesta en contracorriente con el gas ascendente. Al final del lecho suele existir un colector de niebla para hacer una separación eficiente de las fases líquidas y gaseosas.

#### 4.3.6. Mejores técnicas disponibles

Las conclusiones sobre MTD se presentan en dos niveles. El primero muestra las secciones en las que se enumeran las mejores técnicas disponibles (MTD) para todas las instalaciones ABL y el segundo, aquéllas en las que se especifican otras MTD para algunos de los distintos subsectores indicados.

Muchas de las MTD son operativas y, por tanto, necesitan muy poca inversión en equipo nuevo. La aplicación de alguna de estas técnicas puede suponer inversiones en formación, mantenimiento o control y revisión del nivel de rendimiento.

A continuación se resumen las principales conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles en relación con los problemas de olor, que se incluyen dentro del apartado *Minimización de emisiones a la atmósfera*.

De las técnicas descritas en el Apartado 4.1.4, se han determinado MTD las siguientes:

- Aplicación y mantenimiento de una estrategia de control incorporando:
  - Definición del problema.
  - Inventario de los sitios de emisión incluyendo operación normal.
  - Medida de las mayores emisiones.
  - Selección y valoración de una técnica de control de emisión al aire.
- Recolección de los gases residuales, olores y polvo desde las fuentes de emisión y conducirlos hasta el equipo de eliminación.
- Optimizar los procedimientos de arranque y parada de los equipos de reducción de emisiones aéreas para asegurar que siempre están operando de forma efectiva.
- En los procesos integrados señalados como MTD en los que no se consigan eliminar los problemas olor se aplicarán técnicas de reducción. Muchas de las técnicas descritas en el apartado anterior son aplicables en la reducción de las emisiones de olor.

## 4.4. INDUSTRIA DEL CURTIDO DE CUEROS

### 4.4.1. Ámbito de aplicación

El ámbito de aplicación del BREF para la industria de la curtiduría se basa en el apartado 6.3 del Anexo I de la Directiva IPPC 96/61, relativo a las «instalaciones para el curtido de cueros cuando la capacidad de tratamiento supere las 12 toneladas de productos acabados por día». Los tipos de cueros se limitan a los de origen ovino y bovino, ya que las capacidades de producción de cualquier otro tipo de materia prima para la producción de pieles están muy por debajo del valor umbral establecido en la Directiva.

### 4.4.2. Procesos y técnicas aplicados

Los procesos de producción utilizados en una curtiduría se pueden dividir en cuatro categorías principales: operaciones de almacenamiento y trabajos de ribera, operaciones en la sección de curtido, trabajos posteriores al curtido y operaciones de acabado. Después de desollar las reses muertas en los mataderos, los cueros se envían directamente a la curtiduría o a la planta de ribera. Si es preciso, los cueros se secan antes de ser transportados a la curtiduría para evitar su putrefacción. Nada más llegar a su destino, los cueros se clasifican, se recortan, se someten a un tratamiento de conservación y se almacenan a la espera de los trabajos de ribera.

En la sección de ribera de una curtiduría se suelen realizar los siguientes trabajos (consultar el glosario recogido al final del presente resumen de olor): remojo, apelambrado, encalado, descarnadura y división.

Por regla general, en la sección de curtido se realizan las operaciones de desencalado, rendido, piquelado y curtido. En las tenerías de pieles ovinas, los cueros se pueden desengrasar antes o después del piquelado o del curtido. Los cueros curtidos son productos intermedios vendibles. Estos productos, una vez convertidos en material no putrefascible, reciben el nombre de *pieles*.

Las operaciones posteriores al curtido incluyen principalmente los procesos de escurrido, repaso, división, rebajado, recurtido, tintura, engrase en baño y secado. El cuero curtido sin acabar que se obtiene al terminar esta fase se denomina *piel en pasta*. La piel en pasta también es un producto intermedio vendible.

Las operaciones de acabado incluyen diversos tratamientos mecánicos y la aplicación de una capa superficial. La selección de los procesos de acabado depende de las especificaciones del producto final. Por regla general, en las curtidurías se utiliza una combinación de los procesos siguientes: acondicionamiento, ablandamiento, esmerilado, aplicación de un acabado, batanado en seco, satinado y grabado.

### 4.4.3. Emisiones de olor en la industria del cuero

En comparación con las emisiones realizadas por este tipo de industrias al agua, las emisiones al aire pueden considerarse pequeñas. Las curtidurías se han asociado normalmente con problemas de olor, aunque existen otras emisiones como los disolventes orgánicos que pueden presentar mayores problemas. Las curtidurías suelen presentar las siguientes emisiones a la atmósfera, dependiendo de los tipos de procesos empleados:

- Partículas.
- Disolventes orgánicos.
- Sulfuro de hidrógeno.
- Amoniaco.
- Otras sustancias olorosas.

Las emisiones de olor procedentes de las pieles sin tratar se pueden controlar mediante un buen proceso de curado, mejorando las condiciones de almacenamiento y asegurando una adecuada rotación del stock. En la zona de almacenamiento se deben mantener unas condiciones frías y secas, y las puertas deben permanecer cerradas.

Los olores pueden deberse a la degradación de la materia orgánica o a otras sustancias, que en ocasiones también pueden ser tóxicas. Se pueden dar problemas de olor en las zonas de almacenamiento, durante las operaciones de ribera (sulfuros y amoníaco), en la tinción de las pieles (emisiones de  $\text{NH}_3$ ), de los COVs emitidos de los procesos de acabados y de la planta de tratamiento de aguas residuales (en la tabla recogida al final del siguiente apartado se han resumido las emisiones al medio ambiente de las curtidorías, y se pueden apreciar por tanto las fases concretas de emisión al aire de las sustancias olorosas).

#### 4.4.4. MTD para la reducción de las emisiones de olor en la industria del curtido de la piel

Un buen resultado medioambiental exige necesariamente el firme compromiso por parte de la dirección de la curtidoría. La tecnología por sí sola no es suficiente; tiene que ir de la mano de buenas medidas de gestión.

Se considera MTD prevenir la generación de olores a través de **un proceso de control, mantenimiento y un apropiado manejo y almacenamiento de las pieles sin curtir y de los residuos**. En algunos casos, las instalaciones necesitarán **filtros**, como por ejemplo en la planta de tratamiento de aguas residuales o para evitar las emisiones COVs.

En el documento se recogen también MTD para prevenir las emisiones de  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$  y COVs y los problemas de olor que conllevan, que van desde la sustitución de las sustancias utilizadas hasta medidas integradas en el proceso:

- Para reducir las emisiones de  $\text{NH}_3$  se propone **sustituir los desescalantes amónicos por  $\text{CO}_2$  o ácidos orgánicos débiles** (láctico, fórmico o acético). También se sugiere **evitar el uso de  $\text{NH}_3$  como agente penetrante en la coloración**, ya que puede realizarse en la mayoría de los casos.
- Para reducir las emisiones de COVs se propone **utilizar agua en vez de disolventes orgánicos** en los procesos de acabado.
- En el caso del  $\text{H}_2\text{S}$ , se recomienda, para reducir las emisiones de sulfuros hasta en 50 %, **utilizar preparaciones de enzimas en vez de azufre en el proceso de apelmbrado** (esta MTD no se aplica al tratamiento de pieles de ovejas).

Además de las medidas citadas, los siguientes tratamientos de final de proceso también se consideran MTD:

- **Scrubber húmedo**, por ejemplo para eliminar el amoníaco y los sulfuros de las etapas de desescalado, piqueteado y coloración.
- **Scrubber húmedos, absorción, biofiltros, eliminación criogénica o incineración** para eliminar los COVs del desengrasado, secado y acabado.
- **Scrubber húmedo, absorción o biofiltros** para la reducción de las distintas emisiones en el tratamiento de aguas residuales.

Como puede observarse existen técnicas que pueden utilizarse para eliminar o reducir una combinación de emisiones, por ejemplo, el scrubber húmedo para eliminar aerosoles, disolventes orgánicos y olores.

Process Unit	Inputs	Waste water	Waste	Air emission	Remark
<b>Hide and skin storage and beamhouse operations</b>					
<b>Trimming</b>					
<b>Curing &amp; Storing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• salt</li> <li>• energy for cooling / drying</li> <li>• biocides</li> </ul>	see soaking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• parts of the raw hides (trimmings)</li> <li>• salt</li> </ul>		waste water released in soaking and residues depend on the curing method used
<b>Soaking</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• water</li> <li>• alkali</li> <li>• sodium hypo-chlorite</li> <li>• wetting agents, surfactants, enzymes</li> <li>• biocides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD, COD, SS, DS from soluble proteins, dung, blood etc.,</li> <li>• salts</li> <li>• org-N</li> <li>• AOX</li> <li>• emulsifiers, surfactants, biocides</li> </ul>			
<b>Fleshing (*)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (cold) water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD, COD, SS, DS from fat, grease</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fat, connective tissue, lime</li> </ul>		contamination depends on choice of green fleshing or lime fleshing. Blood is found in green fleshing
<b>Liming &amp; Unhairing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• water</li> <li>• lime, alkali sulphides</li> <li>• thioalcohols</li> <li>• enzymes</li> <li>• surfactants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sulphides,</li> <li>• BOD, COD, SS, DS – emulsified and saponified fat, protein, degradation products from hair</li> <li>• lime</li> <li>• high pH,</li> <li>• org-N, NH<sub>4</sub>-N,</li> <li>• biocides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hair</li> <li>• sludge from liming effluents (waste water treatment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sulphides</li> <li>• odour</li> </ul>	
<b>Rinsing after Unhairing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• water</li> </ul>	as from liming and unhairing			
<b>Splitting (**)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• water</li> </ul>	same as liming	<ul style="list-style-type: none"> <li>• lime split (flesh-side)</li> <li>• trimmings</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• problems in waste fractions: pH ~ 12 and sulphides</li> <li>• splitting in tanned condition</li> </ul>
<b>Tanyard operations and post-tanning operations</b>					
<b>Deliming / Bating</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ammonium salts</li> <li>• org. and inorg. acids and their salts</li> <li>• carbon dioxide</li> <li>• enzymes</li> <li>• water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD, COD, DS from epidermis, skin and pigment residues, degradation products and excess bating agents</li> <li>• NH<sub>4</sub>-N</li> <li>• sulphides</li> <li>• calcium salts (mainly sulphates)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• NH<sub>3</sub></li> <li>• H<sub>2</sub>S</li> <li>• dust from bating agents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NH<sub>4</sub> - N depends on delimiting method</li> <li>• prior treatment using H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> or (Na)-bisulphate to oxidize the sulphides</li> <li>• dust emission from bating agents depend on the agents and the method in which they are applied</li> </ul>
<b>Rinsing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• water</li> </ul>	as from delimiting / bating			
<b>Degreasing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• surfactants and water</li> <li>• organic solvents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BOD, COD, DS,</li> <li>• organic contents (fat, solvents)</li> <li>• surfactants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• distillation residues</li> <li>• waste water treatment residues</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• chlorinated / non-chlorinated hydrocarbons</li> <li>• workplace conditions for VOCs</li> </ul>

Process Unit	Inputs	Waste water	Waste	Air emission	Remark
<b>Pickling</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> <li>organic and inorganic acids, salt</li> <li>fungicides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BOD, COD, SS, DS</li> <li>Salt</li> <li>low pH,</li> <li>fungicides</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>hydrogen sulphide</li> <li>acid fumes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>fungicides</li> <li>addition of some hydrogen peroxide may be necessary</li> </ul>
<b>Tanning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> <li>organic and inorganic acids, salt</li> <li>basifying salts</li> <li>fungicides</li> <li>complexing agents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>contents according to tanning process [see tan/tm/02/HM/MP p. 102, fig. 8.2]</li> <li>SS, DS, BOD, COD, low pH</li> <li>complexing agents</li> <li>fungicides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>hides due to operating errors</li> <li>tanning liquors</li> <li>waste water treatment sludge</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>toxicity of tanning agents (aldehydes)</li> <li>complexing agents: masking, sequestering agents for water treatment</li> </ul>
<b>Rinsing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>same as in tanning</li> </ul>			
<b>Draining, Samming &amp; Setting</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>same as in tanning</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>noise as in all mechanical processes</li> </ul>
<b>Splitting &amp; Shaving</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>split and shavings</li> <li>trimmings</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dust if dry shaving is performed</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>noise as in all mechanical processes</li> <li>content of the residues depending on tanning techniques</li> </ul>
<b>Rinsing</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>leather fibres from shaving</li> </ul>			
<b>Neutralisation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> <li>organic and inorganic acids, alkali salt</li> <li>neutralising tanning agents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DS, SS; BOD, COD</li> <li>rest of tanning agents</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ammonia and sulphur dioxide can be released into the air</li> </ul>	
<b>Rinsing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>same as in neutralisation</li> </ul>			
<b>Retanning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>as tanning</li> </ul>				
<b>Bleaching</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> <li>organic and inorganic acids, alkali salt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>organic load</li> <li>other, depending on the agents used</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>sulphur dioxide</li> </ul>	
<b>Dyeing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>dyestuff</li> <li>ammonia</li> <li>organic solvents</li> <li>auxiliaries: surfactants, chlorinated organic compounds</li> <li>water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>high colour</li> <li>organic solvents</li> <li>dyeing agents</li> <li>AOX</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>residues of chemicals</li> <li>dyeing agents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NH<sub>3</sub></li> <li>phenols</li> <li>formaldehyde</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>toxicity of dyestuff</li> <li>toxicity of auxiliaries</li> </ul>
<b>Rinsing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>same as in dyeing</li> </ul>			

Process Unit	Inputs	Waste water	Waste	Air emission	Remark
<b>Fatliquoring</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>synthetics - mineral based oils (sulphonated) animal, vegetable oil fish oil</li> <li>chlorinated organic compounds</li> <li>surfactants</li> <li>other auxiliaries</li> <li>water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>high oil</li> <li>chlorinated organic compounds (AOX)</li> <li>surfactants</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>chlorinated organic compounds (AOX)</li> <li>surfactants</li> <li>toxicity of auxiliaries</li> </ul>
<b>Finishing</b>					
<b>Staking / other mechanical operations</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>dust</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>other mechanical operations like polishing, embossing, plating, rolling, etc.</li> </ul>
<b>Drying</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>energy</li> <li>biocides</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>heat</li> <li>acid fumes</li> <li>dust [tan/m<sup>3</sup>/Uw/HB-Stoffe]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>noise as in all mechanical processes</li> <li>moth protection for wool-on sheepskins, fungicides for crust</li> <li>noise as in all mechanical processes</li> </ul>
<b>Milling / Buffing</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>dust</li> </ul>		
<b>Coating</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>lacquers (solvent based)</li> <li>lacquers (water based)</li> <li>binders and cross-linking agents</li> <li>auxiliaries</li> <li>water</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>finishing agents in water or in aqueous solutions (organic solvents, heavy metals)</li> <li>auxiliaries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>residues from chemicals, sludges from finishing agents(over-spray, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>organic solvent use and release: aerosols</li> <li>formaldehyde as fixing agent [tan/m<sup>3</sup>/Uw/HB-Abluft]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>workplace protection</li> <li>toxicity and health effects of water based agents and organic solvents, binders, cross-linking agents, and auxiliaries</li> </ul>
<b>Trimming</b>			<ul style="list-style-type: none"> <li>final trimmings</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>with or without finish</li> </ul>
<b>Abatement</b>					
<b>Air abatement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>filter matrices</li> <li>water, acidic and basic agents for wet-scrubbers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>waste water from wet-scrubbers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>sludges from waste water from wet-scrubbers</li> <li>filter matrices</li> <li>dust</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>not abated emissions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>depending on the method of air abatement for various effluent streams</li> </ul>
<b>Waste water abatement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>energy</li> <li>precipitation agents</li> <li>other treatment agents (flocculation, etc.)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>sludges</li> <li>coarse material</li> <li>filters (e.g. from special treatment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>according to waste water stream and process (e.g. sulphides, ammonia, odour)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>depending on the method of waste water abatement for various effluent streams</li> </ul>
<b>Waste treatment</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>energy</li> <li>other treatment agents according to process</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>according to waste fraction and process</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>according to waste fraction and process</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>according to waste fraction and process</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>depending on the method of waste water abatement for various effluent streams</li> </ul>
<p>Notes:</p> <p>(*) Flething can be performed before or after liming resulting in different releases.</p> <p>(**) Splitting can be performed with limed or tanned hides and skins with crust resulting in different releases.</p>					

Table 3.2: Steps in the tannery showing main consumption and releases

## GLOSARIO

- **Apelambrado (Unhairing):** depilado
- **Batanado en seco (milling):** Técnica que consiste en la eliminación de la grasa del pelo o de la lana, así como el ablandamiento del cuero.
- **Curtido (tanning):** En este proceso las fibras de colágeno se estabilizan por acción de los agentes curtientes, dejando la piel poco susceptible a la putrefacción.
- **Descarnadura (fleshing):** Eliminación de trozos de tejidos subcutáneos, grasas o carne adheridas a la piel con ayuda de un cilindro equipado con cuchillas
- **Desencalado (deliming):** eliminación de la sal de la piel por acción de ácidos orgánicos o inorgánicos o sus sales.
- **Encalado (Liming):** Es el proceso por el que se causa una hidrólisis alcalina del colágeno para poder eliminar el pelo o la lana, los tejidos epidérmicos y subcutáneos y además darle una cierta flexibilidad al cuero
- **Esmerilado (Buffing):** Consiste en someter a la superficie del cuero a una acción mecánica de un cilindro revestido de papel de esmerilar formado por granos de materias abrasivas tales como el carborundo o el óxido de aluminio.
- **Piqueteado (Pickling):** Es el proceso en el que la piel se sumerge en una disolución ácida o en salmuera, para dejarla en medio ácido
- **Remojo (Soaking):** Primer proceso en la producción del cuero para rehidratar y lavar la piel.
- **Rendido (Bating):** El propósito del rendido es limpiar la superficie de la piel, reducir proteínas y eliminar sus productos de degradación.
- **Satinado (Plating):** Pelado de la piel por acción de una pasta aplicada en la parte interior de la misma. La pasta está hecha con agua, cal, sulfato sódico y un agente reductor.
- **Trabajos de ribera (Beamhouse):** Parte de la curtiduría en la que las pieles se lavan, se tratan con cal, se descaman o se pelan, cuando sea necesario como paso previo al curtido.

## 4.5. INDUSTRIA DE FABRICACIÓN DE VIDRIO

### 4.5.1. Ámbito de aplicación

Este documento cubre las actividades industriales especificadas en las Secciones 3.3 y 3.4 del Anexo 1 de la Directiva 96/61/CE, a saber:

- 3.3. *Instalaciones para la fabricación de vidrio, incluida fibra de vidrio, con una capacidad de fusión de más de 20 toneladas diarias.*
- 3.4. *Instalaciones para la fusión de sustancias minerales, incluida la producción de fibras minerales, con una capacidad de fusión de más de 20 toneladas diarias.*

Los tipos de actividades englobados en estas categorías son muy diversos en cuanto a su escala, las técnicas empleadas y los aspectos medioambientales asociados. A la hora de determinar si una instalación entra dentro de las definiciones del Anexo 1 se considera la capacidad agregada de todas las actividades de fusión de la instalación. A los efectos del presente documento, el GTT escogió que el criterio de capacidad de fusión de 20 toneladas diarias haga referencia a la masa del material fundido producido.

Las actividades industriales englobadas por las definiciones de las Secciones 3.3 y 3.4 del Anexo 1 de la Directiva 96/61/CE que conforman la Industria del Vidrio, se considera compuesta por ocho sectores. Esta división en sectores se basa en los productos fabricados, pero inevitablemente hay una cierta superposición entre ellos. Los ocho sectores son:

1. Vidrio para Envases.
2. Vidrio Plano.
3. Fibra de Vidrio de Filamentos Continuos.
4. Vidrio para Uso Doméstico.
5. Vidrio Especial (incluido Vidrio Soluble).
6. Lana Mineral (con dos subsectores, Lana de Vidrio y Lana de Roca).
7. Fibra Cerámica.
8. Fritas.

Además de las actividades básicas de fabricación, este documento cubre las actividades directamente asociadas que podrían tener efecto sobre las emisiones o la contaminación. Así, el documento incluye actividades que van desde la recepción de materias primas, pasando por la producción de productos intermedios, a la expedición de los productos acabados. No se cubren determinadas actividades, ya que no se consideran directamente asociadas con la actividad principal. Por ejemplo, no se cubre el proceso de acabado del vidrio plano para la fabricación de productos como el doble vidriado o productos para automoción. Entre las actividades cubiertas se incluyen:

- Manipulación y almacenamiento de materias primas.
- Mezcla y transferencia.
- Fusión y afinado.
- Conformación (Ej. baño de flotación, laminación, soplado, fibrado, enfriamiento de fritas).
- Acondicionamiento (Ej. túnel de recocido, recocido, revenido).
- Recubrimiento (aplicación de capas), incluida la aplicación de aglomerantes y lubricantes.
- Tratamientos superficiales (Ej. pulido al ácido).
- Actividades de polimerización y secado.
- Molturación.
- Mecanización, corte y embalaje.
- Almacenamiento, manipulación y proceso de residuos.

#### 4.5.2. Procesos y técnicas aplicados

La diversidad de la industria del vidrio hace que se utilice una amplia gama de materias primas (Ver Tabla 4.5.2.1.). El aspecto principal es el control del polvo de la manipulación de los finos de las materias primas (Ej. arena silíceo, vidrio de desecho), materias primas intermedias/modificantes (Ej. carbonato sódico, caliza, feldespato) y agentes colorantes/decolorantes (Ej. cromito férrico, óxido de hierro).

Tabla 4.5.2.1. Materias primas importantes para la fabricación de vidrio

<p><b>Materias primas para la formación del vidrio</b></p> <p>Arena de sílice, vidrio de desecho de proceso, vidrio de desecho de consumo.</p> <p><b>Materias primas fundentes, estabilizantes y afinantes</b></p> <p>Carbonato sódicos (<math>\text{Na}_2\text{CO}_3</math>), caliza (<math>\text{CaCO}_3</math>), dolomita (<math>\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3</math>), feldespato, sienita nefelínica, carbonato potásico, espato flúor, alúmina, óxido de zinc, óxido de plomo, carbonato de bario, basalto, sulfato sódico anhidro, sulfato cálcico y yeso, sulfato bórico, nitrato sódico, nitrato potásico, materias primas que contienen boro (Ej. bórax, colemanita, ácido bórico), óxido de antimonio, trióxido de arsénico, escoria de alto horno (mezcla de calcio, aluminio, silicato de magnesio y sulfuro de hierro).</p> <p><b>Agentes Colorantes/Decolorantes</b></p> <p>Cromito Férrico (<math>\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3</math>), óxido férrico (<math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>), óxido de cobalto, selenio/zinc</p>
---

La fusión, combinación de las distintas materias primas a temperatura elevada para formar vidrio fundido, es la fase central en la producción de vidrio. El proceso de fusión es una combinación compleja de reacciones químicas y procesos físicos, y puede dividirse en varias etapas: calentamiento; fusión primaria; afino y homogeneización; y acondicionamiento.

Las principales técnicas de fusión se resumen más abajo. En los sectores de lana de vidrio y fritas se utilizan técnicas distintas, y estas técnicas se describen en detalle en el documento principal. La elaboración de vidrio es una actividad muy intensiva desde el punto de vista energético, y la elección de la fuente de energía, técnica de calentamiento y método de recuperación de energía son primordiales en el diseño del horno. Las mismas elecciones son también algunos de los factores primordiales que afectan el comportamiento medioambiental y la eficacia energética de la operación de fusión. Las tres principales fuentes de energía para la fabricación de vidrio son gas natural, fuel-oil y electricidad.

- Los **hornos regenerativos** utilizan sistemas regenerativos de recuperación de calor. Los quemadores están normalmente situados en tomas de aire de combustión / gases residuales o bajo las mismas. El calor de los gases residuales se utiliza para precalentar el aire antes de la combustión, pasando los dichos gases a través de una cámara que contiene material refractario, que absorbe el calor. Al cabo de unos veinte minutos, la combustión se invierte y el aire de combustión pasa a través de la cámara previamente calentada por los gases residuales. Así pueden obtenerse temperaturas de precalentamiento de hasta 1400 °C lo que produce eficacias térmicas muy altas. En el horno regenerativo de llama transversal, la toma de combustión, los quemadores y las cámaras regenerativas están situados a lo largo de los lados del horno. En el horno regenerativo de llama de bucle, los principios de funcionamiento son los mismos, aunque las dos cámaras regenerativas están situadas en un extremo del horno.
- Los **hornos de recuperación** utilizan intercambiadores de calor (denominados recuperadores) para recuperación de calor, con precalentamiento continuo del aire de combustión por los gases residuales. Las temperaturas de precalentamiento del aire están limitadas a unos 800 °C para recuperadores metálicos. La capacidad de fusión específica (por unidad de superficie del horno de fusión) de los hornos de recuperación es aproximadamente un 30% menor que para un horno regenerativo. Los quemadores están situados a lo largo de cada lado del horno, transversales a la circulación del vidrio, y queman continuamente desde ambos lados. Este tipo de horno se utiliza principalmente cuando se requiere una elevada flexibilidad de operación con una inversión inicial mínima, particularmente cuando la escala de la operación es demasiado reducida para hacer viable económicamente el uso de regeneradores. Es más apropiado para instalaciones de pequeña capacidad, aunque no son infrecuentes hornos de mayor capacidad (hasta 400 toneladas al día).
- Los **hornos de oxicomustión** sustituyen el aire de combustión por oxígeno (pureza >90%). La eliminación de la mayoría del nitrógeno de la atmósfera de combustión reduce el volumen de los gases residuales en unos dos tercios. Por lo tanto, puede obtenerse ahorro energético en el horno, ya que no es necesario calentar el nitrógeno atmosférico a la temperatura de las llamas. La formación de NOx térmico se reduce también enormemente. En general, los hornos de oxicomustión tienen el mismo diseño básico que las unidades fundidoras, con múltiples quemadores laterales y una sola toma de escape de gases residuales. No obstante, los hornos diseñados para combustión con oxígeno no utilizan sistemas de recuperación de calor para precalentar el suministro de oxígeno a los quemadores.
- Los **hornos eléctricos** consisten en una caja con revestimiento refractario soportada por un cuerpo de acero, con electrodos insertados desde el lado, la parte superior, o más frecuentemente la parte inferior del horno. La energía para la fusión es aportada por el calentamiento resistivo al pasar la corriente a través del vidrio fundido. Hay un límite superior de tamaño por lo que respecta a la viabilidad económica de los hornos eléctricos, que depende del coste de la electricidad en comparación con los combustibles fósiles. La su-

- presión de los combustibles fósiles del horno elimina la formación de productos de combustión.
- La **fusión combinada con combustibles fósiles y electricidad** puede adoptar dos formas: combustión predominantemente con combustible fósil con un refuerzo eléctrico, o calentamiento predominantemente eléctrico con apoyo de combustible fósil. El refuerzo eléctrico es un método de agregar calor adicional a un horno de vidrio haciendo pasar una corriente eléctrica a través de electrodos situados en el fondo de la cuba. Una técnica menos común es el uso de gas o fuel-oil como combustible de apoyo para un horno predominantemente eléctrico.
  - Los **hornos de fusión discontinuos** se utilizan cuando se requieren cantidades menores de vidrio, particularmente si la formulación del vidrio cambia regularmente. En estos casos se emplean hornos de crisoles u hornos diarios para fundir lotes específicos de materia prima. Muchos procesos de vidrio de este tipo no estarían bajo el control de la IPPC ya que suelen tener menos de 20 toneladas diarias de capacidad de fusión. Básicamente, un horno de crisoles consiste en una sección inferior para precalentar el aire de combustión y una sección superior que calienta los crisoles y sirve como cámara de fusión. Los hornos actuales han sido desarrollados a partir de hornos de crisoles para disponer de mayores capacidades, del orden de 10 toneladas diarias. Estructuralmente son más semejantes al cuadrángulo de un horno convencional, pero se siguen rellenando con mezcla cada día. Se han creado diseños especiales de hornos de fusión para mejorar la eficacia y comportamiento medioambiental. Los más conocidos de este tipo de horno son el horno de fusión de bajo nivel de NOx (LoNOx) y el Flex Melter.

En los párrafos siguientes se detallan aspectos de los principales procesos y técnicas empleados en la industria para cada sector.

- El sector de **vidrio para envases** es diverso, y en él se utilizan casi todas las técnicas de fusión arriba descritas. El proceso de conformado se realiza en dos etapas, el formado inicial de la pieza en bruto mediante presión con un émbolo, o soplando con aire comprimido, y la operación de moldeo final mediante soplado para obtener la forma hueca acabada. Estos dos procesos se denominan pues respectivamente “prensado y soplado” y “soplado y soplado”. La producción de envases se realiza de forma casi exclusiva mediante máquinas IS (de Sección Individual).
- El **vidrio plano** se produce casi exclusivamente con hornos regenerativos de llama transversal. El principio básico del proceso de flotado es verter el vidrio fundido sobre un baño de estaño también fundido, y formar una lámina de caras plano paralelas por influencia de la diferencia de densidad y tensión superficial entre el vidrio y el estaño. A la salida del baño de flotación, la lámina de vidrio pasa a un túnel de recocido, enfriándose gradualmente para controlar las tensiones permanentes. Pueden aplicarse recubrimientos en línea (capas) para mejorar las características del producto (Ej. capas de baja emisividad).
- La **fibra de vidrio de filamentos** continuos se produce mediante hornos de recuperación o de oxicomustión. El vidrio fluye desde el horno a los *antecuerpos*, donde pasa a través de orificios. El vidrio se estira a través de las boquillas de los orificios para formar filamentos continuos. Los filamentos se estiran juntos y pasan a un transportador, donde se aplica un recubrimiento acuoso a cada filamento. Los filamentos recubiertos se recogen en bobinas para su proceso posterior.
- El **vidrio doméstico** es un sector diverso que incluye una amplia gama de productos y procesos. Va desde el sofisticado vidrio al plomo fabricado a mano hasta métodos mecanizados de gran volumen utilizados para vajillas de producción en serie. Casi todas las técnicas de fusión descritas anteriormente se utilizan en el sector, desde hornos de crisoles a grandes hornos regenerativos. Los procesos de conformado son automáticos, manuales o semiautomáticos, y más tarde la producción de los artículo básicos puede estar sujeta a operaciones de acabado en frío (Ej. el vidrio al plomo se suele cortar y pulir).

- El **sector de vidrio especial** es también un sector muy diverso, que cubre una amplia gama de productos que pueden diferir considerablemente en composición, método de fabricación y uso. Las técnicas más comunes son los hornos de recuperación, los hornos de oxi-gas, los hornos regenerativos, los hornos de fusión eléctricos, y los hornos discontinuos. La amplia gama de productos significa que dentro del sector se utilizan muchas técnicas de moldeo. Algunas de las más importantes son: producción por prensado y soplado; laminación (vidrio impreso); prensado, proceso en lámina; extrusión de tubos; proceso de estirado; y disolución (vidrio soluble).
- Los hornos de **lana de vidrio** son normalmente hornos de fusión eléctricos, hornos de recuperación con combustión a gas, u hornos de oxicomustión. El vidrio fundido fluye a lo largo de un antecuerpo y a través de hileras de orificios a máquinas centrifugas giratorias. El fibrado se produce por acción centrifuga con estiramiento por los gases de combustión calientes. Se pulveriza sobre las fibras una solución acuosa de resina fenólica. La fibra recubierta con resina se lleva mediante aspiración a un transportador móvil y luego pasa a través de una estufa para secar y polimerizar el producto.
- **La lana de roca** se produce normalmente con un cubilote de viento caliente con combustión de coque. El material se acumula en el fondo del cubilote y fluye a lo largo de una derivación a la máquina hiladora. Se utiliza aire para estirar las fibras y dirigir las a los transportadores de recogida. Se pulveriza sobre las fibras una solución acuosa de resina fenólica. El resto del proceso es esencialmente como para la lana de vidrio.
- La **fibra cerámica** se produce exclusivamente con hornos eléctricos. El material fundido se fibra mediante ruedas de alta velocidad o un chorro de aire a alta presión, y las fibras se recogen en una correa de recogida. El producto puede embalarse en este punto o ser procesado en plancha para ser embalado o enfurtido con agujas. También puede realizarse otros tratamientos de acabado.
- **La producción de fritas** puede realizarse tanto en hornos en continuo como en discontinuo. Es frecuente producir lotes pequeños para una amplia gama de formulaciones. Los hornos de fritas son generalmente con combustión a gas o a fuel-oil, y muchas plantas de fritas utilizan oxicomustión. Los hornos continuos pueden tener lama transversal o de herradura con un solo quemador. Los hornos en discontinuo son hornos refractarios en forma de caja o cilíndricos, montados para permitir un grado de rotación. El material fundido puede enfriarse directamente en un baño de agua, o puede enfriarse entre rodillos refrigerados por agua para producir un producto en escamas.

#### 4.5.3. Emisiones generales en la industria del vidrio

Los principales retos medioambientales para la industria del vidrio son las emisiones a la atmósfera y el consumo de energía. La fabricación de vidrio es una actividad a alta temperatura y con un uso intensivo de energía, que produce la emisión de productos de combustión y la oxidación a alta temperatura del nitrógeno atmosférico, es decir, dióxido de azufre, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno. Las emisiones de los hornos contienen asimismo polvo y niveles bajos de metales. Se estima que en 1997 las emisiones de la industria del vidrio a la atmósfera consistieron en: 9.000 toneladas de polvo; 103.500 toneladas de NOx; 91.500 toneladas de SOx; y 22 millones de toneladas de CO2 (incluida la producción de energía). Esto supuso alrededor del 0,7% de las emisiones totales de la UE de estas sustancias. El consumo total de energía de la industria del vidrio fue de aproximadamente 265 PJ. Las principales emisiones derivadas de las actividades de fusión en la industria del vidrio se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 4.5.3.1. Resumen de emisiones a la atmósfera derivadas de actividades de fusión

<b>Emisión</b>	<b>Fuente / Comentarios</b>
Partículas	Condensación de componentes volátiles de las materias primas de mezcla. Arrastre de material fino de las materias primas de mezcla. Producto de la combustión de algunos combustibles fósiles.
Óxidos de Nitrógeno	NOx térmico debido a elevadas temperaturas del horno de fusión. Descomposición de los compuestos de nitrógeno de las materias primas de mezcla. Oxidación del nitrógeno contenido en los combustibles.
Óxidos de Azufre	Azufre en combustible. Descomposición de compuestos de azufre de las materias primas de mezcla. Oxidación del sulfuro de hidrógeno en operaciones con cubilotes.
Cloruros/HCl	Presentes como impurezas en algunas materias primas, particularmente carbonato sódico sintético. NaCl utilizado como materia prima en algunos vidrios especiales.
Fluoruros/HF	Presentes como impureza menor en algunas materias primas. Se agrega como materia prima en la producción de fritas de esmalte para proporcionar determinadas propiedades al producto acabado. Se agrega como materia prima en la industria de la fibra de vidrio de filamentos continuos, y en algunas mezclas de vidrio para mejorar la fusión, o para producir algunas propiedades en el vidrio, como la opalescencia. Cuando se agregan fluoruros a la mezcla, normalmente en forma de espato flúor, las emisiones incontroladas pueden ser muy elevadas.
Metales Pesados (Ej. V, Ni, Cr, Se, Pb, Co, Sb, As, Cd)	Presentes como impurezas menores en algunas materias primas, vidrio recuperado de consumo y combustibles. Se utilizan en fundentes y agentes colorantes en el sector de fritas (predominantemente plomo y cadmio). Se utiliza en algunas formulaciones de vidrio especial (Ej. vidrio al plomo y algunos vidrios coloreados). El selenio se utiliza como colorante (vidrio al bronce), o como agente decolorante en algunos vidrios incoloros.
Dióxido de Carbono	Producto de combustión. Emitido tras la descomposición de los carbonatos presentes en las materias primas de mezcla (Ej. carbonato sódico, caliza).
Monóxido de Carbono	Producto de combustión incompleta, particularmente en cubilotes.
Sulfuro de Hidrógeno	Se forma a partir del azufre de las materias primas o de los combustibles en cubilotes, debido a las condiciones reductoras que se dan en algunas partes del horno.

Las emisiones de las actividades de acabado pueden variar enormemente entre los distintos sectores y se discuten en las secciones específicas de cada sector. Aunque hay similitudes en las técnicas de fusión utilizadas en muchos sectores, las actividades de acabado tienden a ser específicas. Las emisiones a la atmósfera pueden provenir de: aplicación de recubrimientos y/o secado; procesos secundarios (Ej. corte, pulido, etc.); y algunas operaciones de conformación de productos (Ej. lana mineral y fibra cerámica).

En general, las emisiones al medio acuático son relativamente bajas y hay pocos aspectos importantes que sean específicos de la industria del vidrio. No obstante, hay actividades realizadas en algunos sectores que requieren consideración y que se discuten con detalle en las secciones específicas de cada sector, particularmente el vidrio doméstico, el vidrio especial y la fibra de vidrio de filamentos continuos.

Una característica de la mayoría de los sectores del vidrio es que la inmensa mayoría de los residuos generados internamente se recicla de nuevo al horno. Las principales excepciones a esto son el sector de filamentos continuos, el sector de fibras cerámicas y los productores de productos muy sensibles a la calidad en los sectores de vidrio especial y vidrio doméstico. Los sectores de lana mineral y fritas muestran una gran variación en la cantidad de residuos reciclados al horno, que van desde nada hasta el 100% para algunas plantas de lana de roca.

#### 4.5.3.1. EMISIONES POTENCIALMENTE OLOSAS

Los olores no son generalmente un problema en la Industria del vidrio, pero pueden derivarse de algunas actividades y, en ocasiones puede ser necesario tomar medidas para evitar problemas exteriores. Las principales actividades que pueden estar asociadas con problemas de olor son:

- **la polimerización de la lana mineral,**
- **el precalentamiento del vidrio de desecho, y**
- **en ocasiones el almacenamiento de fuel-oil.**

En el documento BREF no se suministra información adicional sobre los olores creados por el precalentamiento del vidrio de desecho y por el almacenamiento de fuel-oil, pero en el caso de la polimerización de la lana mineral sí se especifican más detalles que se resumen en el siguiente apartado.

##### 4.5.3.1.1. Olores derivados de la producción de Lana Mineral

La evaluación técnica de los olores es difícil, costosa y potencialmente subjetiva, y hay poca información disponible. No obstante, las instalaciones de lana mineral pueden ser fuentes de olores, causantes de problemas con los vecinos. Este problema se ha reducido recientemente debido a la mejor operación y control, pero todavía es un aspecto a tener en cuenta para muchas instalaciones. Esta sección discute los olores de todas las partes del proceso, incluida la fusión.

Los hornos convencionales con combustión aire-gas, y los hornos con oxcombustión, normalmente, no dan origen a problemas de olores, ni siquiera cuando se funde material reciclado, debido a las elevadas temperaturas que se alcanzan. Los hornos de fusión eléctricos de parte superior fría raramente causan problemas de olor, pero pueden hacerlo si se reciclan residuos de lana mineral. Las sustancias que componen el aglomerante pueden sufrir una descomposición térmica parcial durante el proceso de fusión, y pueden emitirse algunas sustancias olorosas. Este problema puede minimizarse mediante la adición de agentes oxidantes o con el pretratamiento de la fibra.

La fusión en cubilote origina emisiones considerables de sulfuro de hidrógeno de fuerte olor. La solución aceptada para este tipo de emisiones es su postcombustión, que también se encarga de otras emisiones olorosas de materiales reciclados o materias primas.

Las **principales fuentes de olor son las operaciones de acabado, particularmente el moldeo y la polimerización**. Los olores pueden también derivarse del **enfriamiento de los productos**, particularmente de productos densos o con elevado contenido de aglomerante, o si se ha producido un cierto grado de sobrepolimerización. El olor de los compuestos químicos individuales utilizados en el proceso no se considera muy significativo, y los olores se derivan principalmente de las reacciones térmicas y químicas del aglomerante orgánico utilizado en el proceso. El olor característico es de "Bakelita quemada". Las quejas de olores de formaldehído o amoníaco son muy raras fuera de la planta.

Se cree que la mayoría de olores se originan en el horno de polimerización, donde tienen lugar las principales re-

acciones químicas y procesos térmicos. El proceso de secado origina asimismo una cierta cantidad de vapor de los componentes del aglomerante y compuestos intermedios. El interior de la mayoría de hornos de polimerización muestra una acumulación de material fibroso o resinoso, que también puede originar compuestos resinosos bajo la influencia de la temperatura del horno. Los pequeños incendios y casos localizados de combustión sin llama son frecuentes en los hornos de polimerización, y el humo y los vapores emitidos también pueden ser muy olorosos. Los casos de olores pueden reducirse enormemente mediante un buen mantenimiento y limpieza del horno, sistemas de lavado húmedo, una dispersión adecuada y previsión para la rápida extinción de los incendios. La incineración de los gases residuales del horno de polimerización es una solución muy eficaz al problema.

Las actividades de la zona de moldeo pueden también producir la formación de compuestos olorosos, particularmente cuando se pulveriza aglomerante sobre las fibras calientes. No obstante, la atmósfera es más fría y por lo tanto más húmeda que en el horno de polimerización, y los volúmenes de gas son mucho mayores, con lo que las concentraciones de los componentes olorosos se diluyen. Aunque puede emitirse una cantidad significativa de compuestos olorosos de la zona de moldeo, un olor sólo "existe" si el compuesto tiene una concentración por encima del umbral de percepción, por lo que las emisiones de la zona de moldeo son generalmente menos olorosas que las del horno de polimerización. Si las emisiones de la zona de moldeo originan olores, éstos pueden minimizarse mediante lavado y dispersión adecuada. Los olores problemáticos pueden tratarse mediante lavado húmedo utilizando un agente oxidante, aunque debería estar separado del sistema de agua de proceso.

#### **4.5.4. MTD para la reducción de las emisiones atmosféricas potencialmente olorosas en la industria del vidrio**

Como ya se señaló en el apartado anterior, las principales fuentes de olor en la industria del vidrio son la producción de Lana Mineral, el almacenamiento de fuel-oil y precalentamiento de vidrio de desecho. En este apartado se van a recoger las MTD, incluidas en el Capítulo 5 del documento BREF de referencia, que suponen una reducción de la emisión de olor en las actividades mencionadas.

##### **4.5.4.1. MTD PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES EN EL ALMACENAMIENTO DE FUEL-OIL**

En el documento, para el almacenamiento de materias primas volátiles a presión atmosférica (tanques de fuel-oil), se describen como MTD las siguientes técnicas o combinaciones apropiadas de ellas:

- ***Pintura para tanques con baja absorción solar***
- ***Control de temperatura***
- ***Aislamiento de los tanques***
- ***Gestión de inventarios***
- ***Tanque de techo flotante***
- ***Sistemas de trasvase con retorno de vapor***
- ***Tanques con techo de diafragma***
- ***Válvulas de presión / vacío, cuando los tanques deban soportar fluctuaciones de presión***
- ***Tratamientos específicos de las emisiones, como adsorción, absorción, condensación***
- ***Llenado subterráneo.***

Si existen problemas en una instalación particular, la correcta aplicación de estas técnicas puede proporcionar normalmente una solución.

#### 4.5.4.2. MTD EN LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN LA PRODUCCIÓN DE LA LANA DE ROCA

Como se indicó en el Apartado 4.5.3.1.1 las principales emisiones de olor durante la producción de este material son en la fusión en cubilote y durante los procesos de acabado (moldeado y polimerización).

##### 4.5.4.2.1. MTD en la fusión de cubilotes

Los cubilotes de lana de roca pueden producir elevadas emisiones de sulfuro de hidrógeno y de monóxido de carbono. La MTD para la reducción de las emisiones de sulfuro de hidrógeno es **la selección de materias primas o la oxidación térmica de los compuestos gaseosos**.

La incineración térmica destruye los compuestos orgánicos mediante oxidación térmica, dando dióxido de carbono, agua, óxidos de azufre y de nitrógeno, y otros productos de combustión. Los principales requisitos para una combustión eficaz son:

- El tiempo de estancia en la cámara de combustión debe ser suficiente para evitar una combustión incompleta. Una eficacia de destrucción del 99% requerirá un tiempo de estancia de 1 a 4 segundos a la temperatura correspondiente.
- La temperatura operativa debe estar 200-400 °C por encima de la temperatura de inflamación espontánea de la sustancia más estable. Por tanto, las temperaturas típicas de operación están alrededor de 800 °C. Si la corriente de gas contiene sustancias cloradas y aromáticas las temperaturas deben aumentarse hasta 1100–1200 °C, y se requiere un enfriamiento rápido de los gases de combustión para evitar la formación de dioxinas.
- Es necesario que haya turbulencia para conseguir una eficaz transferencia de calor y de materia en la zona de combustión, y para evitar los “puntos fríos”. Esto se consigue normalmente utilizando quemadores que generen una llama de combustión en remolino, e incorporando pantallas en la cámara de combustión.

Es improbable que la incineración catalítica sea una opción practicable en este sector, debido a que la elevada carga de partículas y la presencia de materiales resinosos producirían el envenenamiento del catalizador.

En general, en este sector, los niveles de emisión asociados con las MTD se considera que son:

- Cloruros (expresados como HCl) < 30 mg/Nm<sup>3</sup>
- Fluoruros (expresados como HF) < 5 mg/Nm<sup>3</sup>
- **Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S) < 5 mg/Nm<sup>3</sup>**
- Monóxido de carbono (CO) < 200 mg/Nm<sup>3</sup>
- Metales < 6 mg/Nm<sup>3</sup>

Según la información recogida en el documento, los niveles de emisión señalados arriba, se consiguen normalmente mediante la selección de materias primas.

##### 4.5.4.2.2. MTD en los procesos de acabado

- Emisiones de la zona de moldeo y emisiones combinadas de moldeo y polimerización

Después de la optimización de las medidas primarias, la MTD se considera el uso de **un precipitador electrostático húmedo, un lavador de lecho relleno o un filtro de lana de roca** (generalmente sólo en procesos de lana de roca). La eficacia de estas técnicas varía. El precipitador electrostático húmedo y el filtro de lana de roca son más

eficaces en la eliminación de partículas sólidas y gotas, y **el lavador de lecho relleno** es más eficaz en la eliminación de sustancias gaseosas. No se considera útil utilizar ambas técnicas juntas. Los niveles de emisiones asociados con las MTD para los contaminantes especificados a continuación se consideran que son:

Fenol	5 -15 mg/Nm <sup>3</sup>
Formaldehído	5 -10 mg/Nm <sup>3</sup>
Amoniaco	30 -65 mg/Nm <sup>3</sup>
Aminas	5 mg/Nm <sup>3</sup>
Total Compuestos Orgánicas Volátiles	< 10-50 mg/Nm <sup>3</sup>

- Emisiones del horno de polimerización

Al igual que en el caso de las emisiones derivadas de la fusión, en esta etapa de la producción, también se considera MTD el **uso de un incinerador térmico de los gases emitidos**. En este caso se consideran los siguientes niveles de contaminantes asociados a las MTD:

Total partículas	5-30 mg/Nm <sup>3</sup>
Fenol	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>
Formaldehído	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>
Amoniaco	< 20-65 mg/Nm <sup>3</sup> , ó < 0.4 kg/t de producto acabado
Aminas	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>
Total COVs	< 10 mg/Nm <sup>3</sup>

Las emisiones del enfriamiento de los productos pueden tratarse por separado o en combinación con las emisiones de moldeo o polimerización. Cuando se tratan por separado, los niveles de emisiones asociados con las MTD se considera que son iguales o inferiores a los del área moldeo.

#### 4.5.4.3. MTD EN LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN EL PRECALENTAMIENTO DEL VIDRIO.

En el documento no se recoge ninguna MTD para esta etapa de la producción, por tanto serían MTD las descritas anteriormente, aplicadas en esta etapa.

## 4.6. INDUSTRIA DE METALES NO FÉRREOS

### 4.6.1. Ámbito de aplicación

Este Documento de Referencia sobre las Mejores Técnicas Disponibles en la Industria de Procesos de Metales no Férreos refleja el intercambio de información realizado conforme al Artículo 16(2) de la Directiva del Consejo 96/61/CE. Para afrontar el complejo campo de la producción de metales no férreos, se adoptó el enfoque de cubrir la producción de los metales a partir de materias primas primarias y secundarias conjuntamente en un documento, y abordar los metales en 10 grupos. Estos grupos son:

- Cobre (Sn y Be inclusive) y sus Aleaciones.
- Aluminio.
- Zinc, Plomo y Cadmio, (+ Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te).
- Metales Preciosos.
- Mercurio.
- Metales Refractarios
- Ferroaleaciones.
- Metales Alcalinos y Alcalinotérreos
- Níquel y Cobalto.
- Carbono y Grafito.

La producción de carbono y grafito se incluyó asimismo como proceso separado, ya que muchos de dichos procesos están asociados con las fundiciones primarias de aluminio. Los procesos de tostación y sinterización de los minerales y concentrados para la producción de alúmina también se han incluido en estos grupos cuando procede. La minería y el tratamiento de los minerales en la mina no se cubren en el documento.

#### 4.6.2. Procesos y técnicas aplicados

Existen muchos procesos y variaciones en equipos y técnicas que se emplean para la producción de metales no féreos. Muchas de las técnicas y etapas individuales de los procesos de producción son comunes para la mayoría de metales no féreos producidos. Estas etapas comunes pueden dividirse del modo siguiente:

- Gestión, diseño y formación;
- Recepción, almacenamiento y manipulación de materias primas;
- Preproceso y pretratamiento de las materias primas y transferencia a los procesos de producción;
- Tipos de hornos y técnicas de control de proceso;
- Recogida de humos y técnicas de eliminación;
- Reutilización de agua y tratamiento de efluentes;
- Prevención, minimización, reciclaje y tratamiento de los residuos de proceso (incluidos subproductos y residuos).

Debido al número de metales incluidos en este documento no se ha creído conveniente realizar un desarrollo pormenorizado de cada una de las producciones, ya que el resumen quedaría demasiado extenso y la información aportada para olores no es muy útil. A continuación se especifican cuáles de los subsectores presentarían problemas de olor, según el documento BREF:

- Producción de plomo, zinc y cadmio
- Producción de metales preciosos
- Producción de Mercurio
- Producción de níquel y cobalto
- Producción de carbono y grafito

#### 4.6.3. Emisiones de olor en la industria de procesos de metales no férreos

En la industria de metales no férreos existen varias fuentes potenciales de olor. Las más significativas son los vapores metálicos, los aceites y disolventes orgánicos, los sulfuros del enfriamiento de escorias y tratamiento de agua residuales, los reactivos químicos utilizados en los procesos hidrometalúrgicos y de tratamiento de efluentes (ej. amoníaco) y los gases ácidos. Los olores pueden evitarse con un diseño cuidadoso, una buena elección de los reactivos y una correcta manipulación de materias. Por ejemplo, la producción de amoníaco de las escorias superficiales de aluminio pueden evitarse manteniendo el material seco.

La jerarquía básica de los principios de control de olores es:

- Evitar o minimizar el uso de materiales malolientes
- Contener y extraer los materiales y gases olorosos antes de que se dispersen y diluyan
- Tratarlos, a ser posible mediante postcombustión o filtración.

El uso de medios biológicos como turba o materiales similares que actúen como sustrato para especies biológicas ha dado buenos resultados en la eliminación de olores. La eliminación de olores puede ser un proceso muy complejo y caro si se diluyen materiales fuertemente olorosos. El tratamiento de volúmenes de gas muy grandes con bajas concentraciones de materiales olorosos requiere una planta de proceso de gran tamaño.

#### 4.6.4. MTD para reducir las emisiones de olor en la producción de metales no férreos

En esta sección se resumen las técnicas elegidas por el GTT como MTD para reducir las emisiones de olor en las industrias recogidas en el Apartado 4.6.2. En este tipo de industrias, con la finalidad de reducir las emisiones de contaminantes a la atmósfera, suele haber instalados en las plantas de producción sistemas de eliminación, como por ejemplo **precipitadores electrostáticos, sistemas de lavado húmedo o lavadores en medio ácido** para reducir emisiones de polvo, gases ácidos o amoníaco. Aunque estos sistemas de eliminación y/o recuperación de gases no han sido diseñados con el objetivo de eliminar las sustancias olorosas, ayudan a reducirlas y por tanto también pueden considerarse como MTD en la reducción de olores.

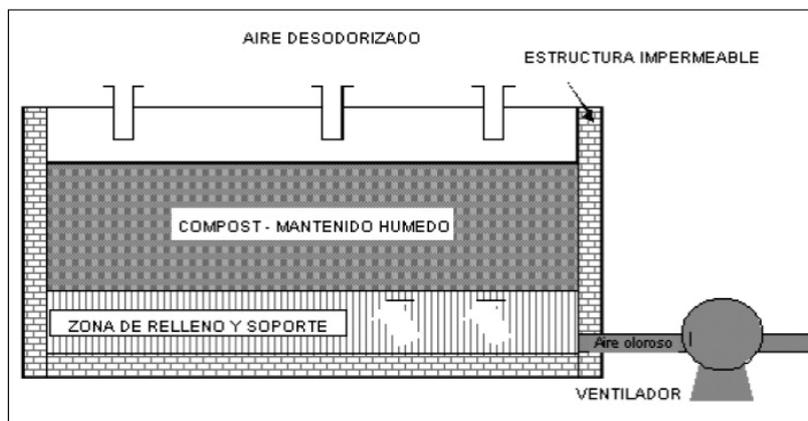
Sin embargo, y según la información recogida en el documento BREF, en las industrias señaladas como fuentes potenciales de olor existe una etapa común que representa el principal problema, y es la extracción con disolvente. En esta fase, los problemas de olor están totalmente relacionados con el tipo de disolvente elegido. Las técnicas que el GTT han identificado como MTD en la producción de metales no férreos para solucionar los problemas de emisión de compuestos olorosos en la fase de extracción son:

- **Contención y condensación de las emisiones de vapor**
- **Adsorción en carbón activo o biofiltro si fuese necesario.**

En la producción de carbono y grafito, además de la extracción con disolventes, existen dos etapas en la producción que podrían generar problemas de olor. Estas etapas son el lavado y secado del producto obtenido en el horno, y la impregnación de otros materiales para la producción de carbonos especiales. Las MTD consideradas en estas etapas son las mismas que las descritas en la etapa de extracción, y añade la **postcombustión** de los gases del horno en la impregnación.

A continuación se muestra un esquema del biofiltro que ha sido determinado como MTD por el GTT:

Figura 4.6.4.1. Esquema de un biofiltro simple.



## 4.7. INDUSTRIA DE PROCESOS DE METALES FÉRREOS

### 4.7.1. Ámbito de aplicación

El presente trabajo sobre la transformación de metales férreos está estrechamente relacionado con el trabajo anterior sobre siderurgia primaria y secundaria, que comprendía la producción de hierro y acero hasta el proceso de moldeo. Partiendo de los productos semiacabados (lingotes, planos, tochos y palanquillas) obtenidos de los procesos de colada continua o discontinua, se analizan los procesos de fabricación posteriores (como la laminación en caliente, la laminación y trefilado en frío, la galvanización en caliente y los tratamientos preliminares y finales de los productos de acero moldeados).

En la Sección 2.3 a) del Anexo I de la Directiva 96/61/CE sólo se nombran explícitamente los trenes de laminación en caliente (> 20 t/h), pero aquí también se tratan los trenes de laminación en frío y procesos conexos, como el decapado y el desengrase. La Sección 2.3 c) del citado anexo hace referencia a la aplicación de capas de protección de metal fundido (> 2 Tm/h). Por lo tanto, en este trabajo se incluye la galvanización en caliente de artículos diversos, también conocida como galvanización general.

No se incluyen en este trabajo las herrerías y fundiciones de metales férreos (Sección 2.3 b) y 2.4 del Anexo I), como tampoco la galvanoplastia o los recubrimientos orgánicos aplicados al acero. Se analizan los siguientes pasos principales de proceso en continuo:

- Recalentamiento y tratamiento térmico de los materiales iniciales: planos, tochos, palanquillas y lingotes.
- Procesos de preparación y rectificado superficial: desbarbado, desbaste, descascarillado, desengrase y decapado.
- Modelado del acero: desbaste, laminación en frío y en caliente, trefilado.
- Procesos para obtener productos o materiales de calidades especiales: recocido, laminación de efecto superficial o "skin pass".
- Galvanización en caliente y acabado.
- Con respecto al proceso de galvanización en discontinuo en caliente de fabricados de acero, se analizan los siguientes pasos operativos:
  - Preparación de las superficies de los fabricados: desengrase, lavado, decapado, mordentado, secado.
  - Recubrimiento con metal fundido.
  - Postratamiento/acabado: enfriamiento, engrase.

Este documento de referencia está dividido en cuatro partes (A-D). Las partes A, B y C (correspondientes con los Apartados 4.7.2, 4.7.3 y 4.7.4, respectivamente de este resumen) se refieren a los distintos subsectores de la industria de transformación de metales férreos: conformación en frío y en caliente (Apartado 4.7.2), galvanización en continuo (Apartado 4.7.3) y galvanización en discontinuo (Apartado 4.7.4). Se ha optado por esta estructura debido a las grandes diferencias que separan a las distintas actividades que conforman la industria de transformación de metales férreos.

La parte D no se ocupa de un subsector industrial, sino que comprende las descripciones técnicas de varias medidas medioambientales que deben considerarse en la determinación de la MTD para más de un subsector. De este modo se ha evitado repetir las mismas explicaciones en las tres partes.

#### **4.7.2. Mejores técnicas disponibles para la conformación en caliente y en frío**

Este Apartado al igual que el correspondiente en el documento BREF se divide en tres partes bien diferenciadas:

- Plantas de laminación en calientes
- Plantas de laminación en frío
- Plantas de producción de alambre

A continuación se describen las Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para cada una de las plantas en relación con la reducción de olores.

##### **4.7.2.1. PLANTAS DE LAMINACIÓN EN CALIENTE**

En la laminación en caliente, el tamaño, la forma y las propiedades metalúrgicas de los planchones, los tochos, las palanquillas o los lingotes de acero se modifican comprimiendo repetidamente el metal caliente (temperatura entre 1050 y 1330 °C) entre rodillos alimentados eléctricamente.

Los procesos de los trenes de laminación en caliente constan convencionalmente de las siguientes etapas:

- Acondicionamiento del material de alimentación (desbarbado, desbaste).
- Calentamiento a la temperatura de laminación.
- Descascarillado.
- Laminación (desbaste, incluye reducción de anchura, laminación a la dimensión y propiedades finales).
- Acabado (recortado, cortado en bandas, corte).

En el documento no se indica que existan emisiones de olor en ninguno de los procesos arriba descritos. No obstante, debido a presencia de COVs en los gases de combustión de los hornos de los procesos que requieren calor, se ha pensado que quizás estos podrían causar problemas de olor en algunas situaciones. Por tanto, las MTD dirigidas a la reducción de emisiones de las emisiones de COVs de los hornos en las plantas de laminación en caliente, también lo estarán en la reducción de los posibles olores generados.

##### **4.7.2.1.1. MTD en las plantas de laminación en caliente**

De las MTD recogidas en el documento BREF para este tipo de plantas las descritas a continuación presentarían beneficios en la reducción de olores.

Se considera MTD, **el almacenamiento de vertidos y fugas mediante medidas apropiadas**, como pozos de seguridad y desagües.

Para reducir las emisiones a la atmósfera, especialmente de  $\text{NO}_x$  de los hornos de recalentar y de tratamiento térmico, así como para reducir el consumo energético, deben tenerse en cuenta las siguientes medidas generales en la fase del diseño:

- Incorporación de una zona de recuperación de material en el horno, con una sección de precalentamiento sin encendido que sea bastante grande para asegurar una máxima recuperación del calor de los gases de combustión.
- Los quemadores radiantes en el techo del horno, debido a la rápida disipación de calor, producen menores niveles de  $\text{NO}_x$ .
- El retorno de los gases de combustión a los quemadores influye sobre el nivel de emisión de  $\text{NO}_x$ .
- Las propiedades aislantes del material refractario son importantes, por lo que deben tomarse medidas constructivas para alargar la vida de este material, ya que los daños en el mismo no pueden repararse inmediatamente.
- El uso de material refractario de baja masa térmica puede reducir pérdidas de la energía almacenada y reducir la energía y el tiempo de encendido. Las fibras cerámicas son generalmente más baratas que los módulos de hormigón premoldeado y tienen buenas propiedades aislantes. No obstante, siguiendo una Directiva Europea, su uso está o estará restringido, ya que pueden causar cáncer por inhalación. En estado nuevo, las fibras producen polvo cuando son manipuladas y pueden causar irritación en la piel. Tras el calentamiento, se forma cristobalita, que se sospecha que produce cáncer.
- La mejora en la estanqueidad de los hornos y la instalación de puertas especialmente diseñadas, con el fin de reducir el aire atrapado.
- Las zonas con puertas y/o los huecos de las puertas de carga/descarga deben minimizarse, usando cortinas refractarias aislantes para los momentos en que las puertas deban estar necesariamente abiertas (siempre que pueda evitarse un daño mecánico excesivo al material).
- Medidas como la compensación de marcas de deslizamiento o la desviación de las guías, para evitar las marcas de deslizamiento y utilizar una menor temperatura de calentamiento.

Adicionalmente, las siguientes medidas, que también pueden aplicarse a los hornos existentes, se consideran mejores técnicas disponibles para hornos de recalentar y de tratamiento térmico.

- Evitar el exceso de aire y la pérdida de energía durante la carga con medidas operativas (es necesaria la apertura mínima de las puertas para la carga) o medios estructurales (instalación de puertas multisegmentadas para un cierre más hermético). Elección cuidadosa del combustible (en algunos casos, como el gas de horno de coque, puede ser necesaria una desulfurización) y la aplicación de un sistema de automatización y control del horno para optimizar las condiciones de combustión en el horno.
- Recuperación del calor en el gas residual:
  - mediante el precalentamiento del material de alimentación
  - mediante sistemas de quemadores regenerativos o recuperativos
  - mediante una caldera de calor perdido o refrigeración de las guías por evaporación (donde se requiere vapor).

Pueden conseguirse ahorros de energía del 40-50% mediante quemadores regenerativos, con potenciales de reducción de  $\text{NO}_x$  indicados de hasta un 50%. Los ahorros de energía asociados con recuperadores o quemadores recuperativos son de alrededor del 25%, con reducciones de  $\text{NO}_x$  obtenibles proporcionadas de alrededor del 30% (50% en combinación con quemadores de bajo nivel de  $\text{NO}_x$ ).

- Los quemadores de bajo nivel de  $\text{NO}_x$  de segunda generación con niveles asociados de emisión de  $\text{NO}_x$  de 250-400  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  (3 %  $\text{O}_2$ ) sin precalentamiento del aire y con un potencial de reducción de  $\text{NO}_x$  indicado de alrededor del 65% en comparación con los quemadores convencionales. Nótese que al evaluar la eficacia de las medidas de reducción de  $\text{NO}_x$ , es importante prestar también atención a los niveles de emisión específicos, y no sólo a la concentración alcanzada. En algunos casos, las concentraciones de  $\text{NO}_x$  pueden ser mayores, pero la masa de  $\text{NO}_x$  puede ser igual o incluso menor. Por desgracia, las cifras disponibles en la actualidad para concentraciones de  $\text{NO}_x$  y emisiones específicas de  $\text{NO}_x$  son muy limitadas. Los hornos de recalentar no funcionan en condiciones estables durante el arranque y el apagado: en estas fases, los niveles de emisiones pueden aumentar.
- Limitación de la temperatura de precalentamiento del aire. Pueden producirse concentraciones de  $\text{NO}_x$  en caso de hornos de recalentar que funcionen con precalentamiento del aire de combustión. Sólo se han facilitado datos muy limitados sobre concentraciones de  $\text{NO}_x$  en conexión con el precalentamiento del aire. Los siguientes datos, tomados de un informe disponible en el Reino Unido, dan una indicación de los niveles de emisiones de  $\text{NO}_x$  que cabe esperar al aumentar la temperatura de precalentamiento del aire.
- Al aumentar la temperatura de precalentamiento del aire, es inevitable un aumento significativo de las concentraciones de  $\text{NO}_x$ . Así, la limitación de la temperatura de precalentamiento puede verse como una reducción de  $\text{NO}_x$ . No obstante, las ventajas de una reducción del consumo de energía y de la reducción de  $\text{NO}_x$  deben ponderarse frente a la desventaja de un posible aumento de las emisiones de  $\text{SO}_2$ .

También en relación con la emisión de olores se ha creído conveniente introducir en este apartado la MTD disponible en los talleres de rodillos. Esta MTD consiste en la preferencia en la elección de los disolventes no clorados en caso de ser necesario el uso de los mismos.

#### 4.7.2.2. TALLER DE LAMINACIÓN EN FRÍO

Las plantas de laminación en frío se componen normalmente de:

- Línea de decapado en continuo, donde se elimina la capa de óxido formada durante la laminación en caliente mediante decapado con ácido sulfúrico, clorhídrico o una mezcla de ácido nítrico y fluorhídrico. Puede usarse un dispositivo de estirado/aplanado o una laminación de efecto superficial en línea para mejorar la forma de la banda y producir la ruptura mecánica de la capa de óxido.
- El tren de laminación en frío consiste normalmente en un tren de laminación tándem de cuatro rodillos superpuestos de 4 o de 5 cajas, o de un tren de laminación reversible de cuatro rodillos superpuestos. La laminación en frío reduce normalmente el espesor inicial de la banda laminada en caliente en un 50-80%.
- Instalaciones de recocido para restablecer la ductilidad de la banda de acero, que se pierde a causa del endurecimiento por deformación plástica durante la laminación en frío.
- Trenes de revenido para conferir al material recocido las propiedades mecánicas requeridas (evita la formación de líneas de Lüders durante el estirado). El material se somete a una ligera laminación de efecto superficial, normalmente en un tren de laminación superficial (skin pass) de cuatro cilindros superpuestos. La rugosidad de los rodillos de trabajo del laminador es transferida a la banda por la presión de los mismos.
- Líneas de inspección y acabado, donde bobinas de distinta longitud pueden soldarse juntas para alcanzar el peso requerido, o pueden ser cortadas al ancho requerido. Asimismo, las bobinas se cortan en chapas de la longitud y anchura deseadas. Al mismo tiempo, se desechan las secciones de banda defectuosas.
- Líneas de empaquetado de bobinas o láminas según el destino y/o el medio de transporte.
- Taller de rodillos, donde se preparan los rodillos de trabajo y los cilindros de apoyo para el tren de laminación en frío y el tren de revenido.

Aparte de los procesos con requerimientos de calor, a los que se le aplican las MTD descritas en el apartado anterior, en este tipo de manufactura existe otra fuente potencial de olor, que es el uso de ácidos en el proceso de decapado. En el documento BREF no se ha encontrado ninguna referencia a que esta fase pueda producir problemas de olor, pero sí señala que pueden formarse vapores ácidos en los tanques de decapado, que debido a las características de los reactivos (sustancias ácidas), sí producirían olor.

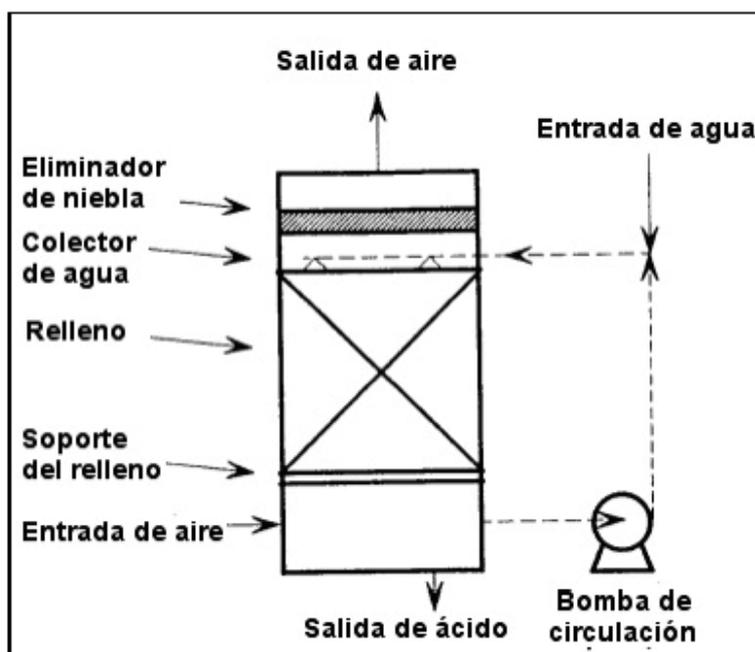
#### 4.7.2.2.1. MTD en las plantas de laminación en frío

Por lo tanto, las MTD en los talleres de laminación en frío que comportarían reducción de las emisiones de olor, serían, además de las descritas en el apartado anterior para reducir las posibles emisiones de COVs en los humos de combustión de los hornos, las técnicas que reduzcan la emisión a la atmósfera de compuestos ácidos utilizados en el proceso de decapado. Las MTD en esta materia se resumen a continuación.

Para decapado con HCl, se considera MTD **la regeneración del ácido**. La planta de regeneración del ácido debe estar equipada con un sistema de lavado de aire para reducir las emisiones de compuestos ácidos. Las siguientes técnicas de lavado de gases para la reducción de emisiones se consideran MTD:

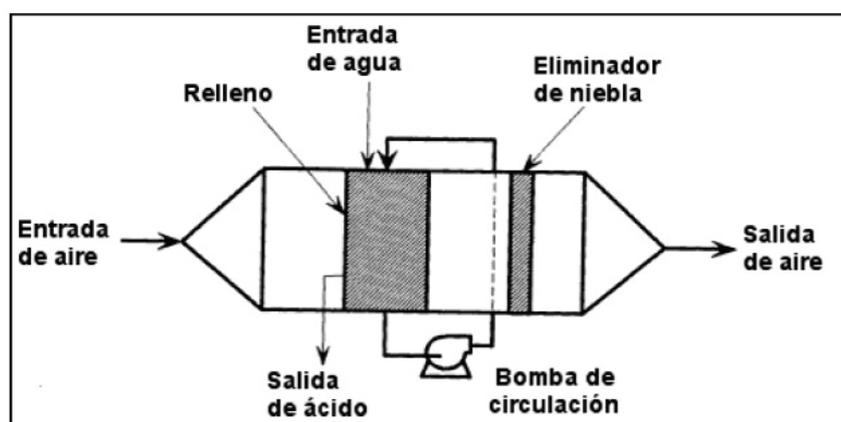
- **Los lavadores rellenos** (Figura 4.7.2.2.1.1) consisten en una carcasa externa que contiene un lecho de material de relleno sobre rejillas de apoyo, distribuidores de líquido, entradas y salidas de gas y líquido, y un eliminador de niebla. El agua se aplica normalmente en la parte superior del lecho relleno, y cae por gravedad, mojando el relleno, mientras que el gas residual entra por la parte inferior del lavador y es lavado por el agua al pasar ésta hacia arriba a través del lecho. Con este diseño de flujo a contracorriente, el gas más contaminado entra en contacto con el agua más contaminada en la parte inferior del lavador, y el gas más limpio contacta con el agua más limpia en la parte superior del lavador. Son posibles otros diseños en los que los flujos de líquido y gas pueden ser concurrentes o de flujo transversal.

Figura 4.7.2.2.1.1. Principio operativo de los lavadores rellenos



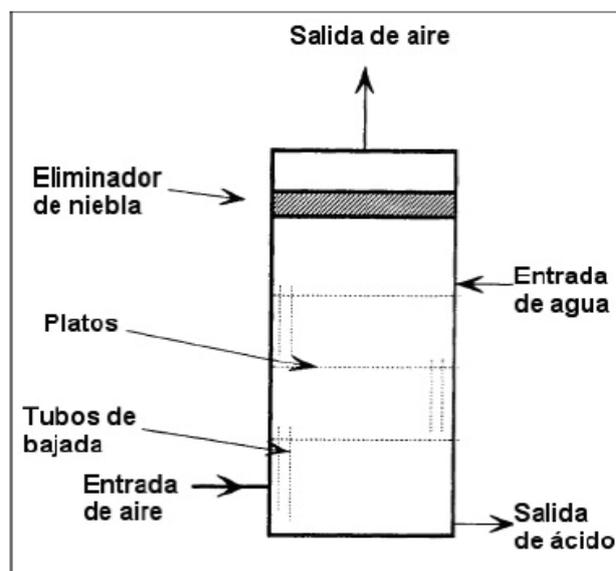
- **El lavador relleno convencional.** Es una columna vertical, con el aire fluyendo hacia arriba, y el agua hacia abajo. Una variación del mismo es el lavador de flujo transversal (Figura 4.7.2.2.1.2). En el lavador de flujo transversal, el gas residual fluye horizontalmente a través del relleno, mientras que el líquido sigue fluyendo hacia abajo, a través del flujo del gas residual. El esquema básico es el mismo que para los lavadores rellenos convencionales, y sigue siendo necesaria una bomba de circulación para mantener mojado el relleno.

Figura 4.7.2.2.1.2. Principio de un lavador de flujo transversal



- **Los lavadores de platos** (Figura 4.7.2.2.1.3) consisten en una columna vertical con varios platos horizontales perforados (platos de extracción) apilados en la misma. Hay deflectores situados a una corta distancia sobre las aberturas de los platos. El líquido de lavado entra por la parte superior de la columna y fluye sucesivamente por los distintos platos. El gas sucio entra por la parte inferior de la columna y fluye hacia arriba, pasando a través de las perforaciones de los platos. La velocidad del gas es suficiente para evitar que el líquido sobrenade a través de las perforaciones

Figura 4.7.2.2.1.3. Principio de los lavadores de platos



Para la reducción de las emisiones a la atmósfera de los tanques de decapado, el uso de equipos totalmente cerrados o equipados con campanas extractoras se considera como MTD con los siguientes niveles de emisiones asociados:

Decapado con HCl: Polvo 10-20 mg/Nm<sup>3</sup>

HCl 12-30 mg/Nm<sup>3</sup> (reducción > 98 %)

Decapado con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1-2 mg/Nm<sup>3</sup>

SO<sub>2</sub> 8-20 mg/Nm<sup>3</sup> (reducción > 95 %)

Durante la laminación y el revenido también pueden producirse fugas de vapores durante la emulsión, que podrían contener COVs. Para capturar y reducir estas emisiones, la MTD es **la instalación de un sistema de extracción con tratamiento del aire extraído mediante eliminadores de niebla**. Las eficacias de reducción conseguidas son mayores del 90 %, y los niveles de hidrocarburos asociados de 5-15 mg/Nm<sup>3</sup>.

#### 4.7.2.3. PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE

El trefilado del alambre es un proceso en el que el calibre de los alambres/alambres se reduce estirándolos a través de aberturas cónicas de menor sección, denominadas hileras o trefilas. El material inicial es normalmente alambroón de 5,5 a 16 mm de diámetro obtenido de plantas de laminación en caliente en forma de bobinas. Una línea típica de estirado de alambre se compone de los siguientes pasos:

- Pretratamiento del alambroón (descascarillado mecánico, decapado).
- Estirado seco o húmedo (normalmente varias pasadas con trefilas de tamaño decreciente).
- Tratamiento térmico (recocido continuo/discontinuo, temple patenting, temple en aceite).
- Acabado.

Al igual que en las plantas de laminados en frío, en este tipo de fábricas metalúrgicas la principal fuente potencial de olores vuelve a ser el proceso de decapado. En el decapado químico, la cascarilla de laminación se elimina mediante disolución en ácido. Los ácidos empleados son:

- Ácido sulfúrico o clorhídrico para alambre pobre en carbono.
- Ácido clorhídrico para alambre rico en carbono.

El decapado se realiza principalmente en un proceso discontinuo, sumergiendo cada rollo de alambroón en el baño de ácido. El ácido disuelve lentamente la capa de óxido transformándola en cloruros o sulfatos de hierro. En el decapado con HCl, se utiliza un inhibidor de H<sub>2</sub> para suprimir la reacción:  $2 \text{HCl} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$  y reducir la pérdida de hierro no deseada.

Tras el decapado, las bobinas de alambroón se enjuagan con agua. Esto se realiza normalmente en enjuague en cascada (ej: enjuagando 3 veces) para conseguir una máxima eficiencia de enjuague y un mínimo consumo de agua

##### 4.7.2.3.1. MTD EN LA PLANTAS DE PRODUCCIÓN DE ALAMBRE

Las operaciones de decapado, especialmente si se utiliza ácido concentrado o calentado, producen emisiones de vapores ácidos. Las técnicas para reducir las emisiones dependen del ácido usado y de la forma en que se realiza el decapado (en discontinuo o continuo). El decapado en discontinuo, utilizado para la preparación de alambroón, se describe a continuación. El decapado en continuo de alambre se utiliza normalmente en combinación con otras operaciones como el recubrimiento del alambre por inmersión en caliente.

Para el decapado en discontinuo, las siguientes operaciones se consideran MTD:

- **Decapado con HCl:** control estricto de los parámetros del baño, como temperatura y concentración, y trabajar dentro de los límites indicados en el documento de referencia. Si no es posible una operación cumpliendo las condiciones, la extracción y el lavado de los vapores se considera como MTD.

- En caso de baños de decapado con elevadas emisiones de vapores, ej. Baño de HCl caliente o concentrado, **instalación de extracción lateral y a ser posible tratamiento del aire extraído, para instalaciones nuevas y existentes**. El nivel asociado con la MTD para emisión de HCl es de 2-30 mg/Nm<sup>3</sup>.

Para la reducción de las emisiones a la atmósfera del decapado en continuo, se consideran como MTD **los equipos cubiertos equipados con campanas extractoras de lavado del aire extraído**. El nivel de emisión asociado con la MTD es de 2-30 mg/Nm<sup>3</sup>.

En el caso de los hornos utilizados en este tipo de talleres, se consideran MTDs todas las descritas en el Apartado 4.7.2.2.1, y además para hornos de recocido discontinuos, hornos de recocido continuos para acero inoxidable y hornos utilizados para temple en aceite, propios de este sector, se considera MTD **la combustión de la purga de gas protector**.

#### 4.7.3. Mejores técnicas disponibles para las líneas de recubrimiento en continuo

En el proceso de recubrimiento por inmersión en caliente, se hace pasar el acero continuamente a través de metal fundido. Se produce una reacción de aleación entre los dos metales, lo que produce una buena unión entre el recubrimiento y el sustrato.

Los metales adecuados para usar en recubrimiento por inmersión en caliente son aquellos que tienen un punto de fusión lo bastante bajo para evitar cualquier cambio térmico en el producto de acero, como por ejemplo aluminio, plomo, estaño y zinc.

En el documento BREF, y por ende en este resumen sobre la reducción de emisiones olorosas en la Industria de Procesos de Metales Férricos se estudian los siguientes casos de recubrimiento en caliente:

- Galvanización de lámina
- Aluminización de láminas
- Recubrimiento de láminas con plomo-estaño
- Recubrimiento de alambre en continuo

##### 4.7.3.1. GALVANIZACIÓN DE LÁMINA

En general, las líneas de recubrimiento en continuo para chapa se componen de los siguientes pasos:

- Limpieza de la superficie mediante tratamiento químico y/o térmico.
- Tratamiento térmico.
- Inmersión en un baño de metal fundido.
- Tratamiento de acabado.

Dentro del proceso de limpieza de la superficie en el galvanizado de las láminas de acero se distinguen dos tipos de limpieza química. La primera es un decapado, del que ya se ha hablado en apartados anteriores, y que en este caso no es necesaria para productos laminados en caliente. El decapado se realiza con HCl seguido de un enjuague con la finalidad de activar la superficie del metal. La segunda de las técnicas de limpieza por tratamiento químico es el desengrase de las superficies. Es esencial que la superficie de la bobina de acero esté libre de impurezas como grasa, aceite o finos de hierro abrasivos, para asegurar que toda la superficie quede expuesta al producto de recubrimiento

y que se consiga una fuerte adherencia. Aunque el desengrase no es necesario cuando la banda recibe tratamiento térmico posterior, muchas veces se aplica de todos modos. El proceso de limpieza comporta varios o todos los procesos siguientes:

- Desengrase alcalino por inmersión o por pulverización, posiblemente en combinación con un cepillado.
- Desengrase alcalino por un sistema electrolítico, posiblemente en combinación con un cepillado.
- Enjuague con agua con cepillado intermedio entre los tanques de enjuague.
- Secado.

Durante ambos procesos de limpieza química se pueden producir emisiones gaseosas que debido a la naturaleza de las sustancias utilizadas podrían causar olor. Otra fuente de olor, al igual que en la conformación de los metales en frío y en caliente, podrían ser los hornos de la planta, por contener COVs en los gases de combustión.

A continuación se recogen las MTD en las instalaciones que llevan a cabo este tipo de recubrimiento y que según lo expuesto arriba podrían tener consecuencias en la reducción de olores.

#### 4.7.3.1.1. MTD para las líneas de galvanización de lámina

Para las operaciones de desengrase en plantas de galvanización en continuo, la siguiente técnica considerada MTD podría tener repercusión en la emisión de olores:

- **Tanques cubiertos con extracción y limpieza del aire extraído mediante lavadores o eliminadores de niebla.** Los vapores generados por el desengrase se recogen mediante un extractor y son sometidos a un dispositivo de lavado o de eliminación de niebla para su precipitación. Los residuos del lavado son sometidos a tratamiento de aguas.

En el caso de las emisiones de los hornos de tratamiento térmico y las emisiones de decapado son aplicables también en esta industria las MTD indicadas para las instalaciones descritas en apartados anteriores.

#### 4.7.3.2. ALUMINIZACIÓN DE LÁMINAS

La mayoría de bobinas de acero recubiertas con aluminio se producen mediante alguna variación del proceso de galvanización en caliente. La línea de producción incluye normalmente una sección de pasivación, que se realiza en línea o fuera de línea en una unidad de proceso independiente.

Debido a la afinidad del aluminio por el oxígeno, es extremadamente importante prevenir la formación de una capa de oxígeno que evitaría la difusión del aluminio en el sustrato de acero. El acero es en ocasiones pulverizado o decapado con cloro gas antes del recocido. La formación de una capa de óxido puede entonces evitarse usando una serie de métodos como:

- Paso del acero lavado y decapado a través de un horno con atmósfera de hidrógeno para eliminar el oxígeno (el hidrógeno absorbido protege más el sustrato al pasar por el baño de aluminio fundido).
- Inmersión del acero decapado en un baño de aluminio fundido que se mantiene saturado de hidrógeno inyectado por chorros sumergidos.

El baño de aluminio se mantiene normalmente a temperaturas de aproximadamente 690 °C. La bobina recubierta puede luego ser tratada térmicamente a 820-930 °C, lo que convierte completamente el recubrimiento de aluminio en una aleación de acero-aluminio si es necesario.

Después del recubrimiento las bandas pueden someterse al postratamiento con el fin de evitar los daños y defectos superficiales, como el óxido blanco causado por condensación en caso de aporte de aire insuficiente.

- **Pasivación:** tratamiento con disolventes que contienen ácidos crómicos. Para una banda con recubrimiento de metal por inmersión, se aplica una capa de 10-35 mg/m<sup>2</sup> por cara. El espesor de recubrimiento es por consiguiente extremadamente fino (sólo unos pocos nanómetros). Durante la pasivación, el Cr<sup>6+</sup> se transforma principalmente en Cr<sup>3+</sup>. La banda se trata con soluciones entre 0,5-2 % de Cr<sup>6+</sup> y temperaturas de 50-120 °C.
- **Antihuellas:** tratamiento con rodillos exprimidores aplicando un recubrimiento polimérico en la superficie de la banda. Se aplica una capa con un peso (una vez seca) de < 1.5 g / m<sup>2</sup> por cara.

#### 4.7.3.2.1. MTD en la aluminización de láminas

La mayoría de MTD son las mismas que para la galvanización en caliente. No obstante, no hay necesidad de planta de tratamiento de aguas residuales, ya que sólo se evacua agua de refrigeración.

#### 4.7.3.3. RECUBRIMIENTO DE LÁMINAS CON PLOMO-ESTAÑO

El plomo puro nunca se utiliza como material de recubrimiento para el acero debido a que no es posible producir una aleación de plomo-acero y obtener un recubrimiento adhesivo. No obstante, se recubren bobinas de acero con una aleación de plomo-estaño que contiene un 8-25% de estaño, denominado metal 'terne'. El metal terne puede también contener hasta un 3% de antimonio. El estaño y el antimonio forman primero aleaciones con el sustrato de acero, que facilitan la adhesión del recubrimiento de plomo/estaño.

Los recubrimientos de terne proporcionan un alto grado de resistencia a la corrosión externa. El recubrimiento mantiene su integridad durante procesos profundos de trefilado y conformación, actuando asimismo como lubricante durante dichas operaciones. Los recubrimientos de terne tienen una excelente soldabilidad y normalmente se sueldan. Son ampliamente utilizados en el sector de automoción para la fabricación de depósitos de gasolina y para distintas aplicaciones, como contadores de gas.

En el proceso de recubrimiento con plomo-estaño, la lámina se enfría primero, se limpia con un desengrasado y se decapa, normalmente con clorhídrico o nítrico diluido y templado. Luego, si se desea un recubrimiento mixto instantáneo de níquel-terne, se aplica una capa de níquel electrolíticamente. En el paso siguiente, el acero entra en el baño de terne fundido a una temperatura de 310 °C a través de un flujo de cloruro amónico. Para controlar el espesor de recubrimiento actualmente se utilizan cuchillas de aire, que proporcionan una acción de barrido para eliminar el exceso de plomo de la superficie de las bandas. Tras el enfriamiento, la bobina puede recibir el postratamiento de protección, mediante engrase o pasivación.

#### 4.7.3.3.1. MTD en el recubrimiento de láminas con plomo-estaño

Así, las MTD para el recubrimiento de las láminas con plomo-estaño que podrían contribuir a la emisión de olor de la fábrica son:

- **Los tanques de decapado deben estar cubiertos y con extracción de aire a un lavador con torre de relleno**, con control del pH. Los niveles de emisión de HCl alcanzados están bien por debajo de  $30 \text{ mg/Nm}^3$
- **El agua residual de la torre y del tanque deben luego pasar a través de una planta de tratamiento de aguas residuales.**
- **El proceso de niquelado debe estar cubierto, con ventilación a un lavador húmedo.**
- Para el recubrimiento por inmersión en caliente, **las cuchillas de aire para controlar el espesor de recubrimiento** se consideran como MTD, ya que no producen emisiones.
- Para la pasivación, la MTD es *un sistema sin enjuague y por lo tanto que no haya agua de enjuague del sistema que requiera tratamiento*. Si se requiere un secador, éste debe ser un horno con combustión a gas. Así no se producen efluentes.

#### 4.7.3.4. RECUBRIMIENTO DE ALAMBRE

El alambre se recubre por inmersión en caliente principalmente con zinc y aleaciones de zinc (ej: Galfan, 95% Zn, 5% Al); la función principal de este tipo de recubrimiento es la protección anticorrosiva. Otros recubrimientos que se aplican mediante inmersión en caliente son estaño y aluminio. El aluminio se utiliza para productos de uso comercial. El estaño confiere un acabado brillante y proporciona una capa adhesiva para soldadura. Los procesos de aplicación para estos recubrimientos de inmersión en caliente son básicamente idénticos.

Una línea de recubrimiento en continuo por inmersión en caliente se compone de los siguientes pasos de producción: el alambre se decapa, se enjuaga, se sumerge en un baño de mordentado, se seca, se pasa a través del baño de metal fundido y se enfría de nuevo. Ocasionalmente puede aplicarse un recubrimiento de protección de base acuosa (denominado cera) tras el paso de recubrimiento por inmersión en caliente.

Como puede observarse, en el caso de los alambres se incluye un proceso nuevo, el baño de mordentado. Para una buena adhesión del recubrimiento de zinc, el alambre se pasa a través de un baño compuesto por una solución acuosa de  $\text{ZnCl}_2$  y  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . El exceso de mordiente se elimina del alambre por barrido. Antes de recubrirlo, el alambre se seca; esto puede hacerse en un horno o con el calor interno del alambre. Con alambres de gran diámetro y/o escobillas eficaces, el calor interno del alambre (debido a su calentamiento en el baño de mordiente) es suficiente para asegurar que el alambre esté seco. El alambre debe estar seco antes de entrar en el baño de mordiente para evitar salpicaduras a la entrada del baño de zinc.

El mismo medio de mordentado se utiliza en galvanización en discontinuo; no obstante, la concentración es generalmente mucho menor. Para recubrimientos de zinc, normalmente se usa una mezcla de  $\text{ZnCl}_2/\text{NH}_4\text{Cl}$  (para el recubrimiento con estaño se utiliza  $\text{ZnCl}_2$  puro).

##### 4.7.3.4.1. MTD en el recubrimiento de alambre

Para la reducción de las emisiones a la atmósfera del decapado en continuo, se considera como MTD **los equipos cubiertos equipados con campanas extractoras de lavado del aire extraído**. El nivel de emisión asociado con la MTD es de  $2\text{-}30 \text{ mg/Nm}^3$ .

#### 4.7.4. Galvanización en discontinuo

La galvanización en caliente en discontinuo es un proceso de protección anticorrosión por el que los productos de hierro y acero se protegen contra la corrosión, aplicándoles un recubrimiento de zinc. En la galvanización general en caliente discontinua predomina la galvanización por encargo (también denominada galvanización general) en la que

se tratan gran variedad de materiales para distintos clientes. El tamaño, la cantidad y la naturaleza del material de entrada pueden variar significativamente.

La galvanización de conductos o tubos, que se realiza en plantas de galvanización semi o totalmente automatizadas, no está normalmente englobada dentro del término de galvanización por encargo. Los artículos a recubrir en las plantas de galvanización en discontinuo son fabricaciones de acero, como clavos, tornillos y otros artículos pequeños; rejillas de celosía, piezas de construcción, componentes estructurales, postes ligeros y muchos otros. En ocasiones, los tubos también se galvanizan en plantas convencionales de galvanización en discontinuo. El acero galvanizado se emplea en construcción, transporte, agricultura, transmisión de energía y en cualquier aplicación en la que una buena protección contra la corrosión y una larga vida útil sean esenciales.

La secuencia de operaciones en la galvanización en discontinuo se compone, normalmente de los siguientes pasos de proceso:

- Desengrase.
- Decapado.
- Mordentado (baño de sales).
- Galvanización (recubrimiento con metal fundido).
- Repasado.

Una planta de galvanización consiste esencialmente en una serie de baños de tratamiento o proceso. El acero pasa de unos tanques a otros y se sumerge en los baños con la ayuda de grúas.

Existen dos esquemas básicos de planta, que se distinguen por el diseño de la sección de pretratamiento.

Las plantas de galvanización con tratamiento preliminar abierto sitúan las cubas de pretratamiento y los demás procesos en una misma nave. En estos casos, los baños de decapado se utilizan a temperatura ambiente para evitar las emisiones al aire (vapores ácidos) y la corrosión asociada de las instalaciones.

Las plantas de galvanización con secciones de tratamiento preliminar especializadas en recintos cerrados están diseñadas para utilizar los baños de decapado a temperaturas elevadas y reducir así el número de cubas y el tiempo de decapado. Los vapores generados por las cubas de ácido se recogen y en algunos casos se limpian con los dispositivos de precipitación apropiados.

Para algunas aplicaciones especiales, el baño de galvanización puede operar a temperatura elevada, utilizando crisoles con revestimiento cerámico en lugar de crisoles de acero; esta variación del proceso se denomina 'galvanización a alta temperatura'.

Las instalaciones para la galvanización de tubos representan un tipo especial de planta de galvanización, en la que los tubos se recubren de forma casi continua. La manipulación de los tubos en estas plantas está parcial o totalmente automatizada.

Los principales pasos del pretratamiento son los mismos que para la galvanización en discontinuo, pero tras el recubrimiento se elimina el exceso de zinc del exterior de los tubos mediante soplado con aire comprimido. El exceso de zinc en el interior se elimina mediante soplado con vapor de agua a presión.

#### 4.7.4.1. MTD PARA LA GALVANIZACIÓN EN DISCONTINUO

También en la realización de este proceso de recubrimiento la fase que puede producir olores es la de decapado, aunque también podrían realizarse emisiones a la atmósfera, resultantes de la reacción del agente mordiente durante la inmersión de la lámina pretratada en el zinc fundido.

En el decapado con HCl, las siguientes técnicas se consideran MTD para reducir los impactos medioambientales:

- **Control estricto de la temperatura del baño y de los parámetros de concentración**, así como operación dentro de los límites de “Operación del Baño de Decapado Abierto”.
- Si se desea trabajar fuera del rango indicado, por ejemplo si se utilizan baños de HCl calientes o más concentrados, **la instalación de una unidad de extracción y el tratamiento del aire de extracción** (ej: mediante lavado) se consideran como MTD. El nivel de emisión de HCl asociada es de 2-30 mg/Nm<sup>3</sup>.
- **Recuperación de la fracción de ácido libre de la solución de decapado agotada** o regeneración externa de la solución de decapado.

De las MTD listadas para la sección de decapado sólo las dos primeras tendrían consecuencia en la reducción de olores. Durante la operación, la concentración de cloruro férrico en los baños aumenta. Esto produce un aumento del efecto de decapado. Al mismo tiempo, el cloruro ferroso en el ácido clorhídrico afecta la presión de vapor del ácido del mismo modo que si aumentara la concentración del ácido la presión de vapor aumenta. Comparando una solución de decapado con un 1% de HCl y un 6% de hierro a 60 °C (140 °F) con una solución normal de ácido al 10%, la presión de vapor se quintuplica. Así pues, a la hora de determinar el rango operativo óptimo con respecto a la reducción de las emisiones, debe tenerse en cuenta el contenido en cloruro férrico. Otro aspecto que influye en la cantidad de vapor de ácido emitido es el caudal de aire sobre el baño de decapado. Suponiendo una atmósfera absolutamente calma sobre el baño, la evaporación de ácido se detendría al alcanzar el equilibrio, determinado por la presión de vapor. Un flujo más o menos fuerte y constante de aire sobre el tanque de decapado aparta el vapor de ácido y mantiene el proceso de evaporación en marcha. El resultado no es sólo un mayor consumo de ácido, sino también mayores emisiones ácidas. El movimiento del aire y, en el caso de sistemas de extracción, la velocidad de extracción, deben mantenerse lo más bajos posible.

## 4.8. SECTOR DE LA PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO

### 4.8.1. Ámbito de aplicación

Esta BREF cubre los procesos que se incluyen en la producción de hierro y acero de forma integrada, así como la producción de acero en hornos de arco eléctrico.

Las principales operaciones cubiertas por las descripciones recogidas en este documento son:

- Carga, descarga y manejo de las materias primas
- Mezclado de las materias primas
- Producción de coque
- Sinterización y pelletización del mineral de hierro
- Producción de hierro fundido en altos hornos, incluyendo el procesamiento de la escoria
- Producción y refinado de acero utilizando el proceso de oxigenación básico
- Producción de acero con hornos de arco eléctrico
- Fundición continua.

Los sistemas de calor de los hornos, las plantas de energía, las plantas de oxígeno, así como otras relacionadas con los procesos aguas abajo, como los tratamientos de superficie, la conservación y empaquetamiento, etc. no se incluyen y se han tratado en BREFs separadas.

Además, existen aspectos medioambientales que no están específicamente relacionados con la producción primaria de hierro y acero así como la producción de acero mediante arco eléctrico, como son:

- Emisiones de material particulado desde el almacenamiento y manejo de las materias primas, aditivos y otros auxiliares, así como otros productos intermedios
- Evaluación de la seguridad y salud en el trabajo y otros riesgos peligrosos
- Sistemas de enfriamiento
- Monitorización de emisiones.

En la BREF, todos estos aspectos listados anteriormente, se tratan brevemente, ya que están incluidos en otros documentos de referencia.

De todos los procesos que se describen en el documento, sólo la producción de hierro fundido en los altos hornos, más concretamente en el tratamiento de la escoria, se señala que pueden existir problemas de olor. Debido a lo extenso del documento, y a que en el resto de procesos incluidos no se señalan problemas de olor, en este resumen sólo se ha tenido en cuenta la fabricación de hierro fundido en los altos hornos.

#### 4.8.2. Procesos y técnicas aplicadas en la producción de hierro fundido en los altos hornos

Un alto horno es un sistema cerrado en el cual se alimentan continuamente las menas de hierro (pirita tamizada), aditivos (escoria de material calizo) y agentes reductores (coque), por la parte alta del horno mediante un sistema de carga que previene el escape de los gases de los altos hornos (BFGs). En la siguiente figura se muestra la disposición de una planta de alto horno en la que se señalan el alto horno propiamente dicho, la zona de moldeo, la producción del aire de las toberas y dos etapas de tratamiento para los BFGs.

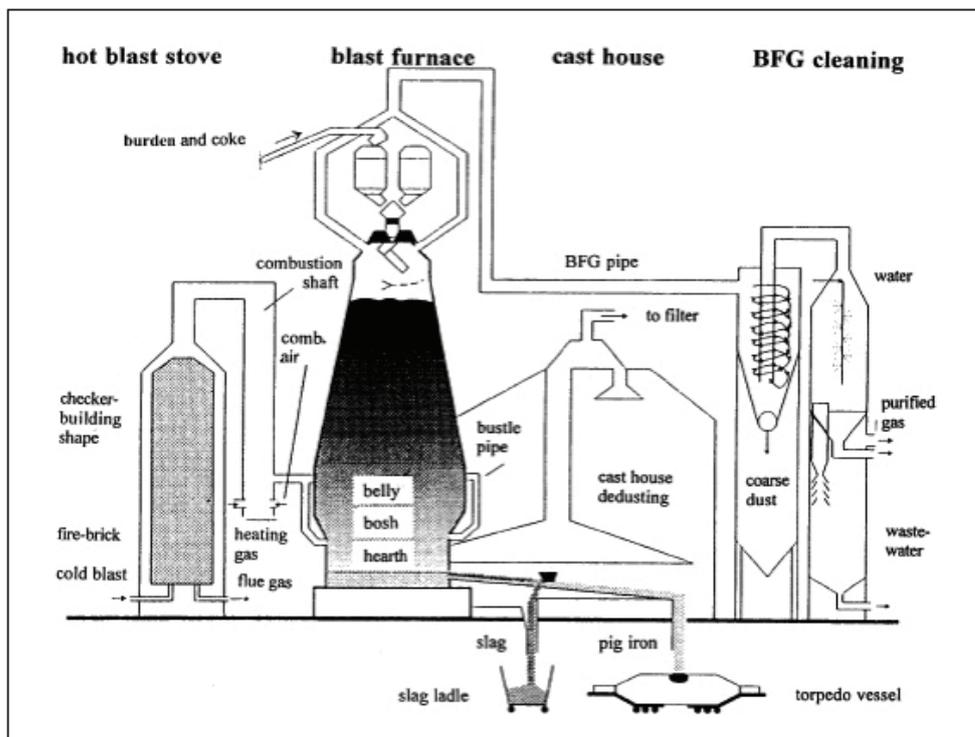


Figura 4.8.2.1. Esquema simplificado de una planta de producción de hierro con sistema de alto horno.

El aire caliente enriquecido con oxígeno y otros agentes reductores auxiliares (carbón, aceites, gas natural y en ocasiones plásticos) se inyecta en el nivel de la tobera del horno. El aire caliente reacciona con los agentes reductores formando principalmente monóxido de carbono (CO), el cual reducirá los óxidos de hierro a hierro metálico. El hierro líquido se recoge en el corazón del horno junto con la escoria y ambos se moldean en formas regulares. El hierro líquido se transporta a la planta de acero en recipientes torpedo y la escoria se procesa para producir agregados, granulados o pellets que se utilizarán en la fabricación de carreteras y la producción de cemento. Los BFGs se reco-

gen en la cabeza del horno, donde se tratan y distribuyen a otras zonas de la planta como aire precalentado para la combustión de fuel, o para la producción de electricidad.

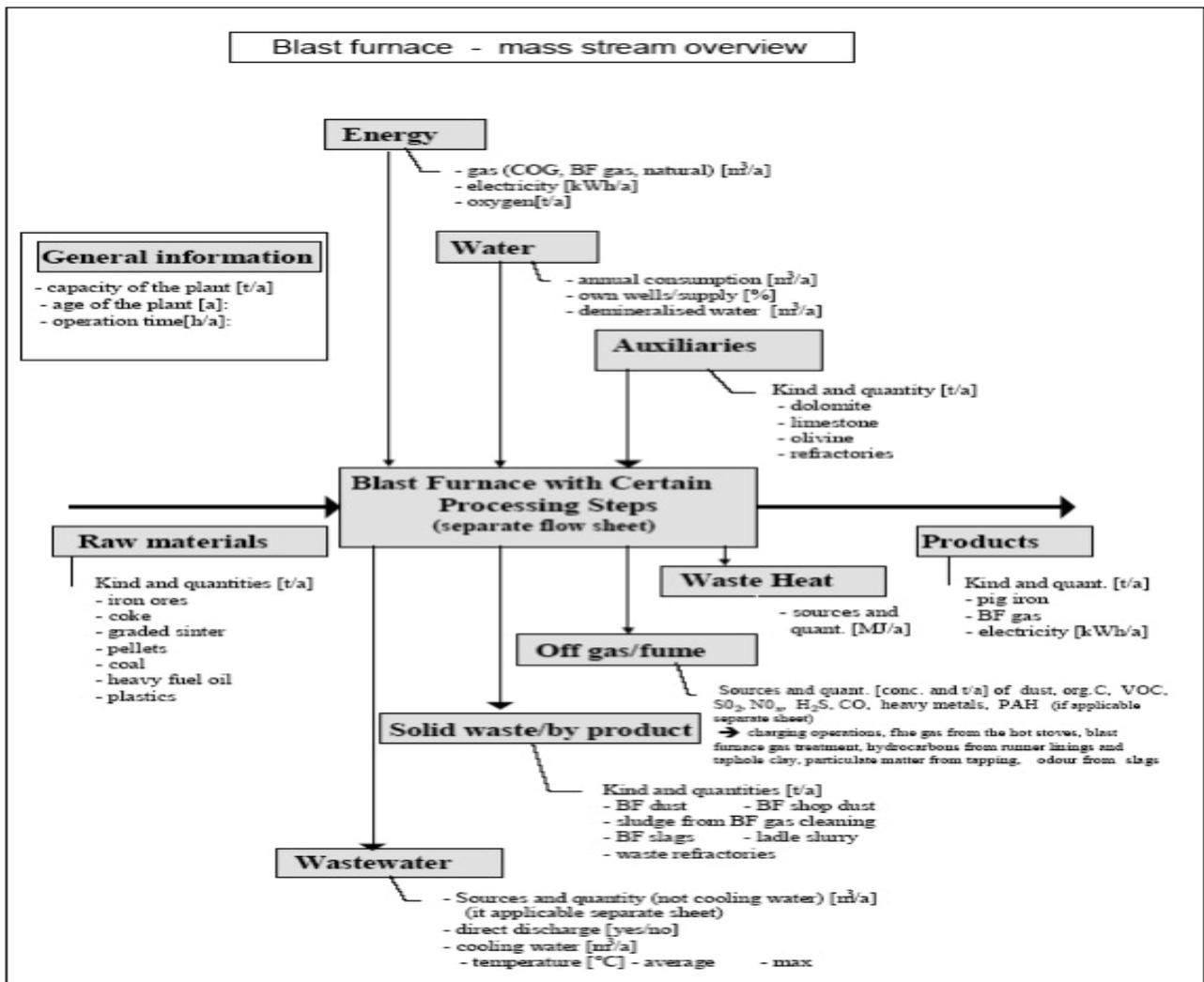
En forma de resumen, las principales operaciones llevadas a cabo en la producción de hierro fundido en los altos hornos son las siguientes:

- Carga de las materias primas
- Generación del gas de toberas
- El proceso propiamente dicho del alto horno
- Inyección directa de agentes reductores
- Moldeado
- Procesado de la escoria.

### 4.8.3. Niveles de consumo y emisión

En la siguiente figura se representa un esquema de las entradas y las salidas de un alto horno.

Figura 4.8.3.1. Balance de masa en la producción de hierro fundido en los altos hornos.



Como puede observarse en la figura anterior, los posibles problemas de olor que se pueden generar en este tipo de instalaciones ocurrirán durante el procesado de la escoria. Las emisiones gaseosas, especialmente olorosas, que se dan durante el tratamiento de la escoria se producen debido a la reacción del agua con la escoria líquida, particularmente con compuestos azufrados (especialmente CaS y MnS), que generan emisiones difusas de H<sub>2</sub>S y SO<sub>2</sub>. Estas emisiones son las causantes de problemas potenciales de olor y corrosión.

Según el ciclo de tratamiento de la escoria, así como el ciclo mismo de tratamiento, las emisiones de unas plantas a otras pueden ser muy diferentes. Así el rango de los factores de emisión es muy amplio, de 1-320 g de H<sub>2</sub>S / t de pirita y de 1-150 g de SO<sub>2</sub>/t de pirita durante la granulación de la escoria. Si la escoria no se trata con agua, sino que se expone a una corriente de aire frío, sólo se formarán unas pequeñas corrientes de emisión principalmente de SO<sub>2</sub>. Desde la perspectiva de la eliminación de molestias esta técnica podría ser considerada como una ventaja.

El agua usada en los procesos de granulación y pelletización de la escoria se puede reutilizar en su mayoría, permitiendo la operación de todo este proceso con una cantidad muy pequeña de aguas residuales. El vapor generado durante este proceso contiene material particulado, SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, que se emiten normalmente a la atmósfera. Se han llevado a cabo pruebas para reutilizar el calor residual de la escoria, pero por el momento no existen sistemas comercialmente disponibles. La energía que se podría recuperar es aproximadamente de unos 0.35 GJ / tonelada de pirita.

#### 4.8.4. Técnicas a considerar en la determinación de las MTD

Las técnicas que el GTT ha tenido en cuenta para determinar las MTD en el sector de la producción de hierro fundido en los altos hornos son las siguientes, y se agrupan en dos bloques bien diferenciados:

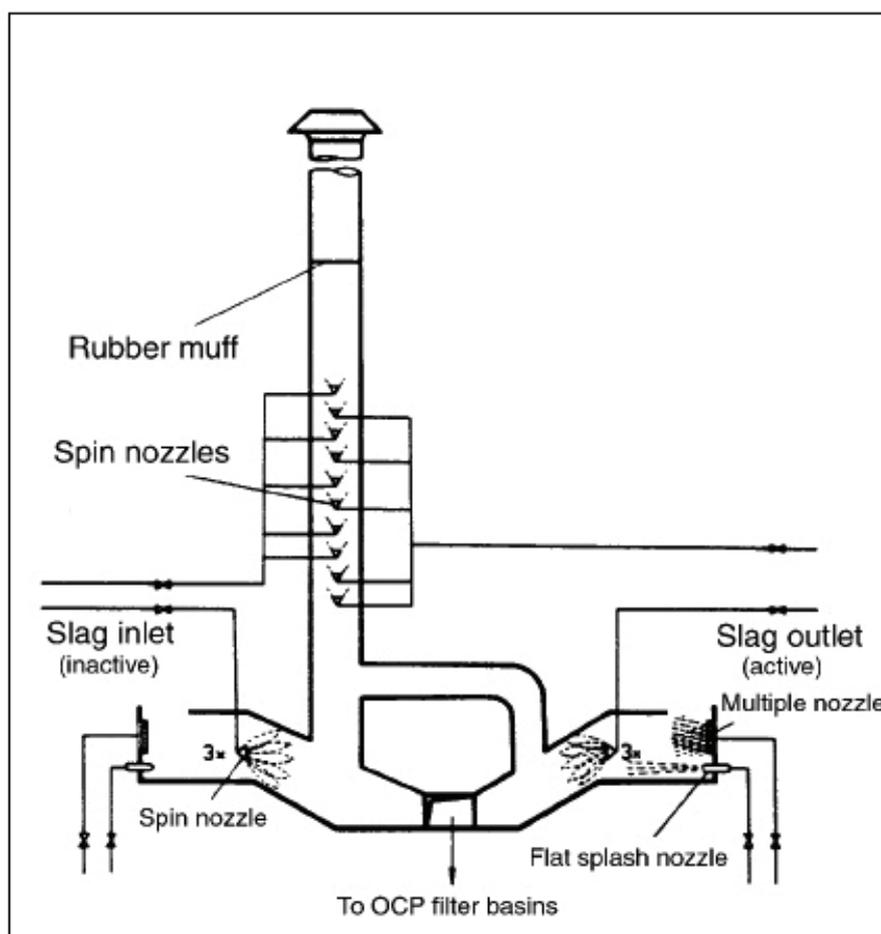
- Medidas integradas en el proceso:
  - Inyección directa de los agentes reductores
  - Recuperación de energía de los gases de los altos hornos
  - Recuperación de energía de la presión de los gases de cabeza del horno
  - Ahorro de energía en la generación de los gases de las toberas
  - Utilizar vagonetas que no estén recubiertas de alquitrán en la sección de moldeado.
  
- Técnicas de final de proceso:
  - Tratamiento de los gases del horno
  - Eliminación del polvo de las vagonetas y tapas de los agujeros del horno
  - Supresión del humo durante el moldeado
  - Hidro-ciclonado de los lodos del horno
  - Tratamiento y reutilización del agua de depuración de gases
  - Condensación de los gases emitidos durante granulación de la escoria.

Debido a que el único problema de olor se producía durante el procesado de la escoria, sólo las técnicas que estén encaminadas en la reducción de dichas emisiones se considerarán en la determinación de las MTD. De las listadas anteriormente, sólo la técnica de condensación de los gases emitidos durante la granulación de la escoria tendría consecuencias en la reducción de las emisiones de olor. Esta técnica se describe a continuación:

- **Condensación de los gases emitidos durante la granulación de la escoria**

Para resolver los problemas de olor que se pudieran generar durante la granulación de la escoria debido a las emisiones de  $H_2S$ , la técnica propuesta consiste en condensar los gases emitidos en el proceso. El condensado, junto con el agua reciclada de la escoria, se recirculan al proceso una vez han sido enfriadas. Un esquema del proceso de condensación de los gases se representa en la siguiente figura:

Figura 4.8.4.1. Granulación de la escoria producida en los altos hornos con condensación de los gases emitidos.



Con la condensación de los gases se alcanzan emisiones por debajo de los 10 g de  $H_2S$  /t de pirita y es una técnica aplicable a todas las instalaciones, tanto nuevas como existentes.

#### 4.8.5. MTD en la producción de hierro fundido en los altos hornos

Entre las técnicas catalogadas como MTD sólo la **Condensación de los gases emitidos durante la granulación de la escoria** tendría impacto en la reducción de las emisiones de olor. Su implantación sólo se considera MTD si la planta presenta problemas de olor.

Ninguna de las demás MTD recogidas en el documento de referencia presentan como ventaja medioambiental la reducción de las emisiones de olor.

## 4.9. INDUSTRIA DE LA FUNDICIÓN Y EL FORJADO

### 4.9.1. Ámbito de aplicación

El presente documento recoge el intercambio de información acerca de las actividades contempladas en el Anexo I, categorías 2.3 (b), 2.4 y 2.5 (b) de la Directiva IPPC, es decir:

2.3. Instalaciones para la transformación de metales ferrosos:

(b) forjado con martillos cuya energía de impacto sea superior a 50 kilojulios por martillo y cuando la potencia térmica utilizada sea superior a 20 MW

2.4. Fundiciones de metales ferrosos con una capacidad de producción de más de 20 toneladas por día

2.5. Instalaciones

(b) para la fusión de metales no ferrosos, inclusive la aleación, incluidos los productos de recuperación (refinado, moldeado en fundición) con una capacidad de fusión de más de 4 toneladas para el plomo y el cadmio o 20 toneladas para todos los demás metales, por día.”

Tras realizar una comparación entre las descripciones anteriores y las capacidades reales de las instalaciones existentes en Europa, el Grupo de Trabajo Técnico definió el siguiente ámbito de trabajo:

- la fundición de materiales ferrosos, por ejemplo, hierro fundido laminar, hierro maleable y nodular, y acero
- la fundición de materiales no ferrosos, por ejemplo, aluminio, magnesio, cobre, cinc, plomo y otras aleaciones.

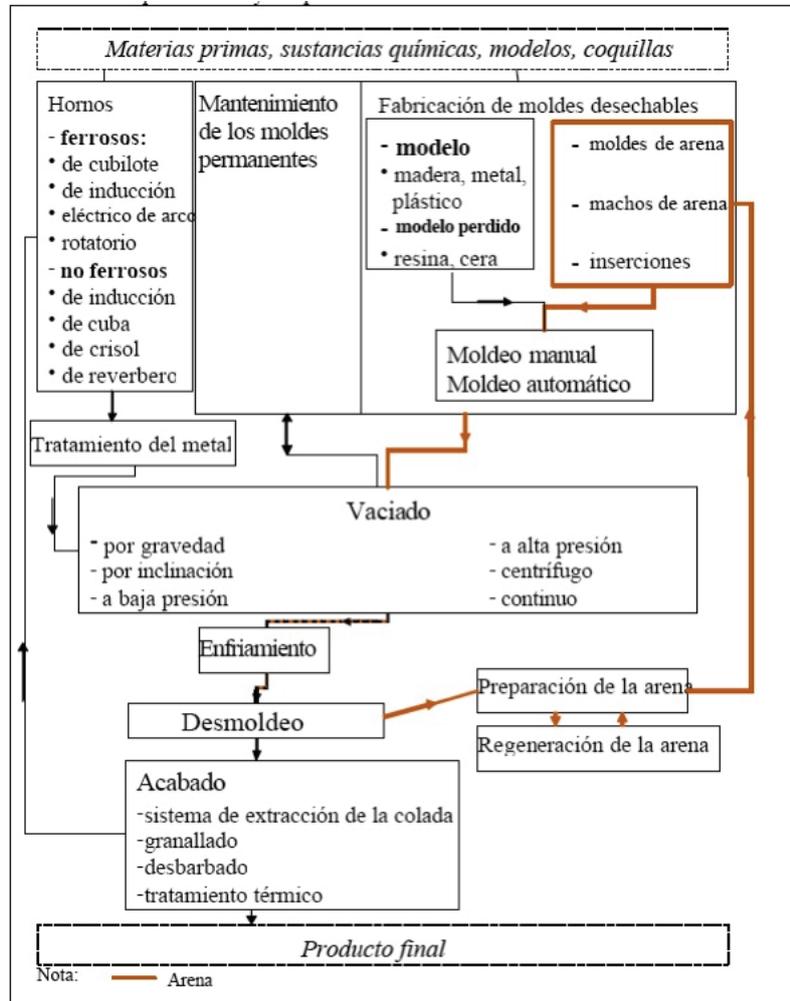
Las forjas se excluyeron del ámbito de aplicación de este documento ya que no se tenía conocimiento de ninguna forja europea que reuniese las condiciones establecidas en la categoría 2.3 (b) del Anexo I. Por lo tanto, el presente documento sólo trata de procesos de fundición. Las fundiciones de cadmio, titanio y metales preciosos, al igual que las fundiciones de campanas y objetos de arte, también se excluyeron por cuestiones relativas a la capacidad. La colada continua en láminas y planchas ya está contemplada en los documentos BREF relacionados con la producción de hierro y acero y las industrias de metales no ferrosos, y por tanto tampoco se incluye en el presente documento. Cuando éste se refiera a metales no ferrosos, se considerará que el proceso comienza con la fundición de lingotes y chatarra interna o con el metal líquido.

### 4.9.2. El proceso de fundición

La siguiente figura representa un diagrama de flujo general del proceso de fundición, que se divide en las siguientes actividades principales:

- fundición y tratamiento del metal: taller de fundición
- preparación de moldes y machos: taller de moldeo
- vaciado del metal fundido en el molde, enfriamiento para la solidificación y extracción de la pieza del molde: taller de vaciado
- acabado de las piezas: taller de acabado.

Figura 4.9.2. El proceso de fundición



Se pueden llevar a cabo varios procesos diferentes dependiendo del tipo de metal, del tamaño de las series y del tipo de producto. Por lo general, el sector se suele dividir según el tipo de metal (ferroso o no ferroso) y el tipo de molde utilizado (moldes desechables o moldes permanentes). Aunque es posible cualquier combinación, las fundiciones de metales ferrosos suelen utilizar grandes moldes desechables (moldes de arena) y las fundiciones de metales no ferrosos suelen usar moldes permanentes (fundiciones a presión). En cada uno de estos diferentes tipos básicos de procesos existe una gran variedad de técnicas dependiendo del tipo de hornos utilizados, del sistema de elaboración de moldes y de los machos empleado (arena en verde u aglomerantes químicos diversos) y de las técnicas de vaciado y acabado utilizadas. Cada proceso tiene sus propias características técnicas, económicas y medioambientales, así como sus ventajas y desventajas.

**4.9.3. Principales problemas medioambientales**

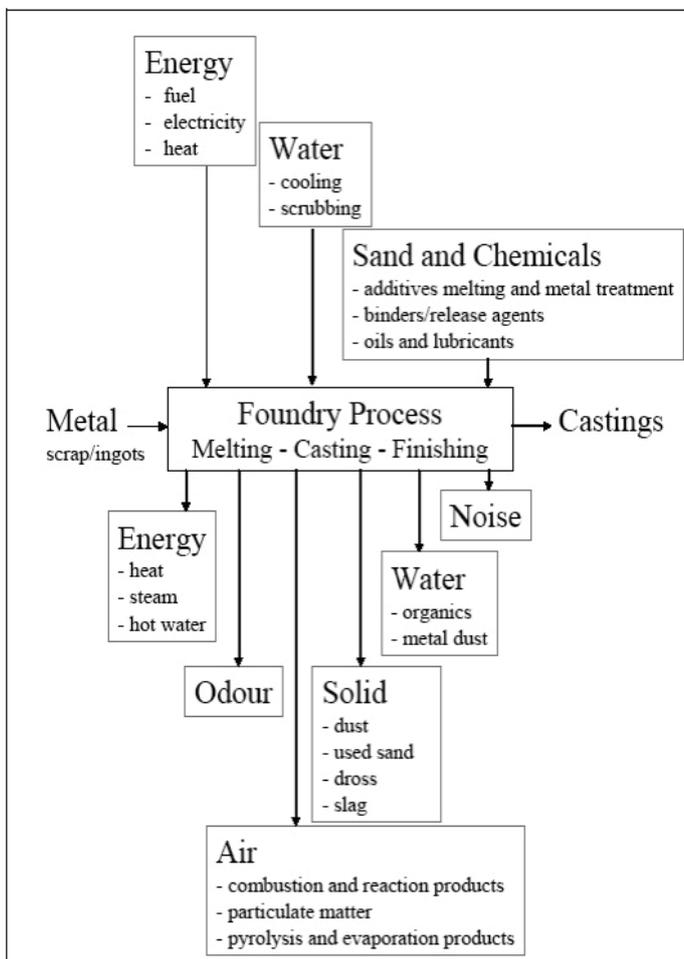
En la siguiente figura se presenta los productos de entrada y salida de las industrias de fundición, tanto de materiales férreos como no férreos:

Figura 4.9.3.1. Esquema con las entradas y salidas en las industrias de fundición.

Los problemas que se plantean son principalmente las emisiones de gases y la reutilización o eliminación de residuos minerales.

La emisión de gases a la atmósfera es el problema medioambiental clave. El proceso de fundición genera polvo mineral con partículas metálicas, compuestos acidificantes, productos de combustión incompleta y compuestos orgánicos volátiles (COV). El principal problema es el polvo que, con diferentes formas y composiciones, se genera en todas las etapas del proceso: durante la fundición del metal, la elaboración de moldes de arena, el vaciado y el acabado. Este polvo generado puede contener metales y óxidos metálicos.

Al elaborar los moldes y machos, se utilizan varios aditivos para aglomerar la arena. Durante el proceso de aglomerado de la arena y de vaciado del metal, se generan productos causados por la reacción y la descomposición, que incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos como aminas y COV. La generación de productos derivados de la descomposición (principalmente COV) continúa durante los procesos de enfriamiento y desmoldeo. **Estos productos son los causantes de las emisiones de olor en este tipo de plantas.**



#### 4.9.3.1. EMISIONES DE OLOR

Como ya se ha comentado anteriormente las principales emisiones de olor en las fundiciones se producen durante la fabricación del molde, la colada o vaciado y el enfriamiento. Las emisiones olorosas están relacionadas con procesos en los que hay aglomerantes de arena. Los productos olorosos de la pirolisis pueden variar según el tipo de sistema usado, pero generalmente son compuestos producto de la degradación fenólica, es decir los cresoles y los xilenos, son la fuente más común de la queja del olor, debido a sus bajos umbrales de detección. Durante la colada, enfriamiento y desmoldeo los olores emitidos se dispersan mezclándose con una gran cantidad de aire, lo que hace muy dificultoso su recolección y tratamiento.

##### 4.9.3.1.1. Etapa de preparación del molde

Las emisiones que se producen en esta etapa, junto con otros impactos medioambientales durante la mezcla, montura y almacenamiento de los moldes y machos hechos con arena se recogen en la siguiente tabla según el tipo de arena o compuestos aglomerante utilizado.

Como puede observarse, la mayoría de los compuestos utilizados como aglomerantes en la fabricación de los moldes de arena, excepto los denominados de arena verde, y los basados en ésteres silícicos y CO<sub>2</sub>, dan lugar a compuestos olorosos. En el documento no se señala cuales de estas sustancias generadas son las más problemáticas.

Tabla 4.9.3.1.1.1. Principales emisiones de olor en los procesos de preparación de los moldes

System name and binder constituents	Setting method and relative energy requirement	Emissions to air during mixing and setting	Other environmental impacts
<b>GREEN SAND</b> Clay Coal dust or substitute Water	Pressure – low	Particulate matter – no significant emission to the environment	Sand spillage around conveyors needs to be avoided to reduce the likelihood of fugitive emissions. Abatement from the mixing process is not essential (the process is usually self-contained with displaced air vented to the foundry)
<b>SHELL SAND</b> Phenol - formaldehyde (Novalak) Resin	Heat - high	Formaldehyde* Ammonia* Phenol* Aromatics HCN	Odour can be an issue as the shell machines are normally extracted to air
<b>ALKALINE PHENOLIC</b> Resol - Alkaline phenol-formaldehyde resin  1. Gas hardened (alkaline phenolic cold-box)  2. Self-setting (alkaline phenolic no bake)	Gas hardened with methyl formate vapour – low  Cold-set with esters - low	Formaldehyde* Phenol* Methyl formate  Formaldehyde* Phenol* Esters	
<b>PHENOLIC URETHANE</b> 1. Gas hardened: Cold-box  2. Self-setting (phenolic urethane no bake)	Amine vapour – low  Self-set with substituted pyridine – low	Isocyanate (MDI) Amine* Formaldehyde* Phenol  Isocyanates (MDI) Formaldehyde* Phenol	Odour is frequently a problem – where DMEA is used odours arise and abatement is essential. This may be incineration or gas scrubbing (using sulphuric or phosphoric acids) – the latter gives rise to liquors, which are a special waste. Where TEA is used scrubbing is only required if odour problems arise
<b>FURAN</b> Combination resins of: Phenol Urea Furfuryl alcohol Formaldehyde	Cold-set with acids – low	Formaldehyde* Phenol* Furfuryl alcohol* Hydrogen sulphide Acid mists	Resins and acids must be kept apart (unless sand is present) as they are vigorously exothermic when in contact
<b>HOT-BOX</b> Combination resins of: Phenol Urea Furfuryl alcohol Formaldehyde	Heat – high	Formaldehyde* Acids Furfuryl alcohol* Phenol* Ammonia Isocyanic acid Methyl isocyanate	Odour can be an issue as the shell machines are normally extracted to air
<b>OIL SAND</b> Linseed oil and starch	Heat – high	Acrolein* Complex organics	Odour can be an issue as the core ovens are often extracted to air
<b>CO<sub>2</sub> PROCESS</b> Sodium silicate	Gas hardened with CO <sub>2</sub> gas – low	None	
<b>SILICATE ESTER</b> Sodium silicate	Cold-set with esters – low	Esters	
<p>Note 1: All the above processes give rise to spent sand (including broken cores, spillage and mixer residues) that may go to landfill            Note 2: Substances marked with * are those most likely to give rise to odour from the process referred to            Note 3: Any resin binder component would be regarded as special waste for disposal purposes and if spilled could give rise to a risk of contamination of water systems            Note 4: Amines and methyl formates used for gas hardening are highly flammable and odorous. The avoidance of leaks in storage is essential</p>			

## 4.9.3.2. ETAPA DE LA COLADA

En la tabla anterior han quedado recogidos que tipo de emisiones se producen en la realización de los moldes de arena. Una etapa muy importante en la emisión de sustancias olorosas es la colada, proceso en el que se vierte la fundición en el molde. Las emisiones dependen mucho de los aglomerantes utilizados, y en la mayoría de los casos se produce emisión de olor. Este hecho puede comprobarse en la siguiente tabla que recoge dichas emisiones:

Tabla 4.9.3.2.1. Principales emisiones en la colada con moldes desechables

System name and binder constituents	Emissions to air during casting	Comments
<b>GREEN SAND</b> Clay Coal dust or substitute Water	Particulate matter- soot from coal burning Carbon monoxide and carbon dioxide Benzene Toluene Xylene	Potential odour (may be associated with the sulphur content of the coal)
<b>SHELL SAND</b> Phenol - Formaldehyde (Novalak) Resin	Particulate matter – soot from the incomplete combustion of carbon based resins Carbon oxides Phenol*, cresols* and xylenols* Ammonia Aldehydes Benzene PAH	Odour problems more prevalent – treatment may be necessary although dispersion may suffice
<b>ALKALINE PHENOLIC</b> Resol - Alkaline phenol Formaldehyde resin  1. Gas hardened  2. Self-setting	Particulate matter – soot from the incomplete combustion of carbon based resins Carbon oxides Formaldehyde Phenol, cresols and xylenols Aromatics	Odour may be a problem
<b>PHENOLIC URETHANE</b> 1. Gas hardened e.g. Cold-box  2. Self-setting (phenolic urethane no bake)	Particulate matter – soot from the incomplete combustion of the carbon based resins  Carbon oxides Nitrogen oxides Monoisocyanates Formaldehyde Phenol, cresols and xylenols Aromatics (inc. polycyclics) Anilines Naphthalenes Ammonia	Odour may be a problem
<b>FURAN</b> Combination resins of: Phenol Urea Furfuryl alcohol Formaldehyde	Particulate matter – soot from the incomplete combustion of the carbon based resins Carbon oxides Phenol, cresols and xylenols Formaldehyde Aromatics (inc. polycyclics) Sulphur dioxide Ammonia Aniline Isocyanic acid* Methyl isocyanate*	Odour may occasionally be a problem

System name and binder constituents	Emissions to air during casting	Comments
<b>HOT-BOX</b> Combination resins of: Phenol Urea Furfuryl alcohol Formaldehyde	Particulate matter – soot from the incomplete combustion of carbon based resins Carbon oxides Nitrogen oxides Formaldehyde Phenol, cresols and xylenols Aromatics (inc. polycyclics) Aniline Ammonia Isocyanic acid* Methyl isocyanate*	
<b>OIL SAND</b> Linseed oil and starch	Particulate matter – soot from the incomplete combustion of carbon based resins Carbon oxides Butadiene Ketones Acrolein	Odour may be a problem
<b>CO<sub>2</sub> PROCESS</b> Sodium silicate	Carbon oxides	
<b>SILICATE ESTER</b> Sodium silicate	Carbon oxides Alkanes Acetone Acetic acid Acrolein	
* For resin containing nitrogen (urea)		

En este caso, la utilización de arena verde como aglomerante, que en el caso de la preparación del molde no se señaló como posible fuente olores, debido a las altas temperaturas que se alcanzan durante la colada se podrían generar sustancias olorosas sulfurosas asociadas con el contenido de azufre del carbón utilizado en la fabricación del aglomerante. Para los procesos basados en la utilización de CO<sub>2</sub> y ésteres silícicos se sigue sin señalar problemas de olores.

Tampoco se señala emisión de olor en el caso de la técnica de “caja-caliente”, aunque según la lista de sustancias emitidas señaladas para este aglomerante, también podrían producirse.

Según la información recogida en el documento, estas serían las dos etapas en las que habría que actuar para reducir las emisiones de olor.

#### 4.9.4. Técnicas para la reducción de olor

En el documento existe un apartado en el que se enumeran algunas técnicas para conseguir una reducción de las emisiones de olor. Entre las técnicas destacadas se encuentra **el uso de aglomerantes inorgánicos**, como el silicato sódico, que pueden reducir sustancialmente las emisiones de olor. Se pueden conseguir también buenos resultados asegurando una buena ventilación y una buena velocidad de renovación de aire que asegure que las emisiones se dispersan rápida y eficientemente en la atmósfera.

Otra técnica disponible es la **sustitución de los aglomerantes o los disolventes de los aglomerantes**. Esta técnica consiste en sustituir los disolventes aromáticos utilizados más a menudo por otros no aromáticos basados en proteínas, grasas de animales, o bien ésteres silícicos.

También se proponen **técnicas de final de proceso** para eliminar productos procedentes de la pirólisis, así como las aminas. Entre las técnicas que se nombran para realizar estas eliminaciones se encuentran:

- Técnicas de postcombustión
- Depuradores húmedos
- Adsorción en carbón activo
- Utilización de Biofiltro

#### 4.9.5. MTD en las industrias de fundición para la reducción de olores

Las MTD elegidas en este sector están orientadas principalmente a disminuir las emisiones de gases contaminantes y sobre todo de polvo, dejando en un segundo plano a las emisiones de olor. En la colada en moldes desechables, en cuanto a la preparación de la arena verde, **las MTD consisten en la captura y limpieza de las emisiones gaseosas y el reciclaje interno o externo del polvo recogido**. Si la captura se realiza mediante un método húmedo, se eliminarán también gran cantidad de compuestos olorosos.

En la producción de moldes de arena aglomerados químicamente existen algunas MTD que tendrían repercusión positiva en la reducción de las emisiones de olor. **Se trata de minimizar las emisiones fugitivas de COV mediante la captura de las emisiones gaseosas producidas durante la fabricación y la manipulación de los moldes o machos. Muchos de estos COV son los causantes de las molestias de olor.**

En general, todas las MTD elegidas por el GTT que se centren en captar y reducir emisiones, como por ejemplo, la instalación de campanas extractoras, el encapsulamiento de las líneas de producción más problemáticas, o el tratamiento de los gases de escape (postcombustión, filtros húmedos,...) puede considerarse MTD en la reducción de olores.

### 4.10. TRATAMIENTO DE SUPERFICIES METÁLICAS Y PLÁSTICAS

#### 4.10.1. Ámbito de aplicación

La realización de este documento se basa en la Sección 2.6 del Anexo 1 de la Directiva 96/61/CE de IPPC: *“Instalaciones para el tratamiento de superficie de metales y materiales plásticos por procedimiento electrolítico o químico, cuando el volumen de las cubetas destinadas al tratamiento empleadas sea superior a 30 m<sup>3</sup>”*.

En la práctica, los procesos electrolíticos y químicos que se utilizan actualmente son en base acuosa. En el documento se tratan también las actividades directamente relacionadas con estos procesos. En cambio, no se tratan los siguientes procesos:

- el endurecimiento (con excepción del tratamiento contra la fragilidad al hidrógeno),
- otros tratamientos de superficie físicos como la deposición de metales en fase de vapor,
- la galvanización por inmersión en caliente (hot dip galvanising) y el decapado
- de hierro y acero, que se tratan en el BREF de la industria del tratamiento de metales férreos,
- los procesos de tratamiento de superficies se tratan en el BREF sobre el tratamiento de superficies mediante disolventes, aunque el desengrasado mediante disolventes se menciona en el presente documento como una opción de desengrasado,
- el electropintado (pintado por electroforesis), que se trata también en el BREF sobre el tratamiento de superficies mediante disolventes.

#### 4.10.2. Procesos y técnicas aplicadas

Los metales y plásticos se tratan para cambiar las propiedades de sus superficies a fin de conseguir efectos decorativos y de brillo, mejorar la dureza y la resistencia al desgaste, y prevenir la corrosión, así como para obtener una base que refuerce la adhesión de otros tratamientos como la pintura o los revestimientos fotosensibles para la impresión. Los plásticos, que son baratos y fáciles de moldear o conformar, conservan sus propias propiedades, como el aislamiento y la flexibilidad, y, al mismo tiempo, sus superficies pueden adquirir propiedades características de los metales. Las tarjetas de circuitos impresos son un caso especial ya que se fabrican complejos circuitos electrónicos utilizando metales sobre superficies plásticas.

El tratamiento de superficies metálicas y plásticas no constituye por sí mismo un sector vertical diferenciado, ya que presta servicio a una amplia gama de industrias diferentes. Las placas de circuitos integrados podrían considerarse productos pero se usan de forma generalizada, por ejemplo, en la fabricación de ordenadores, teléfonos móviles, electrodomésticos, vehículos, etc.

La estructura del mercado es aproximadamente la siguiente: automoción 22%, construcción 9%, envases de alimentos y bebidas 8%, industria eléctrica 7%, electrónica 7%, semiproductos de acero (componentes para conjuntos) 7%, equipos industriales 5%, sector aeroespacial 5%, otros 30%. La gama de componentes tratados varía desde tornillos y tuercas, joyería, monturas de gafas, o componentes para el sector del automóvil y otras industrias, así como rollos de acero de hasta 32 toneladas y más de 2 metros de ancho para fabricar carrocerías de coches, envases para bebidas y alimentos, etc. El transporte de piezas o sustratos varía según el tamaño, la forma y el acabado requerido: plantillas (o casilleros) para piezas de alta calidad únicas o en pequeñas cantidades, y barriles (bidones) para piezas de calidad inferior y en grandes cantidades y los sustratos continuos (desde alambre hasta grandes bobinas de acero) se procesan de manera continua. Las tarjetas de circuitos impresos tienen unas secuencias de producción especialmente complejas. Todas las actividades se llevan a cabo utilizando equipo de montaje, por tanto las actividades se describen y se tratan en relación con las instalaciones de montaje, con secciones complementarias sobre cuestiones específicas para el tratamiento de barriles, bobinas y tarjetas de circuitos impresos.

Aunque no existen cifras globales de producción, en el año 2000 la producción de bobinas de acero a gran escala fue aproximadamente de 10,5 millones de toneladas y se anodizaron 640 000 toneladas de componentes estructurales. Otro indicador del tamaño y la importancia de la industria es que cada automóvil contiene más de 4 000 componentes con superficies tratadas, incluyendo los paneles de la carrocería, mientras que un avión Airbus contiene más de 2 millones.

En la Unión Europea de los 15 existen unas 18 000 instalaciones (IPPC y no IPPC), aunque la pérdida de empresas manufactureras del sector de la ingeniería, desplazadas principalmente a Asia, ha reducido el sector en más de un 30 % en los últimos años. Más del 55 % de las empresas son subcontratistas especializados, mientras que el resto llevan a cabo trabajos de tratamiento de superficies dentro de otra instalación, normalmente una PYME. Algunas grandes instalaciones son propiedad de grandes empresas, aunque la gran mayoría son PYMES, que suelen emplear entre 10 y 80 personas. Las líneas de proceso son normalmente modulares y montadas a partir de una serie de depósitos. Sin embargo, normalmente las grandes instalaciones están especializadas.

#### 4.10.3. Problemas medioambientales clave

La industria del tratamiento de metales y plásticos desempeña un papel destacado en la prolongación de la vida de los metales, por ejemplo, en lo que se refiere a carrocerías de automóviles y materiales de construcción. Sus técnicas se aplican también a equipos que aumentan la seguridad o disminuyen el consumo de otras materias primas (por ejemplo, revestimientos para los sistemas de frenado y suspensión de la industria aeroespacial y del automóvil, revestimientos para inyectores de combustible de precisión para motores de automóvil a fin de reducir el consumo de combustible, revestimientos de materiales para latas de conservas, etc.). Los principales impactos medioambien-

tales tienen que ver con el consumo de agua y energía, el consumo de materias primas, las emisiones a las aguas superficiales y subterráneas, los residuos sólidos y líquidos y la situación de las instalaciones al finalizar las actividades.

Dado que los procesos de los que trata el presente documento, en su mayoría, son a base de agua, el consumo de agua y su gestión son cuestiones fundamentales, ya que afectan también a la utilización de materias primas y su liberación al medio ambiente. Tanto las técnicas de final de proceso como las de producción, afectan a la cantidad y calidad de las aguas residuales, así como al tipo y la cantidad de residuos sólidos y líquidos producidos. Aunque las prácticas y las infraestructuras del sector han mejorado, éste es todavía responsable de muchos accidentes medioambientales y se considera que el riesgo de liberaciones no previstas y sus impactos es elevado.

En las reacciones electroquímicas, así como para el funcionamiento de los equipos de las instalaciones, se consume electricidad. Para el calentamiento de las cubetas de proceso y de las zonas de trabajo, así como para el secado, se utilizan generalmente otros combustibles.

Las principales emisiones que afectan al agua son los metales que se utilizan como sales solubles. Según el tipo de proceso, las emisiones pueden contener cianuros (aunque de manera decreciente), así como surfactantes, que pueden tener una baja biodegradabilidad y efectos acumulativos, por ejemplo, los etoxilatos de nonilfenol (NPE) y los perfluorooctansulfonatos (PFOS). El tratamiento de efluentes de cianuros con hipoclorito puede dar lugar a la producción de compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX). Los agentes acomplejantes (incluidos los cianuros y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)) pueden interferir en la eliminación de metales durante el tratamiento de las aguas residuales o removilizarlos en el entorno acuático. Otros iones, por ejemplo, los cloruros, los sulfatos, los fosfatos, los nitratos y los aniones que contienen boro pueden ser significativos a nivel local.

La industria del tratamiento de superficies metálicas y plásticas no es una fuente importante de emisiones a la atmósfera; sin embargo, se producen algunas emisiones que pueden ser importantes a escala local como:  $\text{NO}_x$ , HCl, HF y partículas ácidas a partir de las operaciones de decapado, vapores de cromo hexavalente resultante del revestimiento a base de cromo hexavalente, y amoníaco procedente de la grabación en cobre durante la fabricación de tarjetas de circuito impreso y en la deposición sin corriente ("electroless plating"). El polvo, combinación de abrasivos y sustrato raspado, se genera en la preparación mecánica de los componentes. Por otra parte, en algunas operaciones de desengrasado se emplean disolventes.

#### 4.10.3.1. EL OLOR

De nuevo, el olor no es uno de los principales factores medioambientales de este tipo de industrias. Sin embargo, éste puede asociarse a la realización de algunas actividades, particularmente con los vapores ácidos y especialmente en la eliminación de las capas de metal. El impacto del olor producido dependerá del tipo y el tamaño de la actividad llevada a cabo, el diseño y operación de algún sistema de extracción (por ej. chimenea) y la proximidad de los receptores.

Esta es la única referencia a los olores que se realiza en este documento BREF, por tanto y en base a lo expuesto en el párrafo anterior, serán MTDs en la reducción de las emisiones de olor las que vayan encaminadas a reducir las emisiones de los vapores ácidos.

En el documento se señala que se producen emisiones de vapores ácidos en los siguientes procesos o actividades debido al uso de disoluciones ácidas:

- **Pulido químico y electrolítico**, como parte del pretratamiento del metal base o la pieza.
- **Limpieza acuosa para eliminar aceites y grasas** de la superficie del metal.
- **Eliminación del metal en exceso** en la superficie de la pieza
- **Deposición de Cromo trivalente** para la obtención de superficies brillantes en artículos de decoración.
- **Abrillantado de todo tipo de piezas y superficies**
- **Arrastre de sustancias y decapado** en el tratamiento del acero al carbono.

#### 4.10.4. Técnicas a tener en cuenta en la determinación de las MTD

En el documento BREF sobre los tratamientos de superficies metálicas y plásticas se describen 200 técnicas que se distribuyen en los 18 epígrafes siguientes:

- **Instrumentos de gestión medioambiental:** los sistemas de gestión medioambiental son esenciales para reducir al mínimo el impacto ambiental de las actividades industriales en general, existiendo algunas medidas que son especialmente importantes para el sector del tratamiento de superficies metálicas y plásticas. Entre otros instrumentos figuran también la minimización de reprocesado de piezas defectuosas, la evaluación comparativa del consumo, la optimización de las líneas de procesamiento (que se consigue más fácilmente con programas informáticos) y el control de los procesos.
- **Diseño, construcción y explotación de las instalaciones:** pueden aplicarse una serie de medidas generales para prevenir y controlar las descargas no previstas y, de este modo, evitar la contaminación de los suelos y las aguas subterráneas.
- **Cuestiones generales de la explotación:** las técnicas para proteger los materiales a tratar disminuyen la cantidad de procesos requeridos y, por consiguiente, el consumo y las emisiones. La correcta presentación de las piezas en el momento de su introducción en los líquidos de procesos reduce el arrastre de productos químicos, y la agitación de las soluciones asegura una concentración coherente en la superficie, así como la eliminación de calor de la superficie del aluminio en la anodización.
- **Las aportaciones de agua y electricidad y su gestión:** existen técnicas para optimizar el consumo de electricidad y la cantidad de energía y agua utilizadas en la refrigeración. Para el calentamiento de las soluciones, mediante sistemas directos e indirectos, se usan principalmente otros combustibles y las pérdidas de calor pueden controlarse.
- **Reducción y control de las salidas por arrastre:** técnicas de aclarado y recuperación del arrastre. La principal fuente de contaminación en este sector es la materia prima arrastrada por las piezas desde las soluciones de procesos a las aguas del aclarado. La retención de materiales en los procesos, así como la utilización de técnicas de aclarado para recuperar el arrastre, son cruciales para disminuir el consumo de materias primas y agua, y para reducir las emisiones al agua y la cantidad de residuos.
- **Otras formas de optimizar el consumo de materias primas:** aparte del problema del arrastre (explicado anteriormente), un mal control de los procesos puede dar lugar a sobredosis que aumenten el consumo de materiales y las pérdidas a las aguas residuales.
- **Técnicas de electrodos:** en algunos procesos electrolíticos, el ánodo metálico trabaja con una eficiencia mayor que la deposición, dando lugar a una acumulación de metal y un aumento en las pérdidas, lo cual, su vez, aumenta los residuos y los problemas de calidad.
- **Sustitución:** la Directiva IPPC obliga a tomar en consideración una disminución en el empleo de sustancias peligrosas. En este punto se presentan varias opciones de sustitución de productos químicos y procesos.
- **Mantenimiento de las soluciones utilizadas en los procesos:** en las soluciones se acumulan contaminantes debido al arrastre, la descomposición de materias primas, etc. En este punto se exponen las técnicas para la eliminación de estos contaminantes, las cuales mejoran la calidad del producto acabado, disminuyen la relaboración de desechos y ahorran materias primas.
- **Recuperación de metales utilizados en los procesos a fin de recuperar metales:** estas técnicas se emplean a menudo en conjunción con los controles del arrastre a fin de recuperar los metales.
- **Actividades post-tratamiento:** entre ellas se incluye el secado y el tratamiento contra la fragilidad, aunque no se han facilitado datos al respecto.
- **Bobinas continuas-bobinas de acero a gran escala:** se trata de técnicas específicas que se aplican al tratamiento

- a gran escala de bobinas de acero y que se añaden a las técnicas mencionadas en otros apartados que sean aplicables. Estas técnicas también pueden ser aplicables a otras actividades relacionadas con bobinas o carretes.
- **Tarjetas de circuitos impresos:** se trata de técnicas específicas en la fabricación de tarjetas de circuitos impresos (PCB), aunque los comentarios generales sobre técnicas se aplican también a la producción de PCB.
  - **Disminución de emisiones a la atmósfera:** algunas actividades producen emisiones a la atmósfera que requieren un control para garantizar el cumplimiento de las normas locales de calidad medioambiental. En este apartado se tratan las técnicas integradas en los procesos, así como la extracción y el tratamiento.
  - **Disminución de las emisiones de aguas residuales:** las aguas residuales y la pérdida de materias primas pueden reducirse, pero raramente se consigue un vertido cero. Pueden emplearse técnicas de tratamiento de aguas residuales adicionales, que dependerán de la clase de productos químicos presentes, incluidos los cationes metálicos, los aniones, los aceites y grasas, y los agentes complejantes.
  - **Gestión de residuos:** la minimización de residuos se aborda mediante controles del arrastre y técnicas de mantenimiento de las soluciones. Los principales flujos de residuos son los lodos del tratamiento de aguas residuales, soluciones usadas y residuos consecuencia del mantenimiento de los procesos. Las técnicas internas pueden facilitar la utilización de técnicas de reciclado a cargo de terceros (aunque éstas se encuentran fuera del ámbito de aplicación del presente documento).
  - **Gestión del ruido:** buenas prácticas y/o técnicas de ingeniería pueden reducir el impacto acústico.

En el caso de las técnicas a tener en cuenta para la reducción de las emisiones de los vapores ácidos sólo es necesario revisar las técnicas recogidas en el epígrafe 15.

De las técnicas descritas en este apartado sólo la extracción del aire de la zona de emisión y su posterior tratamiento en un depurador de gases alcalino es aplicable a la reducción de la emisión de los vapores ácidos.

#### 4.10.5. MTDs en la reducción de las emisiones de olor

Aunque no se especifica que existan problemas de olor, se considera MTD la extracción del aire de las zonas de proceso en las que se producen vapores ácidos (Apartado 4.10.3.1) y su tratamiento posterior en un depurador de gases alcalinos.

### 4.11. INDUSTRIA QUÍMICA ORGÁNICA DE GRAN VOLUMEN DE PRODUCCIÓN (QOGV)

#### 4.11.1. Ámbito de aplicación

Para facilitar el intercambio de información sobre MTD, la industria de los productos químicos orgánicos se ha dividido en tres sectores: “*Productos químicos orgánicos de gran volumen*”, “*Polímeros*” y “*Productos químicos orgánicos finos*”. La Directiva IPPC no utiliza el término “*Productos químicos orgánicos de gran volumen*”, de modo que no proporciona ninguna base para su definición. No obstante, el Grupo Técnico de Trabajo (GTT) interpreta que este sector abarca las actividades comprendidas en los apartados 4.1(a) a 4.1 (g) del Anexo 1 de dicha Directiva:

- |  |   |
|--|---|
| 4.1.a) Fabricación hidrocarburos simples         | 4.1.e) Fabricación de hidrocarburos fosforados  |
| 4.1.b) Fabricación de hidrocarburos oxigenados   | 4.1.f) Fabricación de hidrocarburos halogenados |
| 4.1.c) Fabricación hidrocarburos sulfurados      | 4.1.g) Compuestos orgánicos metálicos           |
| 4.1.d) Fabricación de hidrocarburos nitrogenados |   |

con una capacidad de producción de más de 100.000 t/año. En Europa, cerca de 90 productos químicos orgánicos cumplen estos criterios. El número de procesos QOGV es tan grande que no ha sido posible realizar un intercambio de información detallado sobre cada uno de ellos.

#### 4.11.2. Proceso de producción genérico de QOGV

Aunque los procesos para la producción de QOGV son sumamente diversos y complejos, normalmente se componen de una combinación de actividades y equipos más simples que están basados en principios científicos y técnicos similares. La mayor parte de procesos de QOGV pueden ser descritos en términos de cinco pasos distintos, a saber:

- Suministro de materia prima y preparación,
- Síntesis,
- Separación y refinado del producto,
- Manipulación y almacenamiento del producto, y
- Eliminación de las emisiones.

#### 4.11.3. Emisiones al aire en los procesos de producción de QOGV

##### 4.11.3.1. FUENTES DE EMISIÓN

Las partes que componen los procesos genéricos señalados anteriormente, se ha utilizado como base estructural para identificar las posibles fuentes de emisión al aire:

##### ■ Suministro de la materia prima y preparación:

- Venteo de las columnas de destilación y de agotamiento para eliminar las impurezas en las materias primas
- Venteo desde los tanques de pre-mezcla (VOCs y partículas)

##### ■ Síntesis:

- Venteos puntuales desde los equipos necesarios para llevar a cabo la reacción (p. ej., purgas, venteos de gases inertes desde los condensadores, escapes de recipientes, procesos de depuración)
- Venteos asociados con la preparación y regeneración del catalizador, que contienen COVs, COx, NOx y SOx.
- Mecanismos de alivio para mantener una operación segura (p.ej., válvulas de alivio de presión, discos de ruptura)

##### ■ Separación y refinado del producto:

- Equipos de separación que operan con venteos, como las columnas de destilación, columnas de agotamiento, cristalizadores, condensadores...
- Partículas durante el secado y el manejo de sólidos
- COx y VOCs procedentes de la regeneración de los lechos de refinado
- Regeneración del disolvente

#### ■ Manipulación y almacenamiento del producto

- Pérdidas desde los tanques debido al desplazamiento durante el llenado y escapes debido a los cambios de la temperatura ambiente (principalmente VOCs)
- Carga y descarga de los contenedores y recipientes (cisternas para carreteras, tren o barco)
- Camisas de gases inertes usadas en los depósitos de almacenamiento
- Pérdidas de partículas durante el transporte
- Pérdidas de vapor desde los derrames líquidos.

#### ■ Reducción de las emisiones

- Unidades de combustión de los gases residuales (p. ej. antorchas, incineradores) podrían producir contaminantes secundarios que no existían en la corriente original de residuos (p. ej. dioxinas, partículas), así como gases de combustión.
- Agotamiento de las aguas residuales (con aire o vapor) que transferirán los compuestos orgánicos disueltos a la fase gaseosa
- COVs de los sistemas de recolección de aguas residuales (p. ej. desagües, equilibrio de los tanques)
- COVs desde las instalaciones de tratamiento de aguas residuales (p. ej. vaporización desde las unidades de tratamiento biológico)
- COVs y partículas desde almacenamientos y tratamientos de residuos sólidos.

#### ■ Instalaciones de producción de energía

- Las unidades de combustión se utilizan ampliamente para la producción de vapor, calor y electricidad (p. ej. procesos de calefacción, hornos). En estas instalaciones se producen los gases de combustión (p. ej. COx, NOx, SO2 y partículas) y otros contaminantes (p. ej. gases ácidos, dioxinas) si se queman residuos.

#### ■ Infraestructuras

- Emisiones fugitivas (especialmente COVs) desde los equipos (p. ej. compresores y bombas) y otros accesorios como válvulas y bridas
- Agua de refrigeración contaminada con corrientes del proceso (p. ej. fugas de los equipos) al pasar a través de las torres de refrigeración.
- La ventilación de las zonas de trabajo es una medida primaria en seguridad y salud. Aunque la concentración de los contaminantes son muy pequeñas en el aire de ventilación, podría haber emisiones significativas a la atmósfera debido a los volúmenes tan grandes desplazados
- Tomas de muestras y análisis.
- Evacuación de los equipos y limpieza en la preparación de los accesos (mantenimiento).

#### 4.11.3.2. EMISIONES DE OLOR

En los procesos de producción de QOGV es común que las sustancias con las que se trabajan presenten olor. Así, las emisiones de las mismas englobadas como COVs, serían emisiones potenciales de olor.

La preocupación de las emisiones de COVs con el medioambiente radica en que están consideradas como sus-

tancias que intervienen en el Calentamiento Global, algunas de ellas son sustancias tóxicas o cancerígenas, y por supuesto muchas de ellas causan problemas locales de olor. La prevención de COVs, y por tanto la prevención de olores, es por tanto, una de las acciones más importantes a tener en cuenta en los procesos QOGV.

Los COVs pueden definirse como sustancias con una presión de vapor mayor de 0.3 kPa a los 20 °C. Este límite, impuesto por la USEPA, se basa en dos hechos:

- Las emisiones de productos pesados desde los derrames son muy pequeñas y se pueden detectar visualmente.
- La detección con el olfato no es adecuada para productos pesados.

De todos los COVs que se emiten al aire, algunos presentan un olor mucho mayor. Principalmente estos suelen ser aldehídos, mercaptanos, aminas y otros compuestos que contienen azufre. Para estos compuestos más problemáticos sería necesario tomar medidas de prevención más estrictas para la reducción de las emisiones fugitivas y la eliminación de las pérdidas.

Los COVs suelen proceder de: procesos de venteo, almacenamiento y transferencia de líquidos y gases, emisiones fugitivas desde diversos accesorios de la planta y venteos intermitentes. Las pérdidas de COVs suelen ser mayores cuando la corriente de alimentación al proceso es una corriente gaseosa. En estos casos, las pérdidas de COVs pueden superar el 2 % del total de la producción. En los últimos años se ha conseguido controlar las emisiones desde fuentes puntuales, y en la actualidad son las emisiones catalogadas como fugitivas (desde bombas, válvulas, tanques, etc.) las que suponen las mayores fuentes de emisión para muchas plantas.

Algunas unidades de proceso (p. ej. hidroformilación, cloración, deshidrogenación, condensación, oxiclорación, hidrocloración, etc.) tienen reactores con grandes factores de emisión de COVs, pero los altos valores de poder calorífico los hacen susceptibles de eliminación mediante procesos de combustión. La información recogida con respecto a la emisión de las unidades de proceso, señala que algunas, como por ejemplo, aminación, amonólisis, craqueo, esterificación, fluoración, hidración, neutralización, oligomerización, fosfogenación, pirólisis, sulfuración; etc, no tienen venteos en los reactores, pero podría haber emisiones de COVs considerables desde las unidades de destilación contiguas.

#### 4.11.4. Técnicas a tener en cuenta en la determinación de las MTD

Para prevenir las emisiones atmosféricas y asegurar la protección del medio ambiente se proponen una combinación de técnicas de desarrollo del proceso, diseño del proceso, diseño de la planta, técnicas integradas en el proceso y técnicas de reducción de las emisiones. A continuación se resumen algunas de estas técnicas, haciendo especial hincapié en el control de la emisión de COVs.

**Sistemas de gestión.** De los sistemas de gestión se afirma que revisten una importancia fundamental a la hora de minimizar el impacto ambiental de los procesos QOGV. La mejor actuación ambiental se suele conseguir instalando la mejor tecnología y utilizándola de la manera más eficaz y eficiente posible. No existe un Sistema de Gestión Medioambiental (SGM) definitivo, pero los mejores resultados se consiguen cuando éste es parte integrante de la estrategia de gestión y realización de un proceso QOGV. Un sistema SGM se ocupa normalmente de la estructura organizativa, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, conseguir, revisar y supervisar la política de medio ambiente.

**Prevención de la contaminación.** La prevención y la reducción integradas de la contaminación supone el uso de técnicas preventivas antes que considerar siquiera técnicas de control para reducción de las emisiones. Muchas técnicas de prevención de la contaminación que pueden aplicarse a los procesos QOGV hacen referencia a la reducción en el origen (impedir la generación de residuos modificando los productos, los materiales de entrada, los equipos y los procedimientos), el reciclado y las iniciativas de minimización de los residuos.

**Control de contaminantes atmosféricos.** Los principales contaminantes atmosféricos procedentes de los procesos QOGV son los compuestos orgánicos volátiles (COV), aunque las emisiones de gases de combustión, gases ácidos y partículas también pueden alcanzar niveles significativos. Las unidades de tratamiento de gases residuales se diseñan específicamente para gases de una composición determinada y puede que no sirvan para todos los contaminantes.

Los COV suelen originarse en las chimeneas de ventilación del proceso, en las operaciones de almacenamiento/transferencia de líquidos y gases, en puntos de emisión fugitivos y en respiraderos intermitentes. La eficacia y el coste de las medidas de prevención y control de COV dependerá del tipo, la concentración y el caudal de los COV, y de los niveles de emisión inicial y de los niveles pretendidos. Normalmente se destinan todos los recursos a las chimeneas de ventilación que tienen un caudal y una concentración elevados, pero es preciso tomar en consideración el impacto acumulativo de focos de emisión difusos y de baja concentración, sobre todo en vista del control cada vez mayor de las fuentes localizadas.

Los COV procedentes de chimeneas de ventilación se reutilizan en los procesos siempre que sea posible, aunque ello dependa de factores como la composición de los COV, las restricciones de uso que puedan existir y el valor de los COV. La siguiente alternativa es recuperar el contenido calorífico de los COV como combustible. De lo contrario, quizá sea necesario reducir las emisiones. En algunos casos hay que utilizar una combinación de técnicas, por ejemplo: tratamiento previo (para eliminar la humedad y las partículas), concentración de una corriente de gas diluido, eliminación primaria para reducir altas concentraciones y, por último, atenuación hasta alcanzar los niveles de emisión deseados. En términos generales, las técnicas de condensación, absorción y adsorción permiten la recuperación y captura de los COV, mientras que las técnicas de oxidación los destruye.

Los COV procedentes de emisiones fugitivas se deben a fugas de vapor de los equipos, causadas a su vez por una pérdida gradual de la estanquidad prevista. Las fuentes genéricas pueden ser la empaquetadura de válvulas/válvulas de control, bridas/empalmes, extremos abiertos, válvulas de seguridad, juntas de bombas/compresores, bocas de acceso a los equipos y puntos de muestreo. Aunque cada equipo por separado suele presentar un caudal de fuga muy pequeño, en una planta QOGV hay tantos equipos que la pérdida total de COV puede ser muy significativa. En muchos casos, el uso de equipos de mejor calidad puede conllevar una reducción importante de las emisiones fugitivas. Por regla general, esto no incrementa los costes de inversión en una planta nueva pero supone un gasto considerable en una planta ya existente, de modo que la labor de control se apoya más en los programas de detección y reparación de fugas (LDAR). Existen una serie de factores generales aplicables a todos los equipos:

- Minimizar el número de válvulas, válvulas de control y bridas de forma consecuente con el funcionamiento seguro de la planta y las necesidades de mantenimiento
- Mejorar el acceso a los componentes que pueden tener fugas para así permitir un mantenimiento eficaz
- Las fugas son difíciles de detectar, por lo que un programa de seguimiento constituye un buen punto de partida para la supervisión de las emisiones y de sus causas. Ésta puede ser la base de un plan de actuación.
- El éxito en la reducción de las pérdidas por fugas depende en gran medida de las mejores técnicas y de los aspectos de gestión, ya que la motivación del personal es un factor importante
- Los programas de atenuación pueden reducir las fugas en un 80-95% (cálculo según promedio de los factores de emisión US-EPA)
- Conviene prestar especial atención a los logros a largo plazo
- Los valores de la mayoría de las emisiones fugitivas facilitadas al GTT se han obtenido por vía de cálculo y no por medición directa, y no todos los formatos de cálculo son similares; el promedio de los factores de emisión suele ser más alto que los valores medidos.

#### 4.11.5. MTD para la reducción de COV en los procesos de producción de QOGV

Las MTD elegidas por el grupo de trabajo que conllevan una reducción de las emisiones de COVs, y por tanto, también de las de olor, se pueden dividir, al igual que a la hora de resumir las técnicas a considerar en la determinación de las MTD en sistemas de gestión, minimización/prevención de la contaminación, y control de contaminantes atmosféricos (COVs).

##### ■ Sistemas de gestión

Un sistema de gestión efectivo y eficiente es muy importante para obtener buenos resultados medioambientales. La MTD para los sistemas de gestión ambiental es una combinación o selección apropiada de las técnicas siguientes, entre otras cosas:

- una estrategia ambiental y el compromiso de aplicarla
- estructuras organizativas para integrar las cuestiones medioambientales en la toma de decisiones
- procedimientos escritos o prácticas para todos los aspectos importantes, desde un punto de vista ambiental, en las tareas de diseño, operación, mantenimiento, puesta en servicio y cierre de la planta
- sistemas de auditoría interna para supervisar la implantación de políticas medioambientales y para verificar el cumplimiento de los procedimientos, normas y requisitos legales
- planificación financiera y técnica a largo plazo de las inversiones medioambientales
- sistemas de control (hardware/software) de los equipos de control del proceso básico y de la contaminación, a fin de garantizar un funcionamiento estable, un alto rendimiento y un buen resultado ambiental en todos los modos de funcionamiento
- sistemas que garanticen la sensibilidad y la formación medioambientales de los operarios
- estrategias de inspección y mantenimiento que optimicen el rendimiento del proceso
- procedimientos de respuesta definidos ante circunstancias anormales
- prácticas actuales de minimización de residuos.

##### ■ Prevención y minimización de la contaminación

Con independencia del medio, la selección de la MTD para cada proceso QOGV exige que se tengan en cuenta las técnicas siguientes de acuerdo con el orden jerárquico:

- a) evitar mediante el desarrollo y el diseño del proceso el surgimiento de cualquier flujo de residuos (gaseosos, líquidos y sólidos), principalmente mediante una fase de reacción de alta selectividad y un catalizador adecuado
- b) reducir los flujos de residuos en origen mediante modificaciones de materias primas, equipos y procedimientos operativos integradas en el proceso
- c) reciclar los flujos de residuos mediante reutilización directa o recuperación/reutilización
- d) recuperar las sustancias útiles que pueda haber en los flujos de residuos
- e) tratar y verter los flujos de residuos empleando técnicas adecuadas de final de proceso.

**La MTD para el diseño de nuevos procesos** QOGV y para una modificación importante de procesos ya existentes es una combinación o **selección apropiada de las técnicas siguientes**:

- producir reacciones químicas y realizar procesos de separación de manera continua en equipos cerrados
- someter los flujos continuos de descarga de los recipientes de proceso a las operaciones siguientes, por este

orden: reutilización, recuperación, combustión en equipos de control de la contaminación atmosférica, y combustión en equipos no especializados

- minimizar el consumo de energía y maximizar la recuperación de energía
- emplear compuestos con una presión de vapor baja o más baja de los utilizados.
- aplicar los principios de la “química verde”.

**La MTD para la prevención y el control de las emisiones fugitivas es una combinación o selección apropiada de las técnicas siguientes**, entre otras cosas:

- implantar un programa formal de detección y reparación de fugas (LDAR) que se centre en las fugas de tuberías y equipos que permitan la máxima reducción de las emisiones por gasto unitario
- reparar las fugas de tuberías y equipos por etapas, realizar reparaciones menores inmediatas (a menos que ello resulte imposible) en los puntos donde el caudal de fuga supere el límite inferior establecido y, si la fuga supera el límite superior, realizar oportunamente reparaciones a fondo; el límite exacto del caudal de fuga a partir del cual deba realizarse una reparación dependerá de la situación de la planta y del tipo de reparación necesaria.
- sustituir los equipos existentes por otros de mayor capacidad para fugas grandes que no puedan controlarse de otro modo
- instalar nuevos equipos fabricados de conformidad con especificaciones estrictas en cuanto a emisiones fugitivas
- emplear los siguientes equipos de alto rendimiento, u otros igualmente eficientes:
  - *Válvulas*: válvulas de bajo caudal de fuga con doble junta de estanqueidad; juntas tubulares corrugadas para aplicaciones de alto riesgo
  - *Bombas*: juntas dobles con barrera de líquido o de gas, o bombas sin juntas
  - *Compresores y bombas de vacío*: juntas dobles con barrera de líquido o de gas, o bombas sin juntas, o tecnología de junta única con niveles de emisión equivalentes
  - *Bridas*: minimizar su número, utilizar empaquetaduras eficaces
  - *Extremos abiertos*: colocar bridas ciegas, sombreretes o tapones en los accesorios poco utilizados; utilizar un circuito cerrado en los puntos de muestreo de líquido; y, para los sistemas de toma de muestras, optimizar el volumen/ la frecuencia de muestreo, minimizar la longitud de las líneas de muestreo o instalar cerramientos
  - *Válvulas de seguridad*: instalar un disco de ruptura previo (dentro de los límites de seguridad establecidos).

**La MTD para el almacenamiento, manipulación y transferencia es una combinación o selección apropiada de las técnicas siguientes**, entre otras cosas, además de las que se mencionan en el BREF sobre almacenamiento:

- instalar un techo flotante exterior con juntas secundarias (no apto para sustancias muy peligrosas), depósitos de techo fijo con cubiertas flotantes interiores y juntas de estanqueidad (para líquidos más volátiles), depósitos de techo fijo con camisa de gas inerte, almacenamiento presurizado (para sustancias muy peligrosas o que desprendan malos olores)
- interconectar recipientes de almacenamiento y contenedores móviles mediante tuberías compensadoras
- reducir al mínimo la temperatura de almacenamiento
- emplear instrumentos y procedimientos que impidan el sobrellenado de los recipientes y depósitos
- instalar una contención secundaria impermeable con una capacidad del 110% del depósito más grande
- recuperar los COV procedentes de las chimeneas (mediante condensación, absorción o adsorción) para luego reciclarlos o destruirlos por combustión en una unidad generadora de energía, un incinerador o una antorcha.
- realizar un seguimiento continuo del nivel de líquido y de los cambios de dicho nivel
- emplear tubos de llenado que lleguen hasta por debajo de la superficie del líquido

- efectuar la carga por el fondo para evitar salpicaduras
- montar sensores en los brazos de carga para detectar movimientos indebidos
- emplear empalmes de manguera autocerrables/acoplamientos que no goteen al separarlos
- instalar barreras y sistemas de enclavamiento para impedir el movimiento accidental de vehículos

#### ■ Control de contaminantes atmosféricos

Para elegir la MTD es preciso tener en cuenta varios parámetros: tipos de contaminantes y concentraciones de entrada, caudal de gas, presencia de impurezas, concentración de escape admisible, seguridad, inversiones y gastos de explotación, distribución de la planta y disponibilidad de servicios auxiliares. Puede que sea necesario combinar varias técnicas si la concentración de entrada es elevada o si dichas técnicas son menos eficientes. La MTD genérica para los contaminantes atmosféricos es una combinación o selección apropiada de las técnicas expuestas en la Tabla 4.11.5.1. (para COV) y en la Tabla 4.11.5.2. (para otros contaminantes atmosféricos relacionados con el proceso).

Tabla 4.11.5.1. Valores asociados a la MTD para la recuperación/reducción de COVs

Técnica	Valores asociados a la MTD <sup>(1)</sup>	Observaciones
<b>Separación por membrana selectiva</b>	90 - ? 99,9 % recuperación COV < 20 mg/m <sup>3</sup>	Rango de aplicación indicativo 1 - ? 10 g COV/m <sup>3</sup> La eficiencia puede verse afectada negativamente por productos corrosivos, gas polvoriento o gas próximo a su punto de rocío, por ejemplo
<b>Condensación</b>	Condensación: 50 - 98 % recuperación + reducción adicional.  Criocondensación: <sup>(2)</sup> Recuperación del 95 - 99,95 %	Rango de aplicación indicativo: caudal 100 - ? 1.000.00 m <sup>3</sup> /h, 50 - ? 100 g COV/m <sup>3</sup> .  Para la criocondensación: caudal 10 - 1.000 m <sup>3</sup> /h, 200 - 1.000 g COV/m <sup>3</sup> , 20 mbar-6 bar
<b>Adsorción <sup>(2)</sup></b>	Recuperación del 95 - 99,99%	Rango de aplicación indicativo para adsorción regenerativa: caudal 100 - ? 100.000 m <sup>3</sup> /h, 0,01 - 10.g COV/m <sup>3</sup> , 1 - 20 atm. Adsorción no regenerativa: caudal 10 - ? 1.000 m <sup>3</sup> /h, 0,01 - 1,2.g COV/m <sup>3</sup>
<b>Depurador <sup>(2)</sup></b>	Reducción del 95 - 99,9 %	Rango de aplicación indicativo: caudal 10 - 50.000 m <sup>3</sup> /h, 0,3 - ? 5g COV/m <sup>3</sup>
<b>Incineración térmica</b>	Reducción del 95 - 99,9 % COV <sup>(2)</sup> < 1 - 20 mg/m <sup>3</sup>	Rango de aplicación indicativo: caudal 1.000 - 100.000 m <sup>3</sup> /h, 0,2 - ? 10g COV/m <sup>3</sup> . El rango de 1 - 20 mg/m <sup>3</sup> se basa en los límites de emisión y en los valores medidos. La eficacia de reducción de los incineradores térmicos regenerativos o recuperadores puede ser inferior al 95 - 99 % pero llegar a < 20 mg/Nm <sup>3</sup> .
<b>Oxidación catalítica</b>	Reducción del 95 - 99% COV < 1 - 20 mg/m <sup>3</sup>	Rango de aplicación indicativo: caudal 10 -100.000 m <sup>3</sup> /h, 0,05 - 3 g COV/m <sup>3</sup>
<b>Quemado por antorcha</b>	Antorchas elevadas > 99 % Antorchas de suelo > 99,5 %	
<p>1. A menos que se especifique otra cosa, las concentraciones se refieren al promedio diario/cada treinta minutos para las siguientes condiciones de referencia: gas de escape seco a 0 °C, 101,3 kPa y un contenido de oxígeno del 3% en volumen (11% en volumen en el caso de la oxidación catalítica/térmica).</p> <p>2. Esta técnica conlleva una serie de problemas entre distintos medios que es preciso tener en cuenta.</p>		

Tabla 4.11.5.2. Valores asociados a la MTD para la reducción de otros contaminantes atmosféricos del proceso de QOGV.

Contaminante	Técnica	Valores asociados a la MTD <sup>(1)</sup>	Observaciones
Partículas	Ciclón	Reducción de hasta el 95%	Depende mucho del tamaño de las partículas. Normalmente sólo la MTD en combinación con otra técnica (por ejemplo, precipitador electrostático, filtro textil)
	Precipitador electrostático	5 – 15 mg/Nm <sup>3</sup> Reducción del 99 -99,9%	Se basa en utilizar la técnica en diferentes sectores industriales (que no sean LVOC). El rendimiento depende mucho de las propiedades de las partículas.
	Filtro textil	< 5 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Filtro antipolvo de dos etapas	~ 1 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Filtro cerámico	< 1 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Filtro absoluto	< 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>	
	Filtro HEAF	Reducción de hasta el 99% de gotículas y aerosoles	
	Filtro nebulizador	Reducción de hasta el 99% de polvo y aerosoles	
Olores	Biofiltro de adsorción	Reducción del 95 - 99 % de los olores y algunos COV	Rango de aplicación indicativo: 10.000 – 200.000 ou/Nm <sup>3</sup>
Dióxido de azufre y gases ácidos	Depuración por cal	Reducción del 90 - 97 % SO <sub>2</sub> < 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Rango de aplicación indicativo para SO <sub>2</sub> < 1.000 mg/m <sup>3</sup> en el gas crudo.
	Depuradores	HCl <sup>(2)</sup> < 10 mg/Nm <sup>3</sup> HBr <sup>(2)</sup> < 5 mg/Nm <sup>3</sup>	Concentraciones basadas en los límites del permiso que se concede en Austria
	Inyección de sorbente semiseco	SO <sub>2</sub> < 100 mg/Nm <sup>3</sup> HCl < 10 - 20 mg/Nm <sup>3</sup> HF < 1 - 5 mg/Nm <sup>3</sup>	Rango de aplicación indicativo para SO <sub>2</sub> < 1.000 mg/m <sup>3</sup> en el gas crudo.
Óxidos de nitrógeno	SNCR	Reducción del 50 – 80 % de NO <sub>x</sub>	
	SCR	Reducción de entre el 85 y el 95% NO <sub>x</sub> <50 mg/m <sup>3</sup> . Amoníaco <5 mg/m <sup>3</sup>	Este valor puede ser más alto si el gas residual contiene una elevada concentración de hidrógeno
Dioxinas	Medidas primarias + adsorción Catalizador de tres lechos	< 0,1 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	Conviene evitar en lo posible la generación de dioxinas en los procesos
Mercurio	Adsorción	0,05 mg/Nm <sup>3</sup>	0,01 mg/Nm <sup>3</sup> medidos en Austria en una planta incineradora de residuos con filtro de carbón activado.
Amoníaco y aminas	Depurador	? 1 – 10 mgNm <sup>3</sup>	Depurador ácido
Sulfuro de hidrógeno	Absorción (depurador alcalino)	1 - 5 mg/Nm <sup>3</sup>	La absorción de H <sub>2</sub> S es del 99 %+. Otra posibilidad es la absorción en un depurador de etanolamina seguida de la recuperación del azufre.
<p>1. A menos que se especifique otra cosa, las concentraciones se refieren al promedio diario/cada treinta minutos para las siguientes condiciones de referencia: gas de escape seco a 0 °C, 101,3 kPa y un contenido de oxígeno del 3% en volumen.</p> <p>2. Valor medio diario en condiciones normales. Los valores cada treinta minutos son HCl &lt;30 mg/m<sup>3</sup> y HBr &lt;10 mg/m<sup>3</sup>.</p>			

Como puede observarse, dependiendo de la instalación podrían aplicarse unas técnicas u otras para reducir la emisión de COVs, pero si la emisión de olor es grande, por ejemplo en plantas de aldehídos o derivados del azufre, **la MTD es la implantación de un biofiltro de adsorción**, que evitará en un 95-99 % que los compuestos lleguen a la atmósfera.

## 4.12. SECTOR DE PRODUCCIÓN DE QUÍMICA ORGÁNICA FINA (QOF)

### 4.12.1. Ámbito de aplicación

La presente BREF se centra en la fabricación discontinua, en instalaciones multiuso, de una amplia gama de sustancias orgánicas. Especialmente en este documento se tienen en cuenta los siguientes sectores incluidos en el Anexo I de la Directiva IPPC:

*4.1.j) Tintes y pigmentos*

*4.4 Productos fitosanitarios y biocidas*

*4.5. Productos farmacéuticos (fabricados por procesos biológicos y químicos)*

Y adicionalmente

*4.6. Explosivos*

En el mismo ámbito de la fabricación de compuestos orgánicos en procesos discontinuos en plantas multiusos, se han añadido en el documento las siguientes categorías aunque no estén especificados en el Anexo I de la Directiva:

- Compuestos orgánicos intermedios
- Surfactantes especiales
- Sabores, aromas y feromonas
- Plastificantes
- Vitaminas (aparte de los productos farmacéuticos)
- Blanqueante óptico (aparte de los tintes y los pigmentos)
- Retardantes de llama

No se ha fijado ningún umbral específico a partir del cual se considere que la producción es de grandes volúmenes.

### 4.12.2. Procesos y técnicas aplicados

La industria de fabricación de sustancias químicas orgánicas, ya sea intermedias o productos, presenta una gran diversidad. Esto supone un problema que impide, en ocasiones, comparar unas instalaciones con otras.

Las principales unidades de proceso y operaciones que suelen ser elegidas en el sector de la Química Orgánica Fina para conseguir los productos deseados, ya sean intermedios o finales se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 4.12.2.1. Principales unidades de proceso y operaciones unitarias llevadas a cabo en el sector de la QOF.

Unit processes	Unit operations
Acylation	Charging reactants and solvents
Addition	Inerting
Alkylation	Reaction
Carboxylation	Discharging
Carboxymethylation	Crystallisation
Condensation	Filtration
Diazotisation and modification of the diazo group	Product washing
Esterification	Drying
Halogenation	Extraction
Nitration	Electro dialysis
Oxidation	Absorption
Rearrangements	Phase separation
Reduction	Adsorption
Substitution	Distillation
Sulphitation	Milling
Sulphonation	Apparatus cleaning

#### 4.12.3. Emisión de olor en el sector de la QOF

Al igual que en el caso del sector de la Química Orgánica de Gran Volumen, la totalidad de las sustancias utilizadas y/o producidas en la QOF presentan olor, por tanto, las emisiones masivas de estas sustancias pueden acarrear problemas de olor en las inmediaciones de la planta.

Las emisiones de olor en la mayoría de las unidades de proceso y operaciones unitarias van unidas a la emisión de COVs. De las actividades recogidas en el cuadro anterior, las siguientes se recogen en el documento como fuentes potenciales de COVs :

- **Durante la adición del líquido en el reactor.** Emisión de COVs debido al desplazamiento del gas/vapor de la cabeza del reactor por la entrada del líquido. El sistema de venteo descarga el gas a un sistema de eliminación o bien al aire libre.
- **Separación líquido-sólido:** venteo de COVs.
- **Destilación.** Emisión al aire por venteo desde el condensador en el caso de destilaciones atmosféricas.
- **Extracción líquido-líquido:** venteo de COVs.
- **Limpieza:** emisión de COVs al aire debido al uso de disolventes.
- **Fermentación.** En el documento se señala que de los procesos listados el que podría ser más problemático en el tema de olores es la fermentación. La fermentación es un proceso unitario que induce un cambio en la sustancia química por la acción de un organismo o una enzima, especialmente, bacterias o microorganismos. Algunas de las aplicaciones de la fermentación son la producción o modificación de los antibióticos -lactam, la penicilina y cefalosporins, tetraciclinas, y también alcaloides y ácidos amino. Uno de los principales residuos del proceso de fermentación son los gases generados durante el proceso, que contienen aerosoles y posiblemente presenten mal olor. Cuando esto es así, puede ser necesario el uso de algún sistema de eliminación de olores como puede ser un filtro biológico o carbón activo, o un lavador de gases con hipoclorito. De las técnicas descritas para la reducción de olores, la que presenta menos inconvenientes es el biofiltro, aunque puede ser necesario enfriar la corriente de gas antes de hacerla pasar por el sistema.

#### 4.12.4. Técnicas a tener en cuenta en la determinación de las MTD

Las técnicas que se han considerado en la determinación de las MTD se agrupan bajo los epígrafes «*Prevención y minimización del impacto ambiental*» (muy relacionado con el diseño del proceso) y «*Gestión y tratamiento de los flujos de residuos*». El primero contiene estrategias para la selección de la vía de síntesis, ejemplos de procesos alternativos, selección del equipo y diseño de la instalación. La gestión de flujos de residuos comprende técnicas para la evaluación de las propiedades de estos flujos y para conocer y supervisar las emisiones. Finalmente, se describe un amplio abanico de técnicas de recuperación y reducción para el tratamiento de los gases residuales, el pretratamiento de flujos de aguas residuales y el tratamiento biológico de las mismas.

Debido a que el número de técnicas descritas asciende a 148 sólo se señalarán cuales de ellas han sido elegidas como MTD en la reducción de las emisiones de COVs (Apartado siguiente).

#### 4.12.5. MTD en la reducción de olores (COVs) en el sector de la industria química orgánica fina

##### ■ Integración de las consideraciones ambientales en el desarrollo del proceso

MTD es establecer indicadores para el seguimiento de la integración de las consideraciones ambientales, sanitarias y de seguridad en el desarrollo del proceso.

MTD es efectuar una evaluación estructurada de la seguridad en régimen de funcionamiento normal y tener en cuenta los efectos debidos a desviaciones del proceso químico y a desviaciones del funcionamiento de la instalación.

MTD es establecer y aplicar procedimientos y medidas técnicas para limitar los riesgos derivados de la manipulación y almacenamiento de sustancias peligrosas y proporcionar una formación suficiente y adecuada a los operarios que manejen estas sustancias.

MTD es diseñar las nuevas instalaciones de forma que se minimicen las emisiones.

##### ■ Confinamiento de las fuentes y estanqueidad del equipo

**MTD es contener y confinar las fuentes y cerrar aberturas ocasionales para minimizar las emisiones incontroladas.** Las operaciones de secado deben efectuarse en circuitos cerrados, con condensadores para la recuperación de los disolventes.

**MTD es utilizar la recirculación de los vapores del proceso** cuando los requisitos de pureza lo permitan. Para minimizar el caudal volumétrico.

**MTD es cerrar las aberturas ocasionales innecesarias**, a fin de evitar que entre aire en el sistema de recogida de gases a través del equipo del proceso.

**MTD es garantizar la estanqueidad del equipo del proceso, especialmente de los tanques.**

**MTD es inertizar por vaciado en vez de aplicar una inertización continua.** Sin embargo, la inertización continua ha de admitirse por cuestiones de seguridad en caso, por ejemplo, de procesos que generan O<sub>2</sub> o que exigen nuevas adiciones de carga de material tras la inertización.

##### ■ Adición de líquidos a recipientes, minimización de picos

**MTD es efectuar la adición de líquidos a los recipientes por la parte inferior o con un sistema de llenado sumergido**, salvo que sea difícil por la química de la reacción o por consideraciones de seguridad. En tales casos, la adición de líquido por la parte superior con un tubo dirigido a la pared reduce las salpicaduras y, por tanto, la carga orgánica en el gas desplazado. Si se ponen en un recipiente tanto sólidos como líquidos orgánicos.

**MTD es utilizar los sólidos como colchón en circunstancias en que la diferencia de densidad favorezca la reducción de la carga orgánica en el gas desplazado**, salvo que sea difícil por la química de la reacción o por consideraciones de seguridad.

**MTD es minimizar la acumulación de picos de cargas y caudales y los picos correspondientes de concentraciones de emisiones mediante**, por ejemplo, la optimización de la matriz de producción y la aplicación de filtros para el suavizado de picos.

■ Gestión y tratamiento de flujos gaseosos de residuos

- Selección de las técnicas de tratamiento de COV

Puede aplicarse una técnica, sola o combinada con otras, como sistema de recuperación o reducción de toda una implantación, de un único edificio de producción o de un único proceso. Esto depende de la situación particular y afecta al número de fuentes puntuales. **MTD es seleccionar las técnicas de recuperación y reducción de COV siguiendo el diagrama de flujo de la figura 4.12.5.1.**

Figura 4.12.5.1. MTD para la selección de las técnicas de recuperación o reducción de COVs.

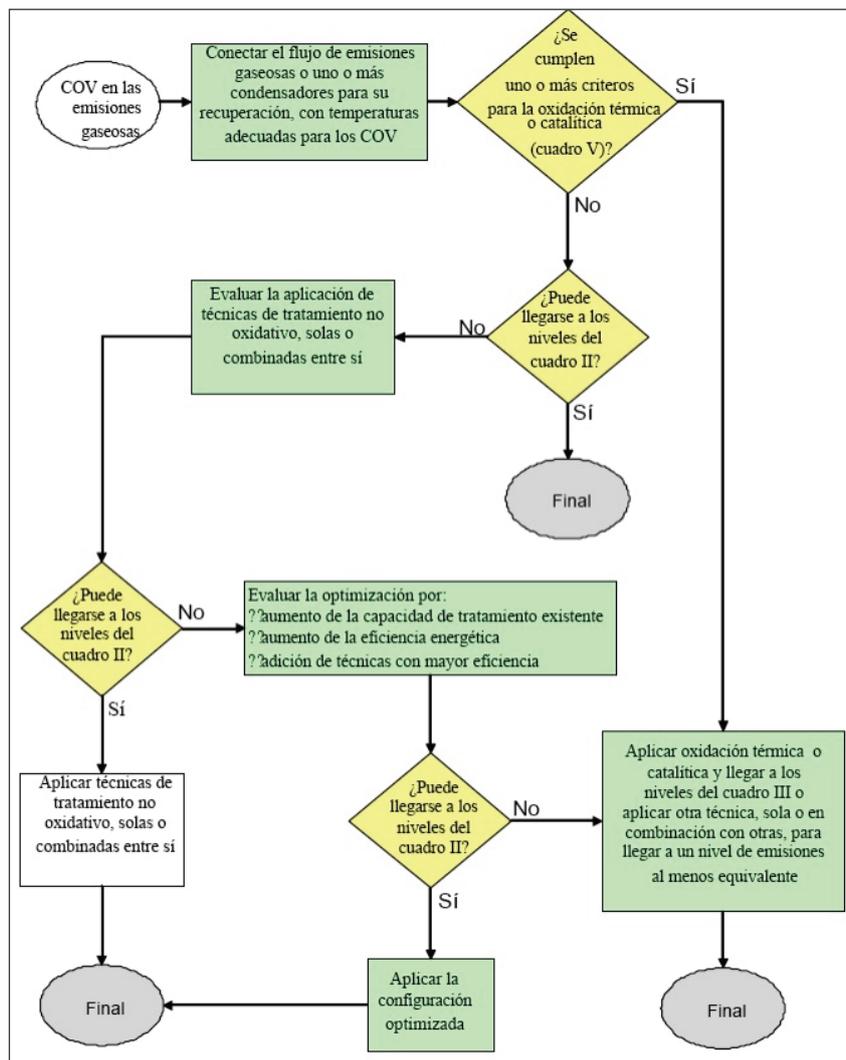


Tabla 4.12.5.1. Niveles de emisión de COV asociados a MTD en relación con técnicas no oxidativas de recuperación o reducción.

Parámetro	Nivel medio de emisiones procedentes de fuentes puntuales*
Carbono orgánico total	0,1 kg C/hora o 20 mg C/m <sup>3</sup> **
* El tiempo de promedio se refiere al perfil de emisión; los niveles se refieren a gas seco y Nm <sup>3</sup> .	
** El nivel de concentración se refiere a caudales volumétricos sin dilución como, p. ej., caudales volumétricos procedentes de la ventilación de salas o edificios.	

Tabla 4.12.5.2. Niveles de emisión de carbono orgánico total asociados a MTD en relación con la incineración u oxidación térmica o la oxidación catalítica.

Incineración u oxidación térmica u oxidación catalítica	Caudal másico medio kg C/hora		Concentración media mg C/m <sup>3</sup>
Carbono orgánico total	< 0,05	o	< 5
El tiempo de promedio se refiere al perfil de emisión; los niveles se refieren a gas seco y Nm <sup>3</sup> .			

## 4.13. REFINERÍAS DE PETRÓLEO Y DE GAS

### 4.13.1. Ámbito de aplicación

Este documento, así como ocurre con otros BREFs, se entiende como el intercambio de información llevado a cabo para cubrir la actividad descrita en el Apartado 1.2 de. Anexo I de la Directiva IPPC, denominada "Refinerías de Petróleo y Gas".

La industria del petróleo y del gas natural se organiza en cuatro sectores: exploración y producción de petróleo crudo y gas natural; transporte, refino y distribución. Este documento está dirigido sólo a la industria del reformado para ambos sectores (petróleo y gas natural); que incluye los procesos listados en la siguiente tabla:

Tabla 4.13.1. Actividades que engloba la industria de la refinería del petróleo y el gas natural y que se incluyen en el documento BREF.

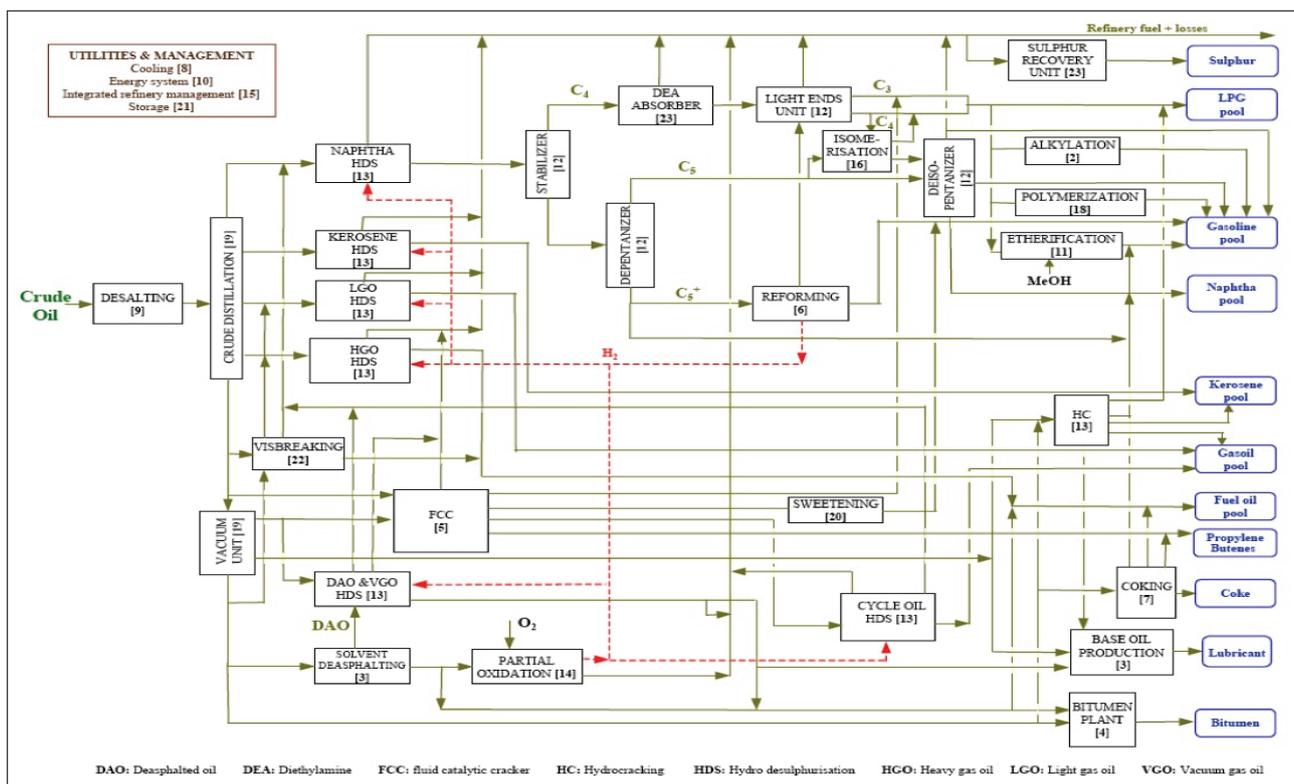
Section no. within this document	Activity name used within this document	Subactivities or processes included in each category of processes	Reference to additional information
2	Alkylation	HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> alkylation processes	
3	Base oil production	Deasphalting, aromatic extraction, high pressure hydrogenation unit, dewaxing, wax processing and lubricant oil hydrofinishing	
4	Bitumen production		
5	Catalytic cracking	All types of catalytic cracking units. Types according to feedstock and process conditions	
6	Catalytic reforming	Continuous, cyclic and semiregenerative	
7	Coking processes	Delayed and fluid coking and coke calcination	
8	Cooling		Industrial cooling systems BREF
9	Desalting		
10	Energy system	Refinery power plants including all types of technologies applied and all types of fuels used within EU refineries	Large Combustion Plants BREF
11	Etherification	MTBE, ETBE and TAME production	
12	Gas separation processes	Separation of light fractions of the crude oil (e.g. refinery fuel gas, LPG)	
13	Hydrogen consuming processes	Hydrocracking, hydrotreating, hydrorefining, hydroconversion, hydroprocessing and hydrogenation processes	

Section no. within this document	Activity name used within this document	Subactivities or processes included in each category of processes	Reference to additional information
14	Hydrogen production	Gasification (coke and heavy oils), steam reforming and hydrogen purification	
15	Integrated refinery management	Environmental management activities, utility management and overall refinery management (noise, odour, safety, maintenance)	
16	Isomerisation	C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub> and C <sub>6</sub> isomerisation	
17	Natural gas plants	Processes related with the processing of natural gas	
18	Polymerisation	Polymerisation, dimerisation and condensation	
19	Primary distillation units	Atmospheric and vacuum distillation units	
20	Product treatments	Sweetening and final product treatments	
21	Storage and handling of refinery materials	Storage, blending, loading and unloading of refinery materials	Storage BREF
22	Visbreaking		
23	Techniques for the abatement of emissions (only in Chapters 2)	It merges the contents related to waste gas, waste water and solid wastes in Chapters 2	
23	Waste gas treatments		Waste gas and waste water BREF
24	Waste water treatments		Waste gas and waste water BREF
25	Waste management	Waste treatment, waste disposal and incineration	
26	Monitoring (only in Chapter 3)		Monitoring BREF

4.13.2. Procesos y técnicas aplicados

En la tabla anterior se han recogido los distintos procesos que tienen lugar en las plantas de refinería de petróleo y gas natural. En la siguiente figura se ha recogido la interrelación entre ellas en el caso del refino de petróleo:

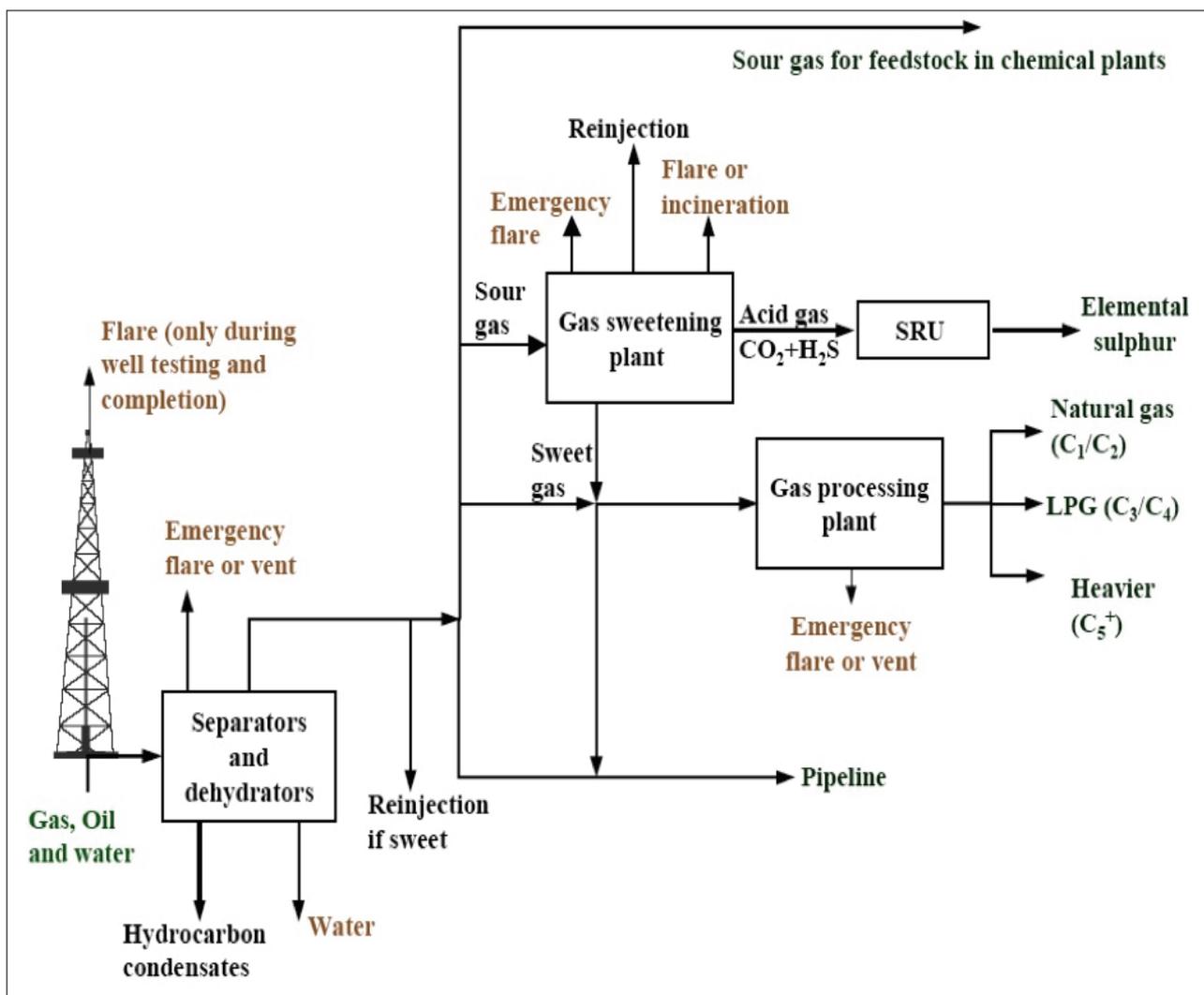
Figura 4.13.2.1. Esquema general de una refinería de petróleo.



Como puede comprobarse el esquema general en las refineras de petrleo es muy complejo y no es objetivo de este resumen de olores la descripci3n pormenorizada de cada uno de los procesos. En el documento BREF original, se describen cada uno de ellos de forma m1s detallada indicando las caracteristicas principales (descripci3n de equipos, reacciones que tienen lugar, materias primas, principales cuestiones ambientales, etc.).

En el caso de las instalaciones de Gas natural, el esquema que recoge los procesos que tienen lugar es el siguiente:

Figura 4.13.2.2. Diagrama de flujo general en la industria del gas natural.



### 4.13.3. Emisiones en las refineras de petrleo y gas natural

Por regla general, las instalaciones de refino son grandes y est1n completamente integradas. Las refineras son centros industriales que manipulan enormes cantidades de materias primas y productos y adem1s tienen un consumo intensivo de energa y agua. En los procesos de almacenamiento y refino, las refineras generan emisiones a la atm3sfera, el agua y el suelo, hasta el punto de que la gesti3n ambiental se ha convertido en un factor importante de su actividad. Normalmente, el tipo y la cantidad de las emisiones al medio ambiente son bien conocidos. Los principales contaminantes generados por ambos sectores son los 3xidos de carbono, nitr3geno y azufre; partc1culas (pro-

cedentes sobre todo de los procesos de combustión) y compuestos orgánicos volátiles. En una refinería se consumen grandes cantidades de agua, ya sea con fines de proceso o de refrigeración. Este agua se contamina con productos derivados del petróleo. Los principales contaminantes del agua son los hidrocarburos, sulfuros, amoníaco y algunos metales. Teniendo en cuenta la enorme cantidad de materia prima que procesan, las refinerías no generan cantidades significativas de residuos. En la actualidad, los residuos generados por las refinerías consisten principalmente en lodos, desechos no específicos (basuras, residuos de derribo, etc.) y productos químicos agotados (por ejemplo ácidos, aminas, catalizadores).

El principal foco de contaminación de las refinerías de petróleo y, en mucha menor medida de las plantas de gas natural, son las emisiones a la atmósfera (por el número de puntos de emisión, las toneladas emitidas y el número de MTD desarrolladas). Por cada millón de toneladas de crudo procesadas (las refinerías europeas oscilan entre 0,5 y más de 20 millones de toneladas), una refinería emite 20.000-82.000 t de dióxido de carbono, 60-700 t de óxidos de nitrógeno, 10-3.000 t de partículas, 30-6.000 t de óxidos de azufre y 50-6.000 t de compuestos orgánicos volátiles. Por cada millón de toneladas de crudo refinadas, se generan 0,1-5 millones de toneladas de agua residual y 10-2.000 toneladas de residuos sólidos. Estas enormes diferencias en las emisiones de las plantas europeas se pueden explicar parcialmente por las diferencias en cuanto a integración y tipos de refinerías (por ejemplo, simples o complejas). No obstante, las principales diferencias tienen que ver con los distintos marcos legales vigentes en Europa en materia ambiental.

Las principales emisiones de las plantas de gas natural a la atmósfera son CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y COV. El agua y los residuos suelen ser menos importantes que para las refinerías de petróleo.

En vista de los progresos realizados en la reducción de las emisiones de azufre a la atmósfera, y paralelamente a una tendencia más general, **las refinerías están empezando a preocuparse más de los COV (incluidos los malos olores)**, las partículas (tamaño y composición) y el NO<sub>x</sub>. Las técnicas de tratamiento del agua residual de las refinerías ya son técnicas maduras, por lo que ahora se hace más hincapié en la prevención y la reducción. La reducción del consumo de agua y/o de la concentración de contaminantes en el agua puede contribuir a la reducción de la emisión final de contaminantes.

#### 4.13.3.1. EMISIONES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

COVs es el término general aplicado a todos los compuestos que contienen carbono orgánico y que se evaporan a la temperatura ambiente y contribuyen a la formación de nieblas orgánicas y problemas de olor. Las principales fuentes de COVs en las refinerías son los venteos, las llamas, aire soplante, sistemas de purgado, emisiones fugitivas desde los sistemas de tuberías, aguas residuales, tanques de almacenamiento, sistemas de carga y descarga, almacenamiento y preparación de sustancias. Las fuentes de emisión difusas de COVs como el sellado de las bombas, compresores, válvulas y bridas y derrames líquidos procedentes de tuberías y equipos pueden contribuir en un 20-50 % del total de COVs emitidos. El rango de emisiones en las refinerías europeas (incluyendo las zonas de almacenamiento) es desde 600 a 10.000 toneladas de COV emitidos al año. El rango de emisiones específicas encontrado es, por tanto, de 50 a 6.000 toneladas de COV por millón de toneladas de petróleo procesado.

El derrame de líquidos desde equipos que se encuentran trabajando en modo de fallo o bien debidos al sobrellelado de los tanques o de los vagones, pueden suponer unas fuentes continuas de emisión, así como los derrames que se producen debido al sellado de las bombas, de las válvulas o desde las tuberías de proceso. Las emisiones fugitivas desde los equipos de proceso son las mayores fuentes individuales de COVs a la atmósfera en una refinería y frecuentemente pueden llegar a alcanzar el 50 % del total de las emisiones. Las emisiones fugitivas incluyen las emisiones que ocurren desde accesorios como el sellado de válvulas, bombas y compresores, bridas, venteos y finales abiertos. Se considera que las emisiones desde las válvulas suponen entre un 50 -60 % del total de las emisiones fu-

gitivas. Además, la mayor proporción de emisiones fugitivas provienen de una pequeña fracción de las fuentes (p. ej., menos del 1 % de las válvulas en servicio de gas/vapor pueden llegar a suponer el 70 % de las emisiones fugitivas de una refinería). Algunas válvulas que es más fácil que derramen que otras son:

- Válvulas que operan con frecuencia, como las válvulas de control.
- Válvulas con sistemas obturadores ascendentes como las llaves de paso y válvulas de globo, suelen fugar con más frecuencia.

Algunos de los factores que afectan a las emisiones de estos hidrocarburos son el diseño de los equipos, la calidad del sistema de sellado, programas de mantenimiento y propiedades del contenido de las líneas. Las emisiones pueden estimarse aplicando los factores de emisión recogidos en la tabla siguiente:

Tabla 4.13.3.1.1. Factores de emisión con el método secuencial de USAEPA en la valoración de las emisiones fugitivas.

Emission Source	Emission factor in (g/(h.source)) for measured values in ppm v/v in the following three ranges		
	0 - 1000	1001 - 10000	> 10000
<b>Emission range (ppm v/v)</b>			
Valves for gas or vapour	0.14	1.65	45.1
Valves for liquids with $V_p > 0.3$ kPa (light liquid)	0.28	9.63	85.2
Valves for liquids with $V_p < 0.3$ kPa (heavy liquid)	0.23	0.23	0.23
Pumps for light liquids	1.98	33.5	437
Pumps for heavy liquids	3.80	92.6	389
Compressors	11.32	264	1608
Safety valves for gases	11.4	279	1691
Flanges	0.02	8.75	37.5
Open-end valves	0.13	8.76	12.0

Tabla 4.13.3.1.2. Emisiones de COV desde una refinería con una capacidad de 10 Mt/año

Process	VOC emissions (t/yr)
Crude oil harbour	260
Waste water treatment plant	400
Product harbour	815
Process area	1000
Tank area	1820
<b>TOTAL</b>	<b>4295</b>

Los olores más fuertes en una refinería son, como en otras instalaciones, principalmente los creados por compuestos de azufre como el  $H_2S$  y mercaptanos, pero también por algunos hidrocarburos (p. ej. aromáticos). Las principales fuentes de olor en las refinerías son:

- Zona de almacenamiento (petróleo crudo).
- Producción de bitumen
- Desalación de agua de proceso
- Alcantarillas
- Flotación de aire disuelto en el tratamiento de aguas residuales y biotratamiento

#### 4.13.4. Técnicas a tener en cuenta en la determinación de las MTD

Se han examinado cerca de 600 técnicas para determinar cuales son las mejores disponibles. Dichas técnicas se han analizado con arreglo a un plan coherente. Para cada caso se ha elaborado un informe con una breve descripción del procedimiento, las ventajas ambientales, los efectos entre distintos medios, los datos operativos, la viabilidad y los aspectos económicos. En algunos casos se ha estudiado el factor que impulsaría su implantación y se han incluido referencias al número de instalaciones donde ya se utiliza la técnica en cuestión. Dichas técnicas se han citado en 25 secciones, tal y como se puede ver en la tabla siguiente.

Tabla 4.13.4.1. Resumen de las técnicas a tener en cuenta en la determinación de las MTD

Sección	Actividad/Proceso	Técnicas aplicadas a				TOTAL
		producción y prevención	gases y gas residual	agua residual	residuos sólidos	
2	Alquilación	3	0	0	0	3
3	Producción de aceite de base	14	4	2	1	21
4	Producción de alquitrán	2	5	1	2	10
5	Desintegración catalítica	17	13	2	5	37
6	Reformado catalítico	3	3	0	0	6
7	Procesos de coquización	9	19	8	3	39
8	Enfriamiento	3	-	-	-	3
9	Desalinización	13	0	4	1	18
10	Sistema de energía	56	22	2	0	80
11	Eterificación	1	0	1	1	3
12	Procesos de separación de gas	3	2	0	0	5
13	Procesos consumidores de hidrógeno	8	0	0	2	10
14	Producción de hidrógeno	6	0	0	0	6
15	Gestión integrada de la refinería	33	0	24	6	63
16	Isomerización	3	0	0	0	3
17	Plantas de gas natural	0	12	5	3	20
18	Polimerización	1	0	0	2	3
19	Unidades de destilación primaria	3	2	3	3	11
20	Tratamiento de productos	5	2	4	0	11
21	Almacenamiento y manipulación de materiales de refinería	21	19	2	12	54
22	Desviscosificación	3	1	1	1	6
23	Tratamiento del gas residual	-	76	-	1	77
24	Tratamiento del agua residual	-	-	41	-	41
25	Gestión de residuos	-	-	-	58	58
	<b>TOTAL</b>	<b>207</b>	<b>180</b>	<b>100</b>	<b>101</b>	<b>588</b>

Tal y como se observa en la tabla anterior, el 35% de las técnicas incluidas se refieren a la producción y a la prevención de la contaminación, el 31% buscan reducir las emisiones a la atmósfera y el 17% reducen la contaminación del agua y el volumen de residuos o previenen la contaminación del suelo. Estas cifras son buena muestra de que las emisiones a la atmósfera constituyen el principal problema ambiental en el sector de las refinerías.

#### **4.13.5. MTD para la reducción de emisión de olores (COVs) en el sector de refinerías de petróleo y gas natural**

Para la reducción de las emisiones de COVs a la atmósfera se consideran MTDs:

- Cuantificación de las fuentes de emisiones de COVs (p. ej. por el método DIAL) con el objetivo de identificar los principales emisores en cada caso específico.
- Ejecución de campañas LDAR (Programa de detección de fugas y reparación) o equivalentes. Un buen programa LDAR incluye la determinación de un tipo de medida, frecuencia, tipo de componentes y líneas de proceso a estudiar, qué fugas deben ser reparadas y con qué urgencia.
- Buen mantenimiento del sistema de drenaje.
- Selección y uso de válvulas de baja fuga como las empaquetadas de grafito o equivalentes (este aspecto es especialmente importante en el caso de las válvulas de control) para las líneas que contienen productos con una alta presión de vapor.
- Minimización del uso de bridas (fácilmente aplicable en la etapa de diseño), instalación de juntas anti-fuga en las bridas que presentan problemas de derrame mediante el uso de materiales muy aislantes (esta técnica es muy importante en el caso de intercambiadores de calor).
- Encapsular los venteos abiertos y las válvulas de drenaje.
- Encauzamiento a una antorcha de las válvulas de alivio de presión con un alto potencial de emisiones de COVs
- Retornar los venteos de los compresores con alto potencial de emisiones de COVs de nuevo a la corriente de proceso, y si no es posible, enviarlos a la antorcha de la refinería para su destrucción.
- Uso de lazos totalmente sellados en las tomas de muestras rutinarias que son potencialmente generadoras de emisiones de COVs.
- Minimización de los quemados
- Cubrir los separadores, las lagunas y encauzar los gases evaporados en las EDARs de las plantas. La implementación de algunas de estas técnicas puede poner en peligro la eficiencia de la EDAR y causar problemas de seguridad si no se diseña y se planifica correctamente. Esta técnica se considera muy importante en el programa de la reducción de olores
- Utilización de cualquiera de las MTD recogidas en este BREF aplicables en la reducción de COVs en el almacenamiento y la preparación de las materias de proceso.

### **4.14. INDUSTRIA DE LA PASTA Y EL PAPEL**

#### **4.14.1. Ámbito de aplicación**

El presente documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en la industria papelera refleja el intercambio de información que se ha llevado a cabo con arreglo al apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo.

El papel es esencialmente una hoja hecha de fibras a la que se añaden varias sustancias químicas para modificar sus propiedades y su calidad. Además de fibras y sustancias químicas, la fabricación de papel requiere grandes cantidades de agua y energía en forma de vapor y electricidad. En consecuencia, los principales problemas medioambientales asociados a la producción de papel son las emisiones a las aguas, las emisiones atmosféricas y el consumo de energía. Es previsible que los residuos se conviertan en un problema cada vez mayor.

La pasta papelera puede obtenerse a partir de fibra virgen por medios químicos o mecánicos o bien a partir de

papel recuperado. Una fábrica de papel puede limitarse a reconstituir la pasta fabricada en otro lugar o integrarse con el proceso de desfibrado en el mismo establecimiento.

En este documento se explican los aspectos medioambientales de la fabricación de papel a partir de diversos materiales fibrosos en papeleras integradas o no integradas. Las primeras fabrican pasta de madera y la utilizan para producir papel en la misma instalación. Las segundas fabrican pasta para vender o compran pasta para fabricar papel. Las fábricas de pasta kraft pueden ser tanto integradas como no integradas, mientras que las fábricas de pasta al sulfito suelen estar integradas con la producción de papel. La fabricación de pasta mecánica y el reciclado de fibra suelen ser procesos integrados con la fabricación de papel, pero en algunos casos se han convertido en actividades independientes.

Este documento no se ocupa de los aspectos medioambientales de procesos previos como la gestión silvícola, la producción externa de productos químicos de proceso y el transporte de materias primas a la fábrica, ni de procesos posteriores como la transformación o impresión del papel. Tampoco trata los aspectos medioambientales no relacionados específicamente con la producción de pasta y papel, como el almacenamiento y manipulación de productos químicos, la seguridad en el trabajo, las centrales térmicas y eléctricas, los sistemas de refrigeración y vacío y el tratamiento de las agua de proceso.

El documento consta de una introducción y cinco partes principales:

- fabricación de pasta kraft ,
- fabricación de pasta al sulfito,
- fabricación de pasta mecánica y quimiomecánica,
- reciclado de fibra, y
- fabricación de papel y procesos conexos.

Cada uno de estos capítulos se subdivide en cinco apartados principales con arreglo al esquema general de los documentos de referencia sobre MTD en IPPC, que se resumen a continuación destacando las principales conclusiones de olor en cada uno de ellos.

#### **4.14.2. Fabricación de pasta Kraft**

##### **4.14.2.1. PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADOS**

El proceso implica la utilización de hidróxido de sodio y sulfito sódico para extraer la lignina de las fibras de la madera, usando grandes recipientes a presión llamados digestores. El líquido que se separa, llamado licor negro, es concentrado por evaporación y quemado en una caldera de recuperación para generar vapor de alta presión, que se puede utilizar para las necesidades de vapor de la planta o para la producción de energía eléctrica. Las plantas modernas son más que autosuficientes en la producción de energía.

La porción inorgánica del licor se usa para regenerar el hidróxido de sodio y el sulfito de sodio necesario para la fabricación de pulpa. En el caso de las maderas de coníferas, se obtiene una sustancia jabonosa como subproducto de la evaporación; ese jabón se acidifica para producir aceite de pino, una fuente de resinas, ácidos grasos y otros químicos. También se obtiene aguarrás.

A continuación se muestran sendas figuras en las que se recogen esquemas de producción del proceso Kraft. En la Figura 4.1.14.2.1.1. se ha representado un esquema en donde pueden apreciarse las distintas etapas de producción. En la segunda figura la información referente a los procesos es mucho más detallada.

Figura 4.14.2.1.1. Esquema de la producción de pasta de papel por el proceso Kraft.

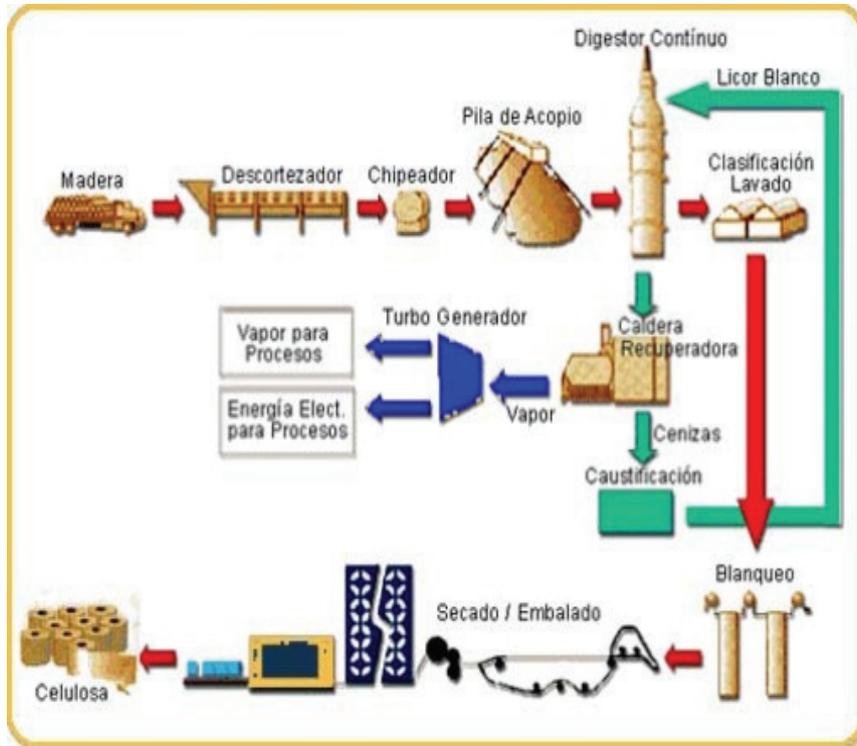
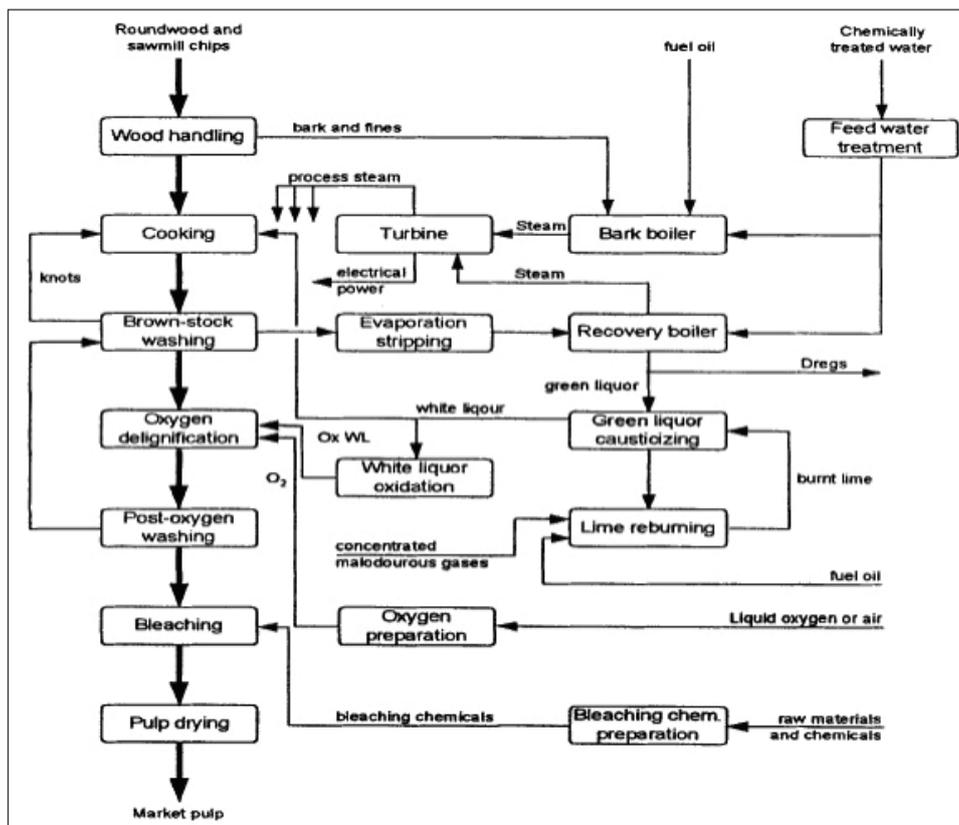


Figura 4.14.2.1.2. Esquema de las etapas llevadas a cabo en la producción de pasta por el proceso el Kraft.



#### 4.14.2.2. EMISIÓN DE OLORES EN EL PROCESO KRAFT

Los gases causantes del mal olor en las plantas de fabricación de pasta Kraft suelen ser  $H_2S$ , metil mercaptano, sulfuro de dimetilo y disulfuro de dimetilo. En ocasiones los gases olorosos están referidos en el Azufre Total Reducido (TRS). Las corrientes de gases malolientes se suelen dividir en gases fuertes, o concentrados, y gases débiles, o diluidos. Las últimas se refieren normalmente a concentraciones  $< 0.5 \text{ g de S/m}^3$ , mientras los más concentrados o gases fuertes superan los  $5 \text{ g/m}^3$ .

Los gases concentrados vienen del digestor, de la planta de evaporación y del separador del condensado. En total ascienden a un total de  $25 \text{ m}^3/\text{t}$  de pasta. Los gases no condensables procedentes de la zona de digestión y del separador del condensado de los gases olorosos en la planta de evaporación suelen contener 1-2.5 kg S/Adt (tonelada métrica de aire seco) y son mayores en la pulpa procedente de madera dura que en la procedente de la blanda debido a las diferentes estructuras de lignina.

Los gases concentrados se recogen y se queman en el horno de cal, en la caldera de recuperación o en un quemador separado. Si el quemado de los gases se realiza aparte, lo normal es añadir un depurador de gases para controlar la emisión del  $SO_2$  formado.

La ventaja de quemar los gases olorosos en el horno de cal es que no se necesitan más hornos para eliminarlos, además, el azufre presente en el gas puede absorberse en la cal, reduciendo así las emisiones de  $SO_2$ . Sin embargo, como se dijo anteriormente, el contenido de azufre puede ser tan alto que supere la capacidad de absorción del horno cal.

De media, se ahorra el 15 % del combustible cuando los gases olorosos se alimentan al horno de cal. Sin embargo, la variación de la cantidad de energía almacenada en el gas puede repercutir en la producción de una cal de buena calidad. La separación del metanol de los gases olorosos minimiza este problema. El metanol separado se puede alimentar en fase líquida al horno de cal o un quemador auxiliar.

Los gases diluidos se recogen desde el pre-tratamiento de vapor de la viruta, lavado de la pulpa, olores disueltos y ventilación desde varios tanques que contienen licor negro. Entre todos suponen un total de  $2000\text{-}3000 \text{ m}^3/\text{t}$  de pulpa con  $0.2\text{-}0.5 \text{ kg S/Adt}$ .

Los gases diluidos de estos sitios se recogen y se queman en la caldera de recuperación, en el horno de cal o bien se depuran en un scrubber (la depuración del gas es especialmente efectiva en el caso del  $H_2S$ ). Al quemar los gases débiles en la caldera de recuperación se podrían influenciar las operaciones de evaporación y podrían ser necesarias modificaciones en el equipo.

En la digestión y evaporación, una parte de los compuestos con olor se transfieren a los condensados. Además de reducir los compuestos de azufre, los condensados contienen metanol y algunos otros compuestos que consumen oxígeno. Los condensados de gases olorosos se recogen y se tratan por separado.

#### 4.14.2.3. TÉCNICAS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MTD

Como resumen de las técnicas que el GTT ha tenido en cuenta para la determinación de las MTD, en el documento de referencia se recoge la Tabla 4.14.2.3.1., en la que se listan dichas técnicas y se señalan los aspectos más importantes de cada una de ellas. En relación con la reducción de las emisiones de olor (recordar que en ocasiones aparecen referidas en el TRS), las técnicas a tener en cuenta son:

- *Separación y reutilización de los condensados*
- *Incineración de los gases olorosos en la sección de la caldera de recuperación.*
- *Incineración de los gases olorosos en el horno de cal*
- *Incineración de los gases olorosos en un horno separado con depurador de gases*
- *Lavado del fango de la cal.*

Tabla 4.14.2.3.1. Resumen de las técnicas consideradas en la determinación de MTDs en las instalaciones de papel Kraft.

Techniques to consider in the determination of BAT	Effects on the consumption and emission level (cross-media effects)					Impact on the production process E.g. energy balance, yield, mill performance
	Chemical consumption	Energy consumption	Emission to water	Emission to air	Solid waste	
3.3.1 Dry debarking	n.e.	↑ in debarking	↓ COD, ↓ TSS, ↓ flow	n.e.	n.e.	↑ energy generation in bark boilers
3.3.2 Extended modified cooking to a low kappa Continuous (c) or batch (b)	↑ in cooking ↑ lime demand ↓ in bleaching	(↑) cooking (c). ↓ cooking (b) (↑) evaporation, (↑) lime kiln	↓ COD ↓ AOX	↑ odour	n.e.	↑ energy generation, (↑/↓) final pulp yield
3.3.3 Closed screening	n.e.	n.e.	↓	n.e.	n.e.	n.e.
3.3.4 Oxygen delignification	↑ in O <sub>2</sub> -stage ↓ in bleaching	↑ O <sub>2</sub> -stage, ↑ white liquor oxidation, ↑ caustic.&lime kiln	↓	n.e.	(↑) dregs	(↑) energy generation
3.3.5 Ozone bleaching	↑ in O <sub>2</sub> -stage ↓ in bleaching	↑ O <sub>2</sub> -stage, ↑ O <sub>2</sub> generation, ↓ in bleaching	↓	n.e.	n.e.	n.e.
3.3.6 ECF bleaching technique (vs. TCF) <sup>1)</sup> (at same incoming low Kappa)	(↑/↓)	(↑/↓)	↑ AOX, ↑ ClO <sub>2</sub>	↑ Cl <sub>2</sub>	n.e.	n.e.
3.3.7 TCF bleaching technique (vs. ECF) <sup>1)</sup> (at same incoming low Kappa)	(↑/↓)	(↑/↓)	(↓ COD), ↓ AOX, ↑ N chelat. agent)	n.e.	n.e.	n.e.
3.3.8 Partly closure of the bleach plant + increased evaporation	↑ bleaching	↑ evaporation	↓	(↑)	(↑ dregs)	(↓ water consumption)
3.3.9 Collection of almost all spillage	n.e.	(↑ evaporation)	↓	n.e.	n.e.	n.e.
3.3.10 Efficient washing and process control	↓ bleaching ↓ cooking	↑ washing (electr.)	↓	n.e.	n.e.	
3.3.11 Stripping and re-use of condensates	↓ in bleaching	↑ steam	↓ COD, N	↓ odour	n.e.	n.e.
3.3.12 Buffer tanks for concentrated liquids	n.e.	n.e.	↓	n.e.	n.e.	n.e.
3.3.13 Biological wastewater treatment	↑	↑	↓	(↑odour)	↑	Sludge burning ?
3.3.14 Tertiary treatment (precipitation)	↑	↑	↓	n.e.	↑	Sludge burning ?
3.3.15 Increase of DS of black liquor	n.e.	↑ evaporation	n.e.	↓ SO <sub>2</sub> , (↑ NO <sub>x</sub> )	n.e.	↑ evaporation capac. needed ↑ energy generation in the rec. boiler, ↑ prod. capacity
3.3.16 Installation of scrubbers on the recovery boiler	n.e.	(↑)	n.e.	↓	n.e.	(↑/↓) energy balance
3.3.17 Incineration of odorous gases in the recovery boiler	↓ S make-up demand/ ↑ S excess	↑ handling system	n.e.	↓ TRS	n.e.	↑ energy generation (burning with heat recovery)
3.3.18 Incineration of odorous gases in the lime kiln	↓ S make-up demand/ ↑ S excess	↑ handling system	n.e.	↓ TRS	n.e.	(↑ energy generation)
3.3.19 Incineration of odorous gases in a separate furnace + scrubber	↓ S make-up demand/ ↑ S excess	↑ handling system	n.e.	↓ TRS, (↑ NO <sub>x</sub> )	n.e.	↑ energy generation (burning with heat recovery)
3.3.20 Low NO <sub>x</sub> auxiliary boilers Low NO <sub>x</sub> burners in the lime kiln	n.e.	n.e.	n.e.	↓NO <sub>x</sub>	n.e.	n.e.
3.3.21 SNCR on bark boilers	↑ urea/NH <sub>3</sub>	↑ handling system	n.e.	↓NO <sub>x</sub> (↑ NH <sub>3</sub> )	n.e.	n.e.
3.3.22 Low NO <sub>x</sub> recovery boiler by using Over Fire Air technique (OFA)	n.e.	n.e.	n.e.	↓NO <sub>x</sub>	n.e.	n.e.
3.3.23 Improved washing of lime mud	n.e.	n.e.	n.e.	↓TRS	n.e.	n.e.
3.3.24 ESP on bark boiler and lime kiln	n.e.	↑ electricity	n.e.	↓ dust	n.e.	n.e.

Notes:

↑ = increase; ↓ = decrease; n.e. = no (or negligible) effect. (↑/↓) = may or may not have an effect/little impact depending on the conditions; <sup>1)</sup> assumed that there is an efficient wastewater treatment

A continuación se describe brevemente cada una de las técnicas que comportan reducción de las emisiones de olor.

#### ■ Separación y reutilización de los condensados

La columna de separación puede ser un equipo separado o puede estar integrado como parte de la planta de evaporación. Los condensados se alimentan en la cabeza de la columna. El vapor de los condensados asciende desde la base de la columna en contracorriente con el condensado alimentado. El vapor de la cabeza de la columna se envía a un condensador de reflujo en donde se condensa parcialmente. El propósito del condensador de reflujo es condensar parte del agua de los gases, y aumentar la concentración del material volátil en los gases que abandonan el condensador. Los gases no condensables contienen la mayoría de los compuestos volátiles separados en la columna. Estos gases no condensables se conducen a la incineración, en donde los compuestos orgánicos y los compuestos de azufre reducido se destruyen por oxidación térmica.

#### ■ Incineración de los gases olorosos en la sección de la caldera de recuperación

Los gases que suelen incinerarse en esta sección son los definidos en el Apartado 2.2, como gases débiles o diluidos. La recolección de los gases se hace mediante soplantes y tuberías de transferencia de gases. Los gases malolientes se pueden incinerar como aire secundario o terciario en la caldera de recuperación. Dependiendo del volumen de los gases olorosos diluidos y de la disposición de la planta de pasta pueden existir varios sistemas de destrucción de TRS para distintos departamentos. Una alternativa para la incineración es el depurador alcalino u oxidante.

#### ■ Incineración de los gases olorosos en el horno de cal

En el horno de cal pueden incinerarse tanto los gases concentrados como los diluidos. Estos gases se incineran como aire secundario en el horno.

#### ■ Incineración de los gases olorosos en un horno separado con depurador de gases

En vez de utilizar las instalaciones de la planta, debido a los problemas que se pueden presentar por la incineración en el horno de cal o en la caldera de recuperación (descritos en el Apartado 4.14.2.2), se pueden incinerar los gases en un horno auxiliar equipado con un depurador de SO<sub>2</sub>.

#### ■ Lavado del fango de cal

El equipo utilizado para el lavado del fango de cal está formado normalmente por clarificadores o filtros prensa. Mediante un lavado eficiente de los lodos de cal se reduce la concentración de azufre en la cal, reduciendo entonces la formación de H<sub>2</sub>S en el horno durante el proceso de quemado.

#### 4.14.2.4. MTD EN LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN LAS INSTALACIONES DE FABRICACIÓN DE LA PASTA KRAFT

Los gases olorosos en las fábricas de pasta de papel se recogen y tratan de diferentes formas dependiendo del volumen y la concentración de los gases. Los gases con olor se dividen en base a estos criterios en gases fuertes o débiles. Los sistemas para el tratamiento de los gases olorosos concentrados incluyen un sistema de reserva para los episodios de mantenimiento u otros periodos de parada del sistema normal. Los métodos de tratamiento de estos gases, son la incineración y la depuración alcalina. Existen diferentes opciones para la incineración de gases: horno de cal, incineradores auxiliares o caldera de recuperación.

- Cuando los gases diluidos se incineran en el horno de cal el azufre se absorbe parcialmente. **Las emisiones de TRS desde el horno de cal se controlan mediante un lavado eficiente de los lodos de cal y control de las condiciones de combustión.** Con la utilización de filtros modernos se pueden conseguir niveles de emi-

sión inferiores a  $15 \text{ mg H}_2\text{S/Nm}^3$  (10 %  $\text{O}_2$ ). Si se requiere de una reducción todavía mayor debe instalarse un depurador alcalino después del electrofiltro. Esto podría dar emisiones de  $\text{H}_2\text{S}$  por debajo de  $1.5 \text{ mg/Nm}^3$  pero lleva consigo un alto consumo de álcali.

- La incineración de los gases olorosos en un incinerador auxiliar transforma TRS en emisiones de  $\text{SO}_2$ . **El incinerador siempre debe ir equipado con un depurador de gases.**
- **La incineración de los gases concentrados en la cadera de recuperación operando con una alta concentración de sólidos conduce a emisiones bajas de azufre**, tanto en forma de  $\text{SO}_2$  como de TRS.
- **Las corrientes** de gas de alto volumen y **baja concentración** se pueden **enviar a la caldera de recuperación en donde se mezclan con el aire secundario o terciario de combustión o bien mandarse junto con los gases concentrados al quemador auxiliar**. En los hornos de cal los gases olorosos pueden mezclarse con el aire secundario.

Además de la elección del sistema de tratamiento, las emisiones finales de TRS están determinadas por el número de unidades conectadas al sistema de recolección de gases y la disponibilidad de los sistemas de tratamiento, incluyendo los sistemas de reserva. Las emisiones fugitivas de TRS consisten principalmente en gases no colectados. La disponibilidad depende del sistema de tratamiento de gas elegido, el número y el tipo de sistemas de reserva y la monitorización y control de los sistemas. Se puede alcanzar una alta disponibilidad de tratamiento del gas mediante:

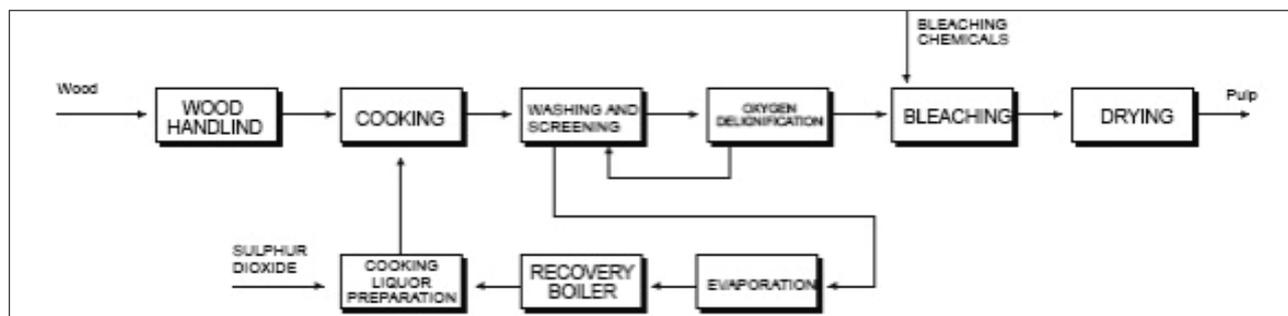
- La utilización de un incinerador auxiliar con depurador de  $\text{SO}_2$  como unidad principal y el uso de hornos de cal o depuradores alcalinos como primera reserva y un quemador de llama como segunda reserva
- Incineración de los gases fuertes y débiles en la caldera de recuperación y la utilización del horno de cal como primera reserva y quemador de llama como segunda.

#### 4.14.3. El proceso de fabricación de pasta al sulfito

##### 4.14.3.1. PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADOS

El proceso de digestión al sulfito se basa en el uso de  $\text{SO}_2$  acuoso y una base (ésta puede ser calcio, sodio, magnesio o amoníaco). La base específica usada influirá sobre las opciones disponibles dentro del proceso con respecto a los sistemas de recuperación de energía y de sustancias químicas y el uso de agua. Hoy en día el uso de una base de calcio, que es la más barata, no se realiza debido a que las sustancias digeridas no se pueden recuperar. El esquema de las principales unidades de proceso en la fabricación de la pasta de papel al sulfito es el siguiente (utilizando como base el sulfito de magnesio):

Figura 4.14.3.1.1. Principales unidades de proceso en la fabricación de la pasta de sulfito de magnesio.



El proceso de fabricación de la pasta al sulfito es un proceso muy similar al proceso Kraft, pero que aun así presenten algunas diferencias. Desde el punto de vista medioambiental, las diferencias más importantes entre ambos procesos radican en los productos químicos utilizados en el proceso de cocción, en el sistema de preparación y recuperación de productos químicos y en que la pasta al sulfito es más fácil de blanquear, debido a su mayor brillo inicial. Además el proceso de sulfito presenta menos problemas inherentes de olor comparado con el proceso Kraft, que como se explicó en la sección anterior, puede presentar problemas en los alrededores de la instalación. Estas diferencias se transmiten en diferentes rangos de emisión, así como en las técnicas de eliminación empleadas.

#### 4.14.3.2. EMISIÓN DE OLORES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PASTA AL SULFITO

Las emisiones de olor en el proceso de sulfito son limitadas en comparación con las del proceso Kraft. Sin embargo, existen también emisiones de furfural mercaptanos y H<sub>2</sub>S capaces de producir olor, así como otros gases sulfurosos. En algunas instalaciones con este proceso los gases olorosos se colectan y se queman en la caldera de recuperación.

Referente a las emisiones de olor no se suministra más información al respecto en el documento BREF.

#### 4.14.3.3. TÉCNICAS A TENER EN CUENTA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MTD

En relación con las técnicas que conlleven reducción de las emisiones de olor, en el documento se señala que la información es la misma que la recogida para el proceso Kraft.

#### 4.14.3.4. MTD EN LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN LA FABRICACIÓN DE PASTA AL SULFITO

**La MTD** para la reducción de olores en las instalaciones de fabricación de pasta al sulfito **consiste en la recolección de los gases e incineración en la caldera de recuperación**. También se considera MTD disponer **de un sistema de reserva de incineración para los periodos de parada de la caldera**.

### 4.14.4. Pasta mecánica o quimiomecánica

#### 4.14.4.1. PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADOS

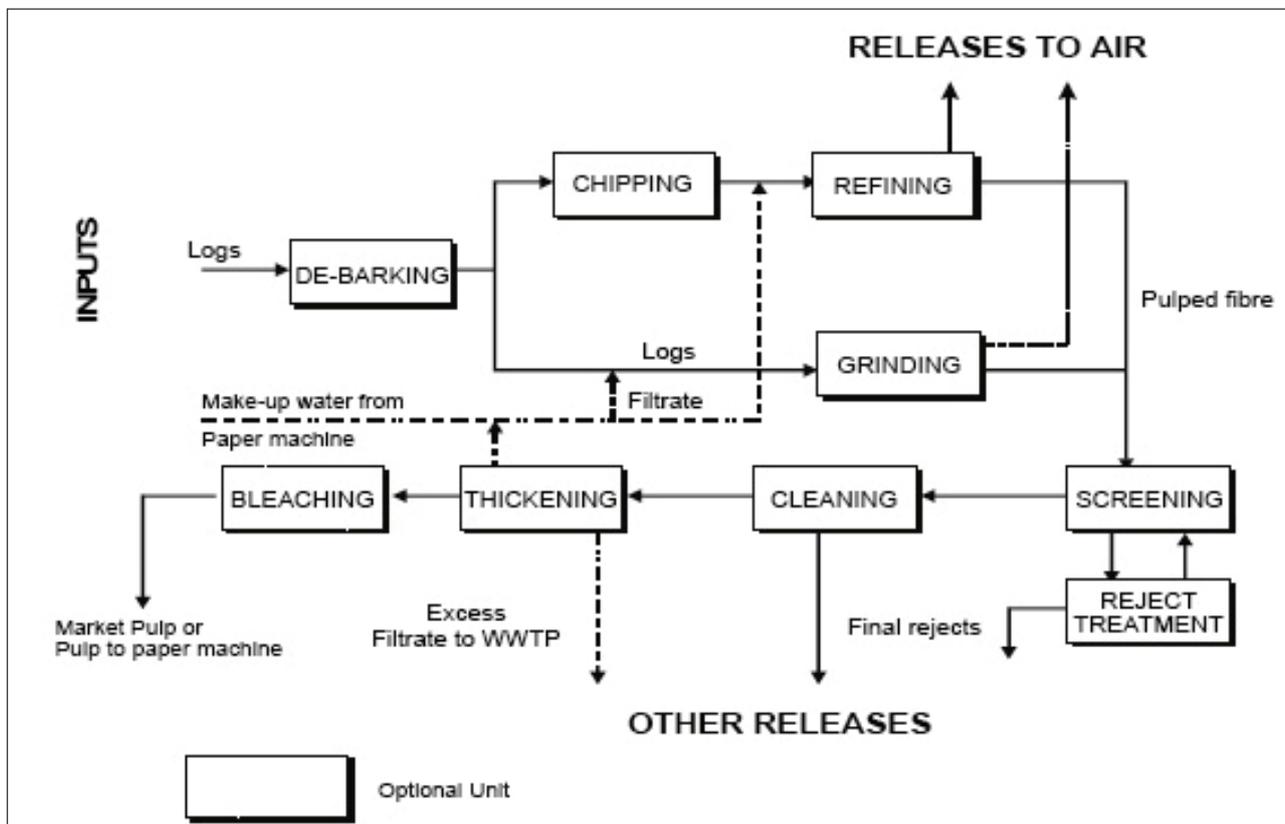
En la fabricación de pasta mecánica, las fibras de la madera se separan aplicando energía mecánica. El objetivo es mantener la parte principal de la lignina a fin de conseguir un alto rendimiento con unas propiedades de resistencia y brillo aceptables. Hay que distinguir dos procesos principales:

- **Trituración de la madera**. Los troncos se astillan al pasar por una muela giratoria mientras se mojan con agua.
- **Refino de la pasta mecánica**. Las astillas se desfibran al pasar entre unos discos refinadores.

Las características de la pasta pueden modificarse aumentando la temperatura de proceso y aplicando un tratamiento químico a la madera para reblandecerla antes de pasar a la fase de refino. Este proceso se denomina quimiomecánico (CTMP) y también es objeto del presente documento.

En la siguiente figura se ha representado un esquema del proceso de fabricación mecánica de la pasta:

Tabla 4.14.4.1.1. Principales etapas en la fabricación de pasta mecánica.



4.14.4.2. EMISIONES DE OLOR

Con referencia a las emisiones de olor en este tipo de instalaciones en el documento se señala que mayormente pueden evitarse, y de hecho no se informa de ninguna fuente de emisión y de ningún compuesto que pueda causar este tipo de molestia.

4.14.4.3. TÉCNICAS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MTD

La única de las técnicas descritas en este apartado que afectaría a la reducción de las emisiones de olor es el tratamiento biológico de las aguas residuales. El proceso dominante para el tratamiento de las aguas residuales en las instalaciones de fabricación de pasta mecánica es el proceso de lodos activados. Preferiblemente se suele usar un proceso en dos etapas, en la primera se suele aplicar oxígeno puro, seguido normalmente de una segunda etapa de aireación.

4.14.4.4. MTD EN LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN LA FABRICACIÓN DE LA PASTA MECÁNICA Y QUIMIOMECÁNICA

Ninguna de las MTDs seleccionadas por el GTT se ha elegido con el principal objetivo de reducir las emisiones de olor, como ocurría en el caso del proceso Kraft. Sí se señalan MTD para la reducción de las emisiones de COVs (no

se señala que estos COVs sean olorosos) que se basan en su **recolección y posterior tratamiento, por ejemplo la incineración en las calderas existentes en la planta**, que de aplicarse conllevaría reducción de las emisiones de olor si las hubiese.

#### 4.14.5. Procesamiento del papel reciclado

##### 4.14.5.1. PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADOS

Los sistemas de transformación de papel recuperado varían en función de la clase de papel que se desea producir (por ejemplo, papel de embalaje, papel de periódico, "testliner" o papel de seda), y del tipo de composición utilizado. En general, los procesos de reciclado de fibra pueden dividirse en dos categorías principales:

- **Procesos con limpieza exclusivamente mecánica**, es decir, sin destintado. Comprenden productos como el papel para caras con revestimiento kraft conocido como "testliner", papel para ondular, cartón para embalajes y cartón para envases de consumo.
- **Procesos con fase mecánica y fase química**, es decir, con destintado. Comprenden productos como el papel de periódico, el papel de seda, el papel de impresión y copia, el papel para revistas (supercalandrado o estucado de bajo gramaje), algunas clases de cartón para envases o pasta destintada comercial.

##### 4.14.5.2. EMISIONES DE OLOR EN LAS INSTALACIONES DE RECICLADO DE PAPEL

En el documento sólo se señala a la depuración de aguas residuales como el proceso capaz de producir problemas de olor. No se ha identificado ninguna MTD debido a que se trata de problemas locales.

Especialmente en el caso de circuitos de agua cerrados con un consumo por debajo de los 4 m<sup>3</sup>/t se pueden percibir en los alrededores olores relacionados con ácidos orgánicos volátiles y H<sub>2</sub>S. Aunque en las instalaciones de papel con circuitos de agua no cubiertos o poco cubiertos, también se pueden detectar problemas de olor. Estos son causados por un tiempo de retención muy largo del agua de proceso en las tuberías o en los depósitos de lodos en los que puede acumularse sulfuro de hidrógeno. Si esto es así, los problemas de olor pueden evitarse mediante la elección de las medidas ingenieriles correctas. La planta de tratamiento de aguas residuales de las instalaciones de papel reciclado también puede emitir cantidades apreciables de olor. Si el tratamiento de aguas residuales está bien diseñado y controlado, también se podrán evitar estas emisiones.

##### 4.14.5.3. TÉCNICAS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MTD

En la siguiente tabla se resumen las técnicas descritas en el documento:

Tabla 4.14.5.3.1. Resumen de las técnicas consideradas para la determinación de MTDs en el reciclado de papel.

Techniques to consider in the determination of BAT	Effects on the consumption and emission levels (cross-media effects)					
	Chemical consumption	Energy (E) & water (W) consumption	Emission to water	Emission to air	Solid waste	Applicability
5.3.1 Separation of less contaminated water from contaminated one and recycling	(↓)	↓	(↓)	0	0	All grades
5.3.2 Optimal water management (water loop arrangement) and water clarification	(↓)	↓	↓	0	(↓)	All grades
5.3.3 Reduction of fresh water consumption by strict separation of water loops	0	↓	(↓)	0	0	All grades
5.3.4 Closed water loop with in-line biological process water treatment	0	(↓)	↓	0	(↓)	"brown grades"
5.3.5 Anaerobic techniques as first stage of biological wastewater treatment	0	↓ E	↓	(↓)	↓	"brown grades"
5.3.6 Aerobic biological wastewater treatment	(↑)	↑ E	↓	0	↑	All grades
5.3.7 Upgrading of stock preparation plants with decreased energy consumption and emissions .)	0	(↓↑) depending on the concept chosen	0	0	(↓↑)	"brown grades"
5.3.8 Generation of clarified water for de-inking plants	(↑)	(↑)	(↓)	0	(↑)	de-inked grades
5.3.9 Co-generation of heat and power	0	↓	0	0	0	All grades
5.3.10 Reject and sludge handling and processing on-site (de-watering)	↑	(↑)	0	0	0	All grades
5.3.11 Environmentally sound residue utilisation and disposal	0	↓	(↓)	(↑)	↓	All grades
Example 1 Energetic utilisation of rejects from RCF mills without de-inking in in reject incineration plants	↑	(↓)	0	(↑)	↓	mainly "brown grades"
Example 2 Co-incineration of rejects from RCF mills without de-inking in coal-fired power plants	0	↓	0	(↑)	↓	mainly "brown grades"
Example 3: Incineration of residues (rejects and sludge) from DIP-plants combined with power and steam generation						mainly "white grades"
Notes: ↑ = increase; ↓ = decrease; 0 = no (or negligible) effect; (↑) or (↓) = low influence depending on the conditions						

Como se puede comprobar, no se hace ninguna referencia a las emisiones de olor en la descripción de ninguna de las técnicas, es más, sólo se lista una técnica que reduce las emisiones a la atmósfera. Esta técnica es la aplicación de tratamientos anaerobios como primeras etapas de tratamiento biológico de aguas residuales. Aunque se produce reducción de las emisiones a la atmósfera el principal beneficio medioambiental de esta técnica es la mayor degradación de la materia orgánica de la corriente con producción de biogas que puede ser quemado en una planta de cogeneración, suministrando energía tanto a la instalación de tratamiento de aguas residuales como a la fabricación de papel.

#### 4.14.5.4. MTD PARA LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN LAS INSTALACIONES DE PAPEL RECICLADO

En las MTDs descritas para las instalaciones de fabricación de papel basadas en papel reciclado no se cita ninguna técnica que tenga como beneficio una reducción de las emisiones de olor. Como ya se ha citado a lo largo del documento, las emisiones a la atmósfera proceden principalmente del consumo de combustibles para obtener energía. Estas emisiones son básicamente NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y polvo, pero no se indican emisiones de olor.

La única referencia que hay en este apartado a los olores producidos, es que si existen problemas locales de olor estos deben poder solucionarse mediante las medidas ingenieriles del proceso correctas. Si la mayor fuente de olor fuera la planta de tratamiento biológico de aguas residuales, **la MTD sería aplicar un buen diseño y un buen control a dicha planta.**

#### 4.14.6. Fabricación de papel y procesos conexos

##### 4.14.6.1. PROCESOS Y TÉCNICAS APLICADOS

Aunque existen una gran variedad de productos de papel y diferentes líneas de proceso en las instalaciones de fabricación de papel, todos los tipos de papel y cartón constan de las siguientes unidades básicas:

- Preparación de las materias primas.
- Seguimiento del flujo del sistema.
- Una maquina de papel o cartón consistente en:
  - Cabezal: introduce la suspensión de fibras en la cinta y crea una dispersión uniforme de fibras a lo largo y ancho de toda la cinta.
  - La sección de la cinta: drena el agua del papel hasta dejarlo con una concentración entre el 12 -20 % de sólidos.
  - Una sección de prensa: elimina más agua del papel mediante presión, hasta valores inferiores al 50 % de humedad.
  - Una sección de secado: elimina el resto de humedad por calor, mediante la acción de cilindros calientes entre los que se hace pasar la cinta con el papel.
  - Por último, un bobinador enrolla la tela del papel.
- Dependiendo del grado del papel que se requiera existen unidades de proceso adicionales, como calandrados, tratamientos de superficie, baños de color, devanado y zonas de rodillos.

Las instalaciones de fabricación de pasta que también fabriquen el papel, deben tener en cuenta las MTDs descritas en esta sección.

##### 4.14.6.2. EMISIONES DE OLOR EN LAS INSTALACIONES DE FABRICACIÓN DE PAPEL

Al igual que en las instalaciones de fabricación de pasta de papel reciclado, los problemas de olor que se presentan en las instalaciones de fabricación de papel están relacionadas con un tiempo de retención demasiado grande en el sistema de conducción del agua o depósitos con lodos desde los que se emiten ácidos orgánicos volátiles (ácidos grasos volátiles, principalmente acético y propiónico). Estos compuestos se formarían por la acción microbiana sobre las sustancias orgánicas (principalmente almidón) en condiciones anaerobias, que se pueden emitir durante la eliminación de la humedad del papel, durante el secado y durante el tratamiento del efluente. En menor cantidad, también se puede generar en condiciones anaerobias sulfuro de hidrógeno.

Al igual que ocurría con las pasta de papel reciclado, las emisiones de estos gases olorosos pueden evitarse mediante la elección correcta de las medidas ingenieriles de proceso.

Con referencia al resto de las emisiones a la atmósfera se indica que el principal problema de estas instalaciones radica en la emisión derivada del consumo de combustibles fósiles para la obtención de energía. En las instalaciones en las que se apliquen operaciones de acabado especiales como los baños de color o la preparación de papel con resinas o papel especial con aditivos orgánicos es posible que se emitan COVs con características olorosas, aunque se indica que es poco probable que puedan causar problemas de olor.

## 4.14.6.3. TÉCNICAS A TENER EN CUENTA EN LA DETERMINACIÓN DE LAS MTD

Al igual que en los apartados anteriores se recoge un resumen de las técnicas en la siguiente tabla.

Tabla 4.14.6.3.1. Resumen de las técnicas consideradas en la determinación de las MTDs en las instalaciones de fabricación de papel.

Techniques to consider in the determination of BAT	Effects on the consumption and emission levels (cross-media effects)					
	Chemical consumption	Energy (E) & water (W) consumption	Emission to water	Emission to air	Solid waste	Applicability
6.3.1 Water management and minimising water usage for different paper grades	(O)	(↓) E, (↓) W	↓	O	O	All grades
6.3.2 Control of potential disadvantage of closing up the water systems	↑	O	(↓)	O	O	All grades
6.3.3 In-line treatment of white water by use of membrane filtration	O	(↑) E, (↓) W	(↓)	O	O	All grades
6.3.4 Reduction of fibre and filler losses	↑	↓	↓	O	(↓)	All grades
6.3.5 Recovery and recycling of coating-colour containing effluent	(↓)	O	↓	O	↓	All coated grades
6.3.6 Separate pre-treatment of coating waste water	(↑)	O	↓	O	(↑)	All coated grades
6.3.7 Measure to reduce frequency and effects of accidental discharges	O	O	(↓)	O	O	All grades
6.3.8 Measurement and automation	(↓)	↓	↓	O	O	All grades
6.3.9 Equalisation basin and primary waste water treatment	O	O	↓	O	O	All grades
6.3.10 Aerobic biological treatment	(↑)	↑ E	↓	O	↑	Most grades
6.3.11 Chemical precipitation	↑	(↑) E	↓	O	↑	All grades
6.3.12 Substitution of potentially harmful substances	O	O	↓	O	(↓) harmfulness	All grades
6.3.13 Pre-treatment of sludge	(↑)	(↑) E	O	O	↓ volume	All grades
6.3.14 Options for waste treatment	not applicable	not applicable	not applicable	not applicable	not applicable	All grades
6.3.15 Installation of low NOx technology in auxiliary boilers	O	O	O	↓	O	All grades
6.3.16 Use of combined heat and power generation	O	↓ E	O	↓	O	All grades
6.3.17 Optimisation of de-watering in the press section of the paper machine	O	↓ E	O	O	O	All grades
6.3.18 Energy savings through energy efficient technologies	O	↓ E	O	O	O	All grades
6.3.19 Measures for external noise control	O	O	O	↓	O	All grades
Notes: The positive and negative side effects are also given. ↑ = increase; ↓ = decrease; O = no (or negligible) effect; (↑) or (↓) = low influence depending on the conditions;						

Como puede observarse, ninguna de las técnicas consideradas señala una reducción de las emisiones de olor. En la columna de emisiones al aire se señalan dos técnicas que comportan una reducción de las mismas, pero todas van dirigidas a la reducción de los productos de combustión en los procesos de obtención de energía.

## 4.14.6.4. MTD EN LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE OLOR EN LAS INSTALACIONES DE FABRICACIÓN DE PAPEL

En el documento no se señala ninguna técnica que esté dirigida a la reducción de olores. Todas las técnicas indicadas tienen como principal objetivo la reducción de las emisiones procedentes del consumo de combustibles fósiles para la obtención de energía necesaria para el correcto funcionamiento de la planta.

## 4.15. INDUSTRIA DE LA FABRICACION DEL CEMENTO Y DE LA CAL

### 4.15.1. Ámbito de aplicación

El presente documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles en los sectores de fabricación de cemento y cal refleja el intercambio de información que se ha llevado a cabo con arreglo al apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 96/61/CE del Consejo.

El documento BREF cubre los principales procesos que tienen lugar en la fabricación de cemento y de cal. Estos procesos son:

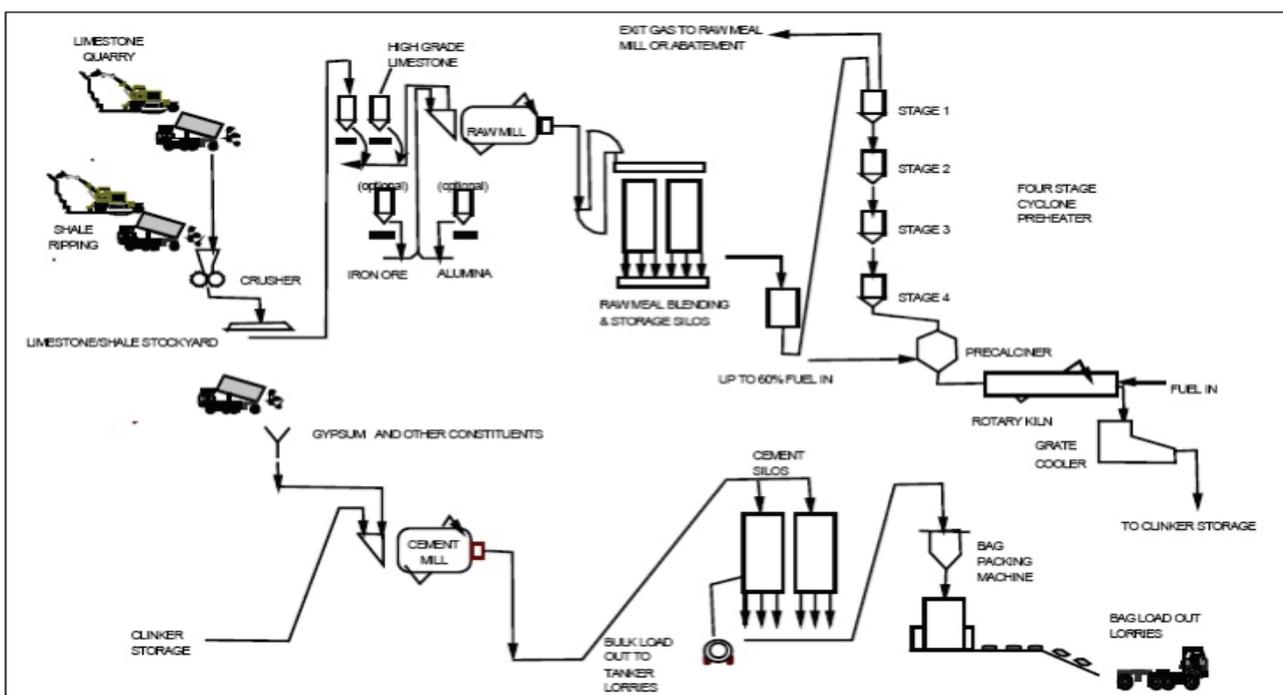
- Preparación y almacenamiento de materias primas
- Preparación y almacenamiento del combustible
- Sistemas de calcinamiento (hornos)
- Preparación y almacenamiento de los productos
- Empaquetado y envío de los productos

La extracción del mineral y los hornos de eje para la producción del cemento clinker, no están cubiertos en este documento.

### 4.15.2. Industria del cemento

Las etapas en la fabricación del cemento nombradas en el apartado anterior se han recogido en el siguiente esquema de la producción de cemento, que engloba desde la extracción del mineral en la cantera hasta la obtención del producto empaquetado final.

Figura 4.15.2.1. Línea de proceso típica de obtención de cemento por la vía seca.



#### 4.15.2.1. EMISIONES DE OLOR EN LAS INDUSTRIA DEL CEMENTO

Las principales emisiones a la atmósfera de la industria del cemento son el polvo junto con los gases  $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_x$ , productos de combustión. En la lista de contaminantes también se incluyen el monóxido de carbono y algunos COVs, así como PCDD/Fs, metales y sus compuestos, HF y HCl.

Raramente las emisiones de olor suponen un problema en la industria del cemento si la planta opera en las condiciones correctas. Si las materias primas contienen compuestos combustibles (querógenos) que no se queman cuando el alimento se calienta en el precalentador, pero sí llegan a pirolizarse, pueden emitirse hidrocarburos. Estas emisiones pueden verse por encima de la chimenea como una pluma azul que puede causar olores molestos en las cercanías de la planta de cemento, si las condiciones meteorológicas no son favorables.

Al quemar combustibles que contengan azufre y/o se usen materias primas que también lo contengan, pueden darse también emisiones de olor (este problema se da especialmente en los hornos de eje).

#### 4.15.2.2. TÉCNICAS A CONSIDERAR EN LA DETERMINACIÓN DE LOS MTD

Los olores desagradables causados por las emisiones del hidrocarburo se pueden evitar por la post-combustión, uso de un filtro de carbón activo o alimentando de una forma fiable la materia prima a la parte más caliente del horno.

Si el olor es causado por compuestos de azufre, un cambio en el combustible y/o en las materias primas podría ser una solución. En el documento se recogen algunas técnicas dedicadas al control de las emisiones de  $\text{SO}_2$ , que también estarían aconsejadas en la reducción de emisiones de olor causadas por este tipo de compuestos. Estas técnicas son:

- Adición de sustancias absorbentes a las materias primas, como  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ó  $\text{CaO}$ .
- Scrubber secos y húmedos
- Etapa de adsorción en carbón activo de los gases de salida.

#### 4.15.2.3. MTD PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE OLOR EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

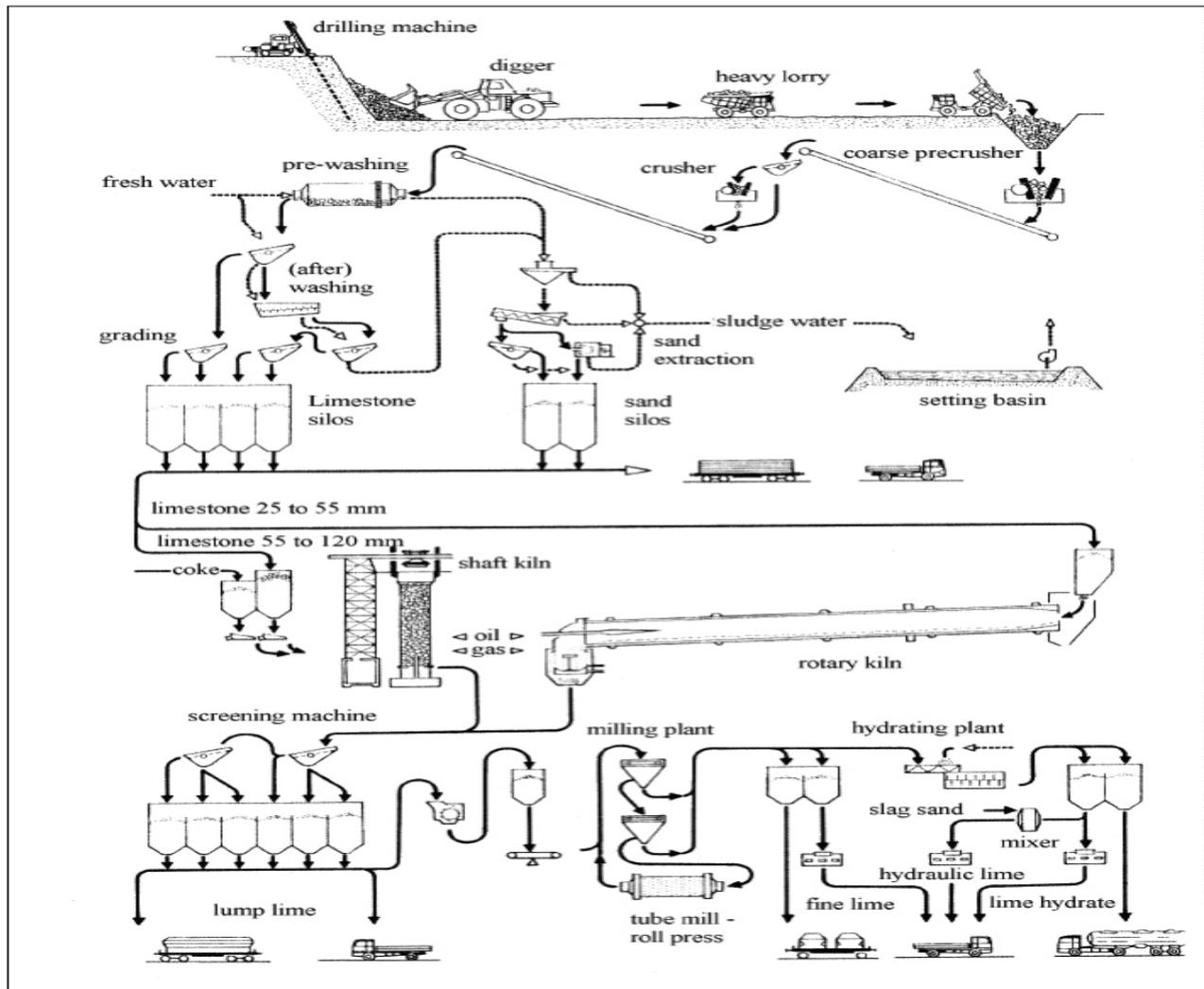
Como ya se ha comentado es muy raro que se produzcan emisiones de olor en las fábricas de cemento, quizás por ello a la hora de la elección de las MTD no se ha especificado ninguna para reducir los posibles problemas de olor. Sin embargo, de las que sí se han tenido en cuenta para mejorar otros aspectos, se van a señalar las que tendrían un efecto positivo en la reducción de olores si estos llegaran a emitirse:

- Selección del tipo de proceso. Para las nuevas plantas o grandes reformas, se considera MTD la **producción de cemento clinker mediante un proceso seco con precalentamiento multietapa y precalciniamiento**. La aplicación de este tipo de proceso afecta sobre todo al consumo de energía y las emisiones de aire de la planta.
- Medidas generales básicas. Una **buena elección de las materias primas y combustibles**, seleccionando los de menor contenido en azufre, nitrógeno, cloro, metales y COVs; se considera MTD en la reducción de las emisiones gaseosas, y por tanto, también para la reducción de olores.
- Por último, si las emisiones de los óxidos de azufre están por encima de  $1200 \text{ mg/m}^3$ , es MTD la **implantación de scrubbers, tanto húmedos como secos** para tratar los gases de combustión. La implementación de esta técnica disminuiría las emisiones de olor si existieran.

### 4.15.3. La industria de la cal

El proceso de producción de cal es muy parecido a la producción de cemento:

Figura 4.15.3.1. Esquema de la producción de cal.



Las operaciones básicas llevadas a cabo en la obtención de este material son los siguientes:

- Extracción de la caliza
- Preparación y almacenamiento del combustible
- Calcinación de la caliza
- Procesado de la cal viva
- Hidratación y/o acabado de la cal viva
- Preparación, almacenamiento y transporte del producto.

A diferencia con la producción de cemento, en la producción de cal no suele realizarse la etapa de precalentamiento.

#### 4.15.3.1. EMISIONES DE OLOR EN LA INDUSTRIA DE LA CAL.

Las emisiones a la atmósfera incluyen los óxidos del nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos del carbono (CO, CO<sub>2</sub>) y el polvo. Las emisiones dependen del diseño del horno, de las condiciones de funcionamiento, del combustible usado y la calidad de la piedra caliza. El nivel de la emisión del dióxido de carbono se relaciona tanto con la combustión como con los productos de reacción.

En este caso no se recoge en el documento BREF ninguna referencia a problemas de olor, aunque sí especifica que pueden producirse emisiones de COVs durante cortos periodos de arranque de los hornos o en condiciones de operación anormales. Estas situaciones suelen ocurrir entre 1 y 10 veces al año para los hornos rotatorios, y una vez cada 10 años en hornos de eje. También pueden emitirse COVs, en este caso continuamente, si el mineral utilizado como materia prima (la piedra caliza) contiene material orgánico. Según lo expuesto en el caso de la industria del cemento, estas podrían ser emisiones causantes de olor.

#### 4.15.3.2. MTD PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE OLOR EN LA FABRICACIÓN DE LA CAL

De lo expuesto en el apartado anterior, sólo la **correcta elección de las materias primas (tanto caliza como combustible)**, sería MTD de las elegidas por el GTT (Grupo Técnico de Trabajo) y recogidas en el documento BREF.

### 4.16. INDUSTRIA CLORO-SOSA

#### 4.16.1. Ámbito de aplicación

Este documento cubre las actividades industriales especificadas en la Secciones 4.2 del Anexo 1 de la Directiva 96/61/CE, a saber:

*4.2. Instalaciones químicas para la producción de compuestos químicos inorgánicos de base:*

- a) Cloro
- b) Hidróxido de sodio e hidróxido de potasio

Los procesos incluidos en la producción de cloro y sosa por electrólisis de la salmuera son:

- Descarga y almacenamiento de la sal
- Purificación y restauración de la salmuera
- Los diferentes procesos electrolíticos
- Procesos ingenieriles de concentración de la solución de sosa, purificación, almacenamiento y carga.
- Los procesos ingenieriles de enfriamiento del cloro, secado, purificación y licuefacción antes de ser almacenado y cargado
- Los procesos ingenieriles del enfriamiento del hidrógeno, purificación y compresión antes del almacenamiento y la carga.

#### 4.16.2. La industria del cloro-sosa

La industria de los cloro-sosas es la que produce cloro (Cl<sub>2</sub>) y álcalis (hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH)) por electrólisis de una solución salina. Las principales tecnologías que se aplican en la producción de cloro-

sosa son la electrólisis en pilas de mercurio, pilas de diafragma y pilas de membrana, utilizando principalmente cloruro de sodio (NaCl) como material de alimentación o, en menor medida, cloruro de potasio (KCl) para la producción de hidróxido de potasio.

El cloro se utiliza mucho en la síntesis de compuestos orgánicos clorados. El VCM (cloruro de monovinilo) para la síntesis de PVC (cloruro de polivinilo) sigue siendo el principal impulsor de la producción de cloroálcalis en casi todos los países europeos. El cloro es difícil de almacenar y transportar y, por lo tanto, suele producirse cerca de sus consumidores. Más del 85% del cloro que produce la UE se utiliza en otros procesos químicos de la misma instalación o de fábricas adyacentes.

El hidróxido de sodio suele suministrarse en forma de solución acuosa al 50% y puede almacenarse durante largos períodos y transportarse fácilmente (por ferrocarril, carretera o barco). Actualmente, las principales áreas de aplicación del hidróxido de sodio son:

- productos químicos: síntesis de compuestos orgánicos e inorgánicos,
- industrias metalúrgicas, fabricación de alúmina o aluminio,
- industrias papeleras,
- industrias textiles,
- jabones, agentes tensioactivos,
- tratamiento de aguas,
- productos de consumo.

#### 4.16.3. Emisiones de olor en la industria cloro-sosa

Los principales contaminantes que son comunes a los tres procesos electrolíticos son las emisiones de cloro gaseoso a la atmósfera, de oxidantes libres a las aguas, de ácidos usados, de agentes refrigerantes y de las impurezas eliminadas de la sal o salmuera agotada.

El contaminante más problemático que produce la industria cloro-sosa es el mercurio, que es específico de la tecnología basada en la pila de mercurio. Debido a las características del proceso, el mercurio puede liberarse a la atmósfera, a las aguas, en forma de residuos o en los propios productos.

Otro contaminante atmosférico que se produce en la industria cloro-sosa es el  $\text{CO}_2$ , producido en el compartimento catódico. También pueden ocurrir emisiones fugitivas de tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ), que se utiliza en la industria como refrigerante y/o en la purificación de la salmuera, y de  $\text{Cl}_2$  gaseoso.

De los contaminantes atmosféricos señalados, sólo el  $\text{Cl}_2$ , por sus características físico-químicas, podría presentar problemas de olor. Debido a que el  $\text{Cl}_2$  es un gas peligroso (altamente inflamable), se intenta evitar que este fugue desde las células electrolíticas. Sin embargo, se pueden emitir pequeñas cantidades de  $\text{Cl}_2$  debido al mantenimiento de las cubiertas de las células electrolíticas. Normalmente suelen instalarse suficientes detectores de  $\text{Cl}_2$  gas en la zona de electrólisis, dando inmediatamente la indicación de un posible escape. La concentración de  $\text{Cl}_2$  en esta zona puede llegar a estar por debajo del límite de detección de olor si se trabaja con presión negativa. Se estima que estas fugas oscilan entre cero y 16 g / tonelada de  $\text{Cl}_2$  producido.

Para evitar que estas fugas, junto con la de otros contaminantes lleguen a la atmósfera, la planta de producción de cloro-sosa suele disponer de una unidad de destrucción de  $\text{Cl}_2$ , basada en el principio de absorción en  $\text{H}_2\text{O}$ .

Además de la sala de electrólisis, también se pueden producir emisiones de  $\text{Cl}_2$  en los siguientes procesos que tienen lugar en la instalación:

- *Emisión de los gases no condensables que permanecen después de la licuefacción.* El contenido en cloro de la fracción no condensable puede oscilar entre 1-8 % (el resto son  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{CO}_2$ ). Esta fracción se conduce

- directamente hasta la unidad de destrucción de cloro, en donde quedan absorbidos en el agua.
- *Emisión durante el enfriamiento del Cl<sub>2</sub> gas.* Durante la condensación de agua en el seno del Cl<sub>2</sub> gas, el condensado queda saturado en Cl<sub>2</sub>. Normalmente la separación del Cl<sub>2</sub> del condensado se realiza haciendo pasar esta corriente a través de una torre empaquetada con vapor y/o con aire. Para conseguir una alta eficiencia en la separación se añade a la columna ácido hidroclicórico. El vapor que abandona la columna, y que contiene cloro, se realimenta a la corriente pura de Cl<sub>2</sub> gas, o bien se envía a la unidad de destrucción.
  - *Emisiones desde la unidad de destrucción de Cl<sub>2</sub>.* Estas unidades se basan en la producción de lejía o ácido hidroclicórico que luego suele venderse. En ocasiones la unidad de destrucción recibe una gran cantidad de Cl<sub>2</sub> y la lejía producida no cumple con las especificaciones comerciales, en ese caso se descarga a la corriente de aguas residuales y se trata como tal.
  - *Emisiones durante el almacenamiento y la carga.* Estas emisiones suelen producirse durante la ventilación con aire en la carga y descarga de los tanques y durante los venteos de emergencia. La práctica más habitual es recoger estos gases y conducirlos hasta la unidad de destrucción.

#### 4.16.4. MTD para la reducción de las emisiones de olor en la industria del cloro-álcali

De lo expuesto en el apartado anterior, parece lógico pensar que las emisiones de Cl<sub>2</sub> gaseoso de una planta de producción cloro-sosa, operando en condiciones normales, no son tan importantes como para crear problemas de olor en los alrededores.

Para conseguir la minimización de estas emisiones, el Grupo Técnico de Trabajo (GTT) ha elegido como MTD la implantación de una **unidad de destrucción de Cl<sub>2</sub>** basada en la producción de lejía o ácido hidroclicórico.

### 4.17. EMISIONES GENERADAS POR EL ALMACENAMIENTO

#### 4.17.1. Ámbito de aplicación

El problema de las «emisiones generadas por el almacenamiento de materiales a granel o materias peligrosas» se considera una cuestión horizontal para todas las actividades descritas en el Anexo I de la Directiva IPPC. Esto significa que el documento se refiere al almacenamiento, transporte y manipulación de líquidos, gases licuados y sólidos, independientemente del sector o industria de que se trate. Aborda las emisiones al aire, suelo y agua, pero se da prioridad sobre todo a las emisiones atmosféricas. La información sobre las emisiones atmosféricas generadas por el almacenamiento y manipulación/transporte de sólidos se centra en el polvo.

#### 4.17.2. Información recogida en el documento

En el documento se describen las técnicas que se utilizan en el almacenamiento, transporte y manipulación de líquidos, gases licuados y sólidos. En primer lugar se resumen los temas relacionados con los líquidos y los gases licuados que son los que pueden presentar mayores problemas de olor.

- *Líquidos y gases licuados*

En lo que se refiere a los líquidos y los gases licuados se describen las formas de almacenamiento siguientes:

- tanques de techo abierto
- tanques de techo flotante externo
- tanques de techo fijo (verticales)
- tanques horizontales de superficie (atmosféricos)
- tanques horizontales (a presión)
- tanques verticales (a presión)
- tanques esféricos (a presión)
- tanques cubiertos de tierra (a presión)
- tanques de techo levadizo (espacio de vapor variable)
- tanques refrigerados
- tanques horizontales subterráneos
- contenedores y almacenamiento de contenedores
- estanques y balsas
- cavidades excavadas a presión atmosférica.
- cavidades excavadas a presión.
- cavidades salinas lixiviadas
- almacenamiento flotante.

Respecto a los tanques y otras formas de almacenamiento se abordan asimismo aspectos tales como las chimeneas de ventilación; las escotillas de arqueo, de toma de muestras y de acceso; los pozos fijos y las guías; los drenajes; los elementos de estanqueidad y las válvulas, y cuestiones comunes, además de cuestiones como diseño, puesta en marcha y clausura, consideraciones económicas, gestión y funcionamiento.

En relación con el transporte y manipulación de líquidos y gases licuados, se describen elementos tales como chimeneas de ventilación, drenajes, elementos de estanqueidad y dispositivos de alivio de presión, así como las siguientes técnicas u operaciones:

- sistemas de transporte por tuberías de superficie abiertas o cerradas
- sistemas de transporte por tuberías subterráneas
- carga y descarga de los dispositivos de transporte
- flujo por gravedad
- bombas y compresores
- gases inertes
- bridas y juntas
- válvulas y empalmes.

Para cada forma de almacenamiento y cada operación de transporte y manipulación, se enumeran las actividades siguientes: llenado, vaciado, aireación, limpieza, drenaje, raspado, purga, conexión/desconexión y eventuales sucesos/incidentes, como sobrellenado y fugas, que podrían dar lugar a emisiones. Esto constituye la base para describir las posibles emisiones por formas de almacenamiento y actividades. En concreto, se seleccionan las fuentes de emisiones generadas por las diversas formas de almacenamiento y las operaciones de transporte y manipulación para su análisis posterior, utilizando una matriz de riesgos. En este método se aplica un sistema de puntuación, en el que los puntos de las emisiones generadas por fuentes operativas se calculan multiplicando la frecuencia de las emisiones por el volumen de las emisiones correspondientes a cada forma de almacenamiento y a cada operación de transporte y manipulación. Se consideran relevantes todas las fuentes potenciales de emisión con 3 o más puntos. Este es el baremo que se utiliza en el documento para decidir cuales de las técnicas nombradas deben considerarse en la determinación de las MTD, y cuales no.

En el documento también se proporciona una metodología general para evaluar las técnicas aplicables a los tanques en casos específicos (productos, emplazamiento y tanques de almacenamiento específicos) y se recogen una serie de estudios de casos. También las técnicas que tienen incidencia en las emisiones potenciales de los tanques debidas a accidentes, así como las técnicas de almacenamiento para los materiales peligrosos embalados.

En especial relación con las emisiones de olor también se analizan las técnicas de almacenamiento en estanques y balsas, que se utilizan comúnmente en la industria para contener agua de refrigeración, agua para extinción de incendios y aguas residuales tratadas o no tratadas.

#### 4.17.3. MTD en la reducción de emisiones generadas en el almacenamiento

Las MTD recogidas en el documento para el almacenamiento de líquidos y gases licuados (también recoge las MTD en almacenamiento de sólidos, pero al no producir éstas emisiones de olor no se tendrán en cuenta en el presente resumen) están dirigidas a la reducción de las emisiones de las sustancias almacenadas, por tanto si la sustancia es olorosa ésta también será una MTD para la reducción de olor.

En primer lugar se ha realizado un resumen que recoge las MTD generales aplicables a todos los tipos de almacenamiento, y a continuación las que, según la información recogida en el documento, pueden tener mayor repercusión en la reducción de las emisiones de olor.

- **MTD generales**

Los principios generales para prevenir y reducir las emisiones son:

- **Diseño del tanque.** En esta etapa deben tenerse en cuenta aspectos del diseño que van desde las propiedades físico-químicas de las sustancias a almacenar hasta las necesidades de control, accesorios, alarmas acceso, alarmas y protecciones.
- **Inspección y mantenimiento.** Aplicar rutinas de inspección
- **Ubicación y disposición.** En relación con los problemas de olor la ubicación del tanque debe realizarse para minimizar el impacto en las posibles zonas residenciales (lo más lejos posible y teniendo en cuenta la dirección del viento).
- **Color del tanque.** La MTD es aplicar un color al tanque con una reflectividad térmica o lumínica de al menos un 70 %, o un protector solar en los tanques que almacenen sustancias volátiles.
- **Principio de minimización de emisiones en el almacenamiento en tanques**
- **Seguimiento de los COV.** En lugares en los que se espera que pueda haber emisiones de COV la MTD es incluir cálculos de las emisiones de COV regularmente.
- **Sistemas especializados**

- **MTD en los sistemas de almacenamiento con posible repercusión en la reducción de olores**

##### **Tanques de techo abierto**

Este tipo de tanques se usa en el almacenamiento de estiércol en las instalaciones agrícolas, así como agua u otros líquidos inflamables y no volátiles en instalaciones industriales.

Si ocurrieran emisiones al aire, **la MTD es cubrir el tanque mediante:**

- **Un techo flotante**
- **Un techo flexible**
- **Un techo fijo.**

Adicionalmente, en el caso de un tanque abierto con cubierta, se puede agregar una instalación del tratamiento del vapor, según las propiedades de las sustancias almacenadas.

### **Tanques exteriores de techo flotante externo**

Se usan sobre todo para el almacenamiento de petróleo, aceites o fuel-oil. Con la instalación de **sellos primarios de líquido y sellos secundarios en la corona** en un tanque de techo flotante, se consiguen reducir las emisiones hasta en un 99,5 % en comparación con un tanque de lecho fijo sin ningún tipo de medidas.

#### • MTD en balsas y estanques

Como ya se ha recogido en alguna ocasión a lo largo del presente resumen, el sistema de almacenamiento en estanques y lagunas se usa para el almacenamiento de estiércol en algunas instalaciones agrícolas, así como agua u otros líquidos inflamables y no volátiles en instalaciones industriales.

En los lugares en los que se producen dichas emisiones en las condiciones normales de operación, (por ejemplo en el almacenamiento de estiércol de cerdo), **la MTD es cubrir la laguna con una de las siguientes opciones:**

- **Cubierta de plástico**
- **Cubierta flotante**
- **Sólo en lagunas pequeñas, una cubierta fija.**

Además, en los **lugares con una cubierta fija**, también **se considera MTD** la aplicación de uno de **los siguientes sistemas** de tratamiento de vapores resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 4.17.3.1. Resumen de sistemas de tratamiento de vapores emitidos desde tanques de almacenamiento

Recovery operation and processes for VOCs	Range of VOC stream concentration considered applicable by volume	Range of VOC stream concentration considered applicable by mass	Range of VOC stream flow considered applicable Nm <sup>3</sup> /h	Investment Cost EUR/m <sup>3</sup> /h
Selective membrane separation	Up to 90 %	<i>Up to 2700 g/m<sup>3</sup></i> <i>1)</i>	Dependent on membrane area, but up to 3000 reported	300 (for 200 m <sup>3</sup> /h system)
Conventional condensation	more or less saturated	± 1200 g/m <sup>3</sup>	100 to 100000	5
Cryogenic condensation	Not given	Not given	Up to 5000	500
Adsorption	Up to 25 % Lower Explosive Limit (LEL)	<i>Up to 12 g/m<sup>3</sup></i> <i>1)</i>	100 to 100000	240 (including regeneration system)
Absorption (Scrubbing)	Not given	Not given	50 to 500000	7 to 37 for packed bed (highest cost system)
Straight thermal oxidation	Up to 25 % Lower Explosive Limit (LEL)	<i>Up to 12 g/m<sup>3</sup></i> <i>1)</i>	900 to 86000	3 to 65
Flare	0 to 100 % LEL with safety engineering	<i>Up to 50 g/m<sup>3</sup></i> <i>1)</i>	Up to 1800000	9 to 625 for elevated flare

*Note 1): data in italics are derived from the figures in the CWW BREF using a value for gasoline vapour density of 3 kg/m<sup>3</sup>*

En el documento de referencia no se tratan temas como el almacenamiento en montones, muy común en el caso de estiércol, residuos para tratamiento o almacenamiento de materias primas en distintas industrias. Dicha información se recogerá en el resumen de olor de los BREF correspondientes.

## **4.18. SISTEMAS COMUNES DE TRATAMIENTO/GESTIÓN DE AGUAS Y GASES RESIDUALES EN EL SECTOR QUÍMICO**

### **4.18.1. Ámbito de aplicación**

Este Resumen de olor se basa en la información recogida en el Documento de Referencia (BREF) sobre MTD, titulado “Sistemas Comunes de Tratamiento / Gestión de Aguas y Gases Residuales en el Sector Químico”, que cubre todo el sector químico, y está previsto como apoyo y guía para las autoridades reguladoras a la hora de decidir sobre la concesión de un permiso relativo a emisiones acuosas y/o gaseosas de instalaciones químicas.

Forma parte de una serie de BREF relativos a la industria química, que están diseñados para ser leídos conjuntamente con los relativos a las siguientes sectores:

- Fabricación de Cloro-Álcali
- Compuestos Orgánicos de Gran Volumen de Producción (LVOC)
- Compuestos Inorgánicos de Gran Volumen de Producción (LVIC)
- Polímeros
- Compuestos Orgánicos de Química fina (OFC)
- Compuestos Inorgánicos Especiales (SIC)

Y los BREF horizontales

- Sistemas de Refrigeración Industrial
- Emisiones del Almacenaje de Materias en Gran Volumen o Peligrosas
- Sistemas de Monitorización
- Aspectos Económicos y Efectos sobre Otros Medios.

La presente BREF también puede resultar relevante para el sector de las refinerías.

Dado que hay numerosas opciones para el tratamiento de aguas y/o gases residuales en la industria química, este documento debe limitarse a las técnicas que tienen un uso más extensivo o son aplicables en el sector. Incluso con esta restricción, el BREF puede tratar sólo algunas de las técnicas empleadas. Eso significa que los métodos de tratamiento aplicados sólo en un complejo y/o diseñados sólo para un proceso de producción especial no se cubren en este documento, entran en el ámbito de los correspondientes documentos verticales. Por otra parte, las técnicas de tratamiento que no han sido utilizadas en la industria química, pero que se utilizan con éxito en otros sectores, se cubren cuando se considera que pueden tener aplicación útil.

Las técnicas integradas en el proceso se tratan en este documento cuando pueden usarse en varios procesos, o cuando su aplicación se acepta de forma general. Normalmente, los aspectos específicos de un complejo o proceso en relación con el tratamiento de aguas / gases residuales no se cubren aquí, sino que se abordan de forma general, explicando cómo tratar condiciones específicas.

Otro tema principal en este Documento de Referencia es la gestión de aguas y gases residuales como parte de la gestión operativa. Gestión significa la adaptación de condiciones locales (como datos concretos de producción, le-

gislación, situación ambiental local, disponibilidad y calidad de materias primas y/o auxiliares y aspectos de clima) al funcionamiento económico y ecológicamente eficiente de un complejo industrial en su conjunto. La tarea del documento en este sentido es describir el enfoque, o los enfoques a la toma de decisiones de gestión para minimizar el impacto ambiental total de las emisiones de aguas y gases residuales.

Dado que hay complejos que están equipados con instalaciones de tratamiento apropiadas para lodos de aguas residuales, su tratamiento se aborda también en este documento. El tratamiento de residuos, aparte del lodo de aguas residuales, cae dentro del ámbito de otros documentos verticales para otros sectores del Anexo 1 de la Directiva.

Así, el ámbito de este Documento de Referencia horizontal comprende:

- La presentación de la gestión ambiental en relación con aguas y gases residuales, y cómo aplicarla a un complejo del modo más ventajoso para el medio ambiente.
- La descripción de medidas integradas en el proceso generalmente aplicables (es decir, aplicables con un objetivo idéntico en distintos procesos de producción).
- La descripción de técnicas de tratamiento aplicadas a las aguas y gases residuales en cuanto a su impacto sobre el medio ambiente, sus eficacias de tratamiento, sus limitaciones y ventajas, y sus costes.
- La descripción de técnicas de tratamiento para lodos de aguas residuales, en la medida en que se utilizan en complejos químicos.
- En base a la información arriba indicada, la descripción de esquemas con opciones para asegurar que las técnicas de tratamiento de aguas y gases residuales y/o combinaciones de las mismas contribuyan a la aplicación de las MTD a un complejo químico en su conjunto.

#### 4.18.2. Gestión de aguas/gases residuales

La gestión ambiental es una estrategia para abordar las emisiones de residuos (o su prevención) de las actividades de la industria (química), teniendo en cuenta las condiciones locales, mejorando con ello el comportamiento integral de un complejo químico. Permite a las empresas:

- Mejorar la comprensión de los mecanismos de generación de contaminación de los procesos de producción.
- Tomar decisiones equilibradas acerca de medidas medioambientales.
- Evitar soluciones temporales e inversiones sin rendimiento.
- Actuar de forma adecuada y pro-activa con respecto a los nuevos avances medioambientales.

Un sistema de gestión ambiental sigue normalmente un proceso de ciclo continuo, con los distintos pasos apoyados por una serie de instrumentos de gestión e ingeniería, que pueden clasificarse ampliamente como sigue:

- Instrumentos de inventario que proporcionan, como punto de partida, información detallada y transparente para las decisiones necesarias sobre prevención, minimización y control de residuos: Entre ellos se incluyen:
  - Inventario del complejo, que proporciona información detallada sobre el complejo, los procesos de producción y las plantas correspondientes, el sistema de alcantarillado existente, etc.
  - Inventario de corrientes (aguas residuales y gases residuales), que da información detallada sobre las corrientes residuales (cantidad, contenido de contaminantes, variabilidad, etc.), sus fuentes, cuantificación, evaluación y validación de las causas de emisiones, y que finaliza en un ranking de las distintas corrientes para identificar opciones, y un listado de prioridades para mejoras futuras. La evaluación global de efluentes y la evaluación de la reducción de

consumo de agua y de las descargas de aguas residuales son también partes del inventario de corrientes.

- Análisis de flujo de materia y de energía, que intenta mejorar la eficiencia operativa de los procesos (por lo que respecta a consumo de energía, materias primas, emisión de residuos).
- Instrumentos operativos para convertir las decisiones de gestión en acciones. Incluyen:
  - Monitorización y mantenimiento regular.
  - Establecimiento y revisión regular de objetivos o programas internos para una mejora ambiental continua.
  - Elección de opciones de tratamiento y sistemas de recogida, en base, por ejemplo, a los instrumentos de inventario y su aplicación.
  - Métodos de control de calidad, utilizados para dar solución a problemas como cuando un proceso de tratamiento existente se descontrola o no puede alcanzar los requisitos fijados. Entre estos métodos se incluyen, por ejemplo, diagramas de causa-efecto, análisis de Pareto, diagramas de flujo o controles estadísticos de procesos.
- Instrumentos estratégicos, que incluyen la organización y operación de la manipulación de residuos en todo el complejo químico de forma integrada, evaluando las opciones ambientales y económicas. Entre ellos se incluyen:
  - Evaluación de riesgos como metodología común para calcular el riesgo humano y ecológico derivado de las actividades de los procesos de producción.
  - Establecimiento de referencias como proceso de comparación de los logros de una planta o complejo con los de otros.
  - Evaluación del ciclo de vida como proceso de comparación de los posibles efectos medioambientales de distintos modos de operación.
- Instrumentos de seguridad y de emergencia, necesarios en caso de episodios imprevistos como accidentes, incendios o vertidos.

#### 4.18.3. Técnicas de tratamiento

Las técnicas identificadas por el Grupo de Trabajo Técnico y descritas en el documento BREF son comunes en el sector químico en su conjunto. Se presentan en un orden lógico, que sigue el recorrido de los contaminantes.

Las técnicas descritas para el tratamiento de **AGUAS RESIDUALES** pueden agruparse como sigue:

- **Técnicas de separación o clarificación**, que se utilizan principalmente en combinación con otras operaciones, bien como primer paso (para proteger otras instalaciones de tratamiento contra daños, obstrucciones o ensuciamiento por sólidos) o un paso de clarificación final (para eliminar los sólidos o el aceite formado durante una operación de tratamiento anterior). Las técnicas evaluadas en el BREF son:
  - Separación de arena
  - Sedimentación
  - Flotación por aire
  - Filtración
  - Microfiltración / ultrafiltración
  - Separación de aceite-agua

- **Técnicas de tratamiento fisicoquímico para aguas residuales no biodegradables**, utilizadas principalmente para contaminantes inorgánicos u orgánicos poco biodegradables (o inhibitorios), a menudo como tratamiento previo corriente arriba de una planta biológica (central) de tratamiento de aguas residuales. En este caso la lista de técnicas estudiadas es:

- Precipitación / sedimentación / filtración
- Cristalización
- Oxidación química
- Oxidación con aire húmedo
- Oxidación con agua supercrítica
- Reducción química
- Hidrólisis
- Nanofiltración / ósmosis inversa
- Adsorción
- Intercambio iónico
- Extracción
- Destilación / rectificación
- Evaporación
- Desorción
- Incineración

- **Técnicas de tratamiento biológico para aguas residuales biodegradables**. Los procesos biológicos tratados son:

- Procesos de digestión anaerobia, como proceso de contacto anaerobio, proceso UASB, proceso de lecho fijo, proceso de lecho expandido, eliminación biológica de compuestos de azufre y metales pesados.
- Procesos de digestión aerobia, como proceso de lodo activado con mezcla completa, proceso de biorreactor de membrana, proceso de filtro de goteo, proceso de lecho expandido, proceso de lecho fijo con biofiltro.
- Nitrificación / desnitrificación.
- Tratamiento biológico central de aguas residuales.

En el caso del tratamiento de **LODOS DE AGUAS RESIDUALES** las técnicas descritas pueden considerarse como opciones simples o como una combinación de opciones. No obstante, la disponibilidad (o no disponibilidad) de una vía de evacuación de lodos puede ser una fuerte motivación, al menos a nivel local, en la elección de una técnica apropiada de control de aguas residuales. Las técnicas descritas de tratamiento de lodos de aguas residuales son:

- Operaciones preliminares
- Operaciones de espesamiento de lodos
- Estabilización de lodos
- Acondicionamiento de lodos
- Técnicas de deshidratación de lodos
- Operaciones de secado
- Oxidación térmica de lodos
- Desecho de lodos en vertedero in situ.

Las técnicas descritas para el tratamiento de **GASES RESIDUALES** no pueden clasificarse simplemente como técnicas de recuperación o eliminación. Si se recuperan contaminantes depende de la aplicación de etapas de separación adicionales. Algunas de las técnicas pueden usarse como operaciones finales individuales, otras sólo como pretratamiento o como paso de limpieza final. La mayoría de técnicas de control de gases residuales requiere tratamiento adicional corriente abajo del agua residual o del gas residual generado durante el proceso de tratamiento. Las técnicas son:

- **Para COV y compuestos inorgánicos:**
  - Separación por membranas
  - Condensación
  - Adsorción
  - Lavado húmedo
  - Biofiltración
  - Biolavado
  - Goteo biológico
  - Oxidación térmica
  - Oxidación catalítica
  - Combustión en antorcha
  
- **Para partículas:**
  - Separador
  - Ciclón
  - Precipitador electrostático
  - Lavador de polvo húmedo
  - Filtro de mangas
  - Filtración catalítica
  - Filtro de polvo de dos etapas
  - Filtro absoluto (filtro EPA)
  - Filtro de aire de alta eficacia (HEAF)
  - Filtro de neblina
  
- **Para contaminantes gaseosos en gases de combustión:**
  - Inyección de adsorbente seco
  - Inyección de adsorbente semiseco
  - Inyección de adsorbente húmedo
  - Reducción no catalítica selectiva (RNCS) de NOx
  - Reducción catalítica selectiva (RCS) de NOx.

#### 4.18.3.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS EMISIONES DE OLOR DE LAS TÉCNICAS DE TRATAMIENTO

Aunque las emisiones de olor una planta de tratamiento de residuos dependen en gran parte de la naturaleza olorosa de las corrientes a tratar, la elección de una técnica de tratamiento u otra puede potenciar las emisiones de olor en la planta. Así, en la descripción de algunas de las técnicas listadas en el apartado anterior se hace referencia al comportamiento de las mismas en relación con estas emisiones. En este apartado se recoge resumida dicha información.

En relación con las técnicas descritas para el tratamiento de **AGUAS RESIDUALES** se indica que:

- **Técnicas de separación y clarificación.** En el documento se señala que debido a que estas técnicas forman parte de la EDAR, contribuyen a las emisiones de ruido y olor de la planta en general, según el tipo de aguas residuales tratadas. Si estas aguas son de naturaleza olorosa, puede ser necesario cubrir los equipos y conducir el gas residual emitido a un sistema de tratamiento. De las técnicas descritas, se señala que la aplicación de la técnica de **flotación** por aire podría aumentar las emisiones de olor, debido a que las turbulencias creadas en el líquido por la aplicación de las burbujas de aire facilita la emisión de sustancias volátiles olorosas. También se especifica que los **separadores de aceite y agua**, si no están cubiertos, son los principales contribuyentes a las emisiones de COV en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de los que forman parte, y son, por lo tanto, la principal fuente de olor y riesgo para la salud.
- **Técnicas de tratamiento físico-químico.** Con respecto a la aplicación de la técnica de precipitación, se recogen en el documento varias sustancias que actúan como agentes precipitantes. La elección de uno u otro agente dependen del material que se quiera precipitar. En el caso de que se persiga precipitar Mercurio una opción es utilizar **sulfuro sódico**. En el caso de utilizar este agente precipitante se señala que podrían presentarse problemas de olor debidos a las características intrínsecas de la sustancia. Al contrario de lo que ocurre con la precipitación con  $\text{Na}_2\text{S}$ , en el documento se recoge que aplicación del **método de oxidación química** (con agentes reductores como cloro, hipoclorito sódico o cálcico, ozono (con o sin radiación UV), peróxido de hidrógeno /radiación UV o peróxido de hidrógeno/sales ferrosas (agente Fenton)) es muy útil en el caso del tratamiento de aguas residuales de naturaleza olorosa. También **la adsorción con carbón activado, coque de lignito, óxido de aluminio u otras resinas adsorbentes**; es un técnica muy útil para eliminar de las aguas residuales contaminantes orgánicos olorosos.
- **Técnicas de tratamiento biológico.** Debido a la producción de biogás característica de los procesos de **digestión anaerobia**, las distintas técnicas relacionadas con este proceso operan hermetizadas por razones de seguridad, por tanto también lo harán sin emisiones de olores. Aunque los productos de la digestión anaerobia son potencialmente más olorosos que en la **aerobia**, debido a que estos últimos no suelen ocurrir en reactores hermetizados las emisiones de olor podrían ser más probables en los últimos, sobre todo si se aplica aireación al agua residual para suministrarle oxígeno.
- **Técnicas de tratamiento de lodos de aguas residuales.** Entre las distintas técnicas que existen para producir la estabilización de los lodos, en el documento se describen las siguientes: el espesamiento por gravedad, espesamiento centrífugo, espesamiento por flotación (DAF), espesamiento en cinta por gravedad, espesamiento en tambor rotatorio, filtros de prensa con cinta y filtros de prensa. De las técnicas descritas se señala que la que causa los problemas mínimos de olor es el **espesamiento centrífugo**, al contrario que el **espesamiento por flotación**, que aumenta la emisión de sustancias olorosas por efecto de la desorción. En el caso del proceso de estabilización del lodo, se indica que uno de los objetivos de este proceso es reducir la cantidad de compuestos olorosos en el lodo. Para conseguirlo, en el documento se proponen las siguientes técnicas: estabilización química, estabilización térmica, digestión aerobia, digestión anaerobia y doble estabilización del lodo. Entre las ventajas de **la estabilización química** se cita que es capaz de eliminar del lodo sustancias olorosas y patógenas, en contrapunto, en el caso de la **estabilización y acondicionamiento térmico** se señala que la emisión de sustancias olorosas es un aspecto importante. Para conseguir la oxidación térmica del lodo, en el documento se describen las técnicas de incineración en lecho fluidizado, incineración con otros residuos, oxidación con aire húmedo y reactor profundo. De las anteriores se señala al **reactor profundo** como la técnica con las menores emisiones de olor.
- **Técnicas para la eliminación de COVs y compuestos inorgánicos.** Todas las técnicas listadas en el apartado anterior se han descrito en el documento, y todas son útiles para la reducción de las emisiones olorosas. La información referente a olores en estas técnicas es muy extensa y se remite al documento de referencia para una información completa.

Las técnicas descritas para la eliminación de partículas y reducción de emisión de gases de combustión no son aplicables en la reducción de las emisiones de olor.