



## Guías Tecnológicas

Directiva 96/61 relativa a la prevención  
y control integrados de la contaminación

# Epígrafe 2.5

Metalurgia del plomo



**Fundación Entorno**  
Empresa y Medio Ambiente

Ministerio de Industria  
y Energía

  
Miner

## ★ 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objeto del documento

La presente Guía resume el estudio de prospección tecnológica del sector de la metalurgia del plomo con objeto de recoger los aspectos más relevantes del Informe Tecnológico de manera que las personas interesadas puedan disponer de un documento de consulta más manejable.

En caso de estar interesado en consultar el documento completo puede solicitarlo dirigiéndose por escrito a:

Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente  
C/Padilla 17, ático. 28006 - Madrid  
Telf. 91-575 63 94; Fax. 91-575 77 13  
e-mail: administrador@fundacion-entorno.org

### 1.2 Metodología de trabajo

En colaboración con las diferentes asociaciones empresariales y demás entidades con competencias en los sectores industriales seleccionados, se diseñó la siguiente metodología de trabajo para la elaboración de estos estudios:

**Fase I: Informe Preliminar.** Se realizó un primer informe con el objetivo de definir el ámbito de estudio e identificar las actividades incluidas en cada epígrafe. Ello permitió llevar a cabo para cada sector un informe previo sobre la situación tecnológico-ambiental que serviría de base para el trabajo a realizar directamente con las empresas en una fase posterior. Estos documentos quedaron recogidos en un CD-Rom y fueron distribuidos a las partes interesadas.

**Fase II: Mesas de trabajo.** Con objeto de poder contar con la opinión directa de las empresas, se convocaron distintas reuniones sectoriales de trabajo con el objetivo principal de discutir el contenido del Informe elaborado en la fase anterior. Además, en estas sesiones pudimos proporcionar a las empresas información sobre el desarrollo de los trabajos realizados para la definición de las mejores técnicas disponibles (MTD's) del sector.

**Fase III: Trabajo de campo.** Las jornadas de trabajo y el compromiso adquirido por las organizaciones empresariales, nos ayudaron a contactar con empresas representativas de cada sector para la realización de visitas en las que, con la ayuda de un cuestionario, se recopilaban una serie de datos que pudieron ser comprobados in situ por nuestros asesores. La amplitud y relevancia del estudio requirió que la muestra de empresas a visitar pudiera ser extrapolable a la globalidad del sector, por lo que se diseñaron los siguientes criterios de selección:

Nº CENTROS	EPÍGRAFE 2.5.a (1)	EPÍGRAFE 2.5.b (2)
VISITADOS	3	-
AFFECTADOS	5	7

(1) 2.5.a Instalaciones para la producción de metales en bruto no ferrosos a partir de minerales, concentrados o materias primas secundarias mediante procedimientos metalúrgicos, químicos o electrolíticos.

(2) 2.5.b Instalaciones 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 T/día para el plomo y el cadmio y 20 T/día para todos los demás metales.

**Fase IV: Informes Tecnológicos.** La información recopilada en las fases anteriores fue analizada y evaluada para la confección del Informe Tecnológico objeto del programa. Para que este documento constituyera una potente herramienta en las negociaciones para la determinación de las MTD's, los informes se diseñaron siguiendo un esquema similar a los documentos de referencia que se elaborarán en el Institute for Prospective Technological Studies (JRC-IPTS). Estos documentos están a disposición del público en formato CD-Rom.

**Fase V: Difusión.** Uno de los objetivos que dan sentido a este proyecto es contar con la opinión directa de los industriales, ya que son pocas las veces en que la negociación precede a la norma. Por ello, además de la edición y distribución gratuita tanto de los Informes Preliminares como de los Finales, se ha participado en diferentes foros profesionales para difundir los resultados del estudio.

**Fase VI: Guías Tecnológicas.** Para que las partes interesadas puedan disponer de una información más manejable y de documentos de discusión para los distintos foros, se han confeccionado las Guías Tecnológicas que resumen los aspectos más significativos del estudio.

### 1.3 Estructura de la Guía

1. **Introducción.** Presentación, objetivos, metodología, estructura del documento.
2. **La Industria del sector en España.** Visión general del estado de la industria en España, actividades e instalaciones afectadas por la Directiva.
3. **Descripción general del proceso productivo.** Diagrama de flujo y descripción de los problemas medioambientales.
4. **Características especiales del proceso productivo.** Descripción detallada de las etapas críticas desde el punto de vista medioambiental.
5. **Criterios de selección de las MTD's.** Aspectos a tener en cuenta para la selección de las MTD's, tomando como referencia la capacidad productiva marcada y los anexos III y IV de la Directiva.
6. **Técnicas disponibles.** Resumen de las técnicas productivas con relevancia a la hora de definir las MTD's y evaluación general de las mismas.
7. **Técnicas disponibles para el control de emisiones.** Resumen de las técnicas correctivas y evaluación general de las mismas.
8. **Mejores Técnicas Disponibles.** Resumen de la información agrupando las diferentes técnicas estudiadas.
9. **Técnicas emergentes.** Resumen de las técnicas en desarrollo para un nivel de control de la contaminación igual o superior al actualmente en uso.
10. **Conclusiones y recomendaciones.** Consecuencias de la aplicación de las MTD's en cada una de las actividades y recomendaciones para facilitar el cambio tecnológico.

### 1.4 Entidades participantes

Las entidades que han colaborado en la realización de este estudio han sido la Unión de Industrias del Plomo (UNIPLOM), la Confederación Española de Organizaciones Empresariales del Metal (CONFEMETAL) y empresas del sector.

## ★ 2. LA INDUSTRIA DE LA METALURGIA DEL PLOMO EN ESPAÑA

### 2.1 Panorama general del sector

En España, la producción de plomo se genera por recuperación de chatarras y de residuos de plomo (plomo de segunda fusión), ya que no existe, desde el cierre de la Sociedad Minero-Metalúrgica Peñarroya, producción minera de plomo (metalurgia primaria).

	Producción (Toneladas)				
	1992	1993	1994	1995	1996
Plomo segunda fusión	55.000	68.000	69.000	75.000	86.000

Fuente: Informe sobre la Industria Española 1997. MINER.

Durante 1996, la metalurgia del plomo produjo un total de 86.000 toneladas y el consumo total experimentó un crecimiento frente al año anterior del 7%, alcanzando las 137.000 toneladas. Sigue manteniéndose en España una situación de déficit entre producción y consumo que determina una fuerte dependencia exterior en el aprovisionamiento de este metal. La causa de esta situación se cifra en las dificultades de abastecimiento de materia prima (baterías usadas, etc.) impuestas por la normativa internacional en materia de circulación de desechos.

Los campos de aplicación y consumo de plomo son muy diversos y agrupan a los siguientes sectores industriales:

- Producción de cables.
- Óxidos.
- Aleaciones.
- Gasolina.
- Baterías.
- Municiones.

El futuro del plomo en España, como en la mayoría de los países occidentales, está ligado a la fabricación de baterías que consumen más de 2/3 de la demanda total de este metal. Dependiendo del precio del plomo, la tasa de recuperación oscila entre el 80-95%.

### 2.2 Actividades e instalaciones afectadas por la Directiva 96/61

Bajo la definición del epígrafe 2.5.a están afectadas la metalurgia del plomo primaria y secundaria, entendiéndose como primaria la producción de plomo a partir de minerales o concentrados de minerales y secundaria la producción de plomo a partir de materias primas secundarias como chatarras o residuos de otros procesos metalúrgicos.

Por otro lado, el epígrafe 2.5.b hace referencia al sector de transformación del plomo, estando afectados por este epígrafe los semitransformadores cuya capacidad de fusión sea superior a 4 T/día.

En términos del CNAE-93, este sector agrupa las siguientes categorías:

**2743** "Producción y primera transformación de plomo, zinc y estaño".

**2840** "Forja, estampación y embutición de metales, metalurgia de polvos".

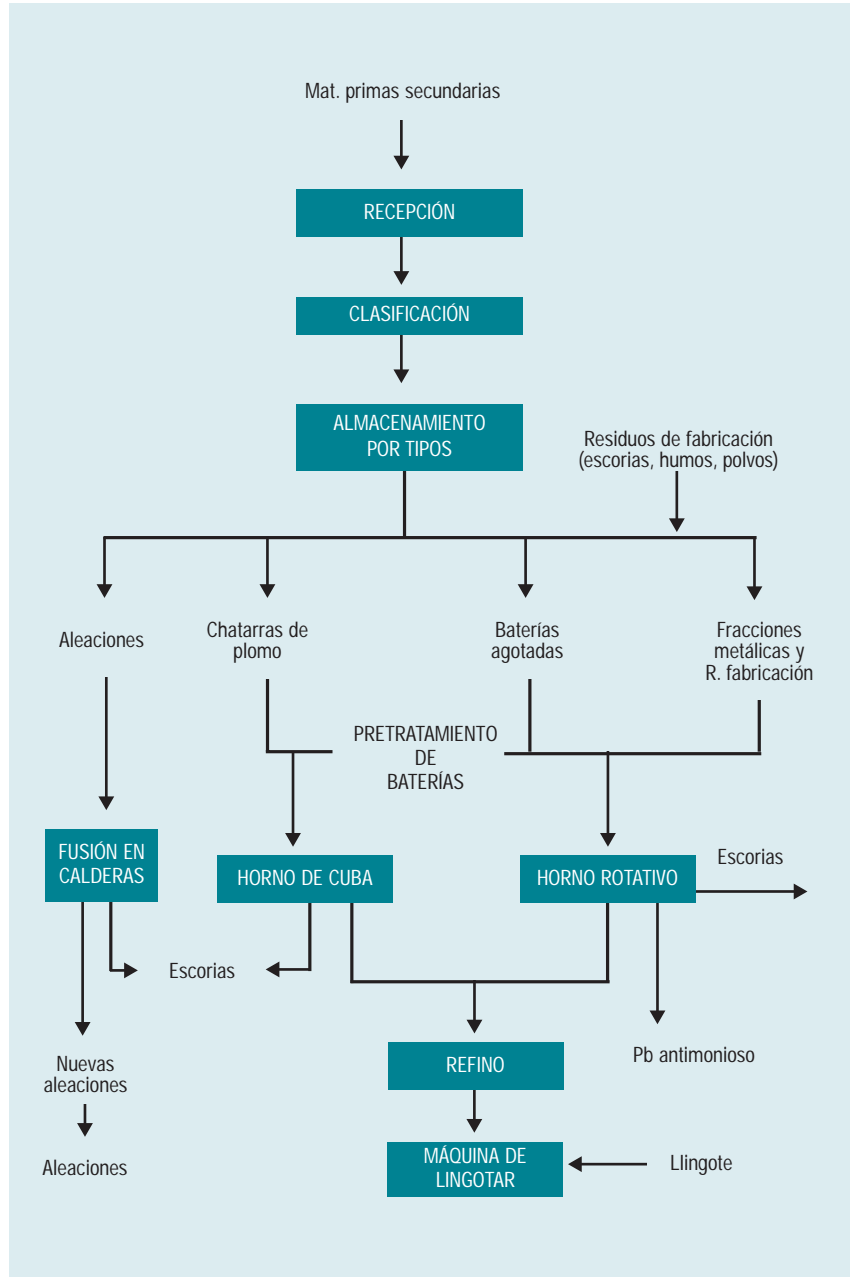
Actualmente están afectados 12 centros productivos. De éstos, cinco corresponden al epígrafe 2.5.a y se dedican a la producción de plomo a partir de materias primas secundarias (ya que no existe en España producción primaria de plomo). Los centros afectados por este epígrafe se localizan en: Cataluña, Madrid, Castilla y León y Murcia.

El resto están incluidos en el epígrafe 2.5.b y se encuentran emplazados en la Comunidad Valenciana, Cataluña y Madrid.

### ★ 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

#### 3.1 Diagrama de proceso

La metalurgia del plomo en España se reduce a la recuperación de este metal (metalurgia secundaria del plomo) mediante el proceso que se describe a continuación:



### 3.2 Problemática medioambiental

La producción de metales no férreos en general, y en particular la producción de plomo secundario, es una fuente potencial de contaminación del aire, suelo y agua. Además, sustancias ecotóxicas y elementos como el plomo, el mercurio y el arsénico están casi siempre presentes en las materias primas y cuando se utilizan chatarras que contienen materia orgánica, se pueden producir emisiones de contaminantes orgánicos persistentes (dioxinas, PCB's).

Durante el proceso de obtención del plomo, se emplean grandes cantidades de agua pero la eliminación de aguas residuales no conlleva prácticamente problemas, ya que en su mayoría se reciclan al proceso.

A continuación se expone de forma esquemática, la problemática medioambiental para cada una de las etapas y las correspondientes afecciones, destacando en verde aquellas que hacen necesaria la implantación de MTDs.

ETAPA	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL	AFECCIÓN
RECEPCIÓN, CLASIFICACIÓN Y ALMACEN DE MATERIAS PRIMAS	C. ATMOSFÉRICA	Partículas con contenido en Pb
	C. HÍDRICA	Aguas contaminadas con Pb
TRATAMIENTO DE BATERÍAS	C. ATMOSFÉRICA	Gases y COV's
	C. RESIDUOS	Pasta de yeso con Pb y escorias
FUSIÓN	C. ATMOSFÉRICA	Polvos, humos, metales (Pb y Cd), NO <sub>x</sub> y SO <sub>2</sub>
	C. RESIDUOS	Escorias
REFINO	C. ATMOSFÉRICA	Polvos, SO <sub>2</sub> y metales
ALEACIÓN/ LINGOTEO		Irrelevante

## 4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROCESO PRODUCTIVO

En este apartado se recogen las características más relevantes de las etapas de proceso que han sido analizadas en el estudio con especial dedicación, dado su impacto ambiental y para cuya reducción se recomienda la aplicación de una MTD.

Estas tecnologías se recomiendan fundamentalmente para las etapas de almacenamiento, clasificación y almacenamiento de materias primas, tratamiento de baterías, fusión y refinado de la producción de plomo secundario.

### 4.1 Etapa: Recepción, clasificación y almacenamiento de materias primas

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Baterías agotadas, chatarras de Pb y plomo endurecido, fracciones metálicas y aleaciones (principalmente de Pb, Sb y Sn)	Elavada	Dependiendo del tipo de materia prima, requerirán un tratamiento posterior, como es el caso de las baterías usadas.
Energía	E. Eléctrica	N.D.	-

EFFECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL
C. Atmosférica	Partículas	Contenido en Pb variable	N.D.	Captación y filtración
C. Hídrica	Aguas contaminadas	Presencia de Pb y otros metales	N.D.	Depuración

### 4.2 Etapa: Pretratamiento de baterías

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Baterías agotadas	N.D.	Las baterías contienen un 55-60% de Pb
Energía	E. Eléctrica	N.D.	Utilizada en molinos, trituradoras y cribas

EFFECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL
C. Residuos	Polipropileno	Recuperable	N.D.	Métodos directos e indirectos de recuperación
	Pasta de yeso	Contiene Pb	N.D.	Gestión adecuada y envío a vertedero
C. Atmosférica	Partículas	-	N.D.	Depuración y filtración
	PbCl <sub>2</sub> (1)	-	2,66 unidades/unidad de PVC	
	SO <sub>2</sub>	-	N.D.	Planta ácido sulfúrico
C. Hídrica	Aguas ácidas	-	-	-

(1) El cloro del PVC reacciona con el plomo dando PbCl<sub>2</sub> que se volatiliza.

## 4.3 Etapa: Fusión

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD
Materias primas	Baterías pretratadas, chatarras de Pb y plomo endurecido, fracciones metálicas y aleaciones (principalmente de Pb, Sb y Sn)	Elevada
Materias secundarias	Fundentes	N.D.
Energía	Fuel y gas	(1)

(1) Los consumos dependen del tipo de horno y el tamaño de la carga.

EFEECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIÓN
Residuos	Escorias y Espumas	-	N.D.	Las espumas se retiran de la superficie de la caldera	-
C. Atmosférica	Polvos, humos, gases de combustión y metales	Polvos	<105 mg/Nm <sup>3</sup>	Captación y filtración	Los niveles indicados corresponden a hornos rotativos, lo cuales serían más elevados en el caso de hornos de cuba.
		NO <sub>x</sub>	<400 mg/Nm <sup>3</sup>		
		SO <sub>2</sub>	<4.000 mg/Nm <sup>3</sup>		
		CO <sub>2</sub>	<1.300 mg/Nm <sup>3</sup>		
		Pb	<14 mg/Nm <sup>3</sup>		
		Cd	<1 mg/Nm <sup>3</sup>		

## 4.4 Etapa: Refino

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Plomo bruto o plomo de obra	N.D.	-
Materias secundarias	Agua	N.D.	Se realiza un lavado del metal fundido con NaOH y NaNO <sub>3</sub>

EFEECTO M.A	ASPECTO M.A	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL
Residuos	Sales de antimonio, arsénico y estaño	Reciclables	N.D.	Reciclado



## ★ 5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MTD'S

El primer criterio ha sido la limitación de la aplicación de la Directiva al sector de semitransformadores en cuanto al tamaño de las instalaciones afectadas, cuya capacidad en hornos debe ser superior a 4 T/día.

El segundo, el cual queda reflejado en el Anexo III de la Directiva, es una lista indicativa de las principales sustancias contaminantes en la producción de plomo secundario que se tomarán en cuenta obligatoriamente, y si es pertinente se fijarán valores límites de emisiones en:

- Óxidos de azufre y otros compuestos de azufre.
- Óxidos de nitrógeno y otros compuestos de nitrógeno.
- Monóxido de carbono.
- Metales y sus compuestos.
- Polvos y partículas.
- Flúor y sus compuestos.
- Policlorodibenzodioxinas y Policlorodibenzofuranos.
- Materias en suspensión vertidas al agua.
- Metales y sus compuestos vertidos al agua.

Asimismo se han considerado algunos criterios recogidos en el Anexo IV de la Directiva, como:

- Uso de técnicas que minimicen la generación de residuos.
- Uso de sustancias menos peligrosas a las empleadas en la actualidad.
- Desarrollo de técnicas de recuperación y reciclado de sustancias generadas y utilizadas en el proceso y de los residuos cuando proceda.
- Procesos, instalaciones o métodos de funcionamiento comparables que hayan dado pruebas positivas a escala industrial.
- Avances técnicos y evolución de los conocimientos científicos.
- Carácter, efectos y volumen de las emisiones de que se trate.
- Fechas de entrada en funcionamiento de las instalaciones nuevas o existentes.
- Plazo que requiere la instauración de una mejor técnica disponible.
- Consumo y naturaleza de las materias primas (incluida el agua) utilizadas en procedimientos de eficacia energética.
- Necesidad de prevenir o reducir al mínimo el impacto global de las emisiones y de los riesgos en el medio ambiente.
- Necesidad de prevenir cualquier riesgo de accidente o de reducir las consecuencias para el medio ambiente.
- Información publicada por la Comisión en virtud del apartado 2 del artículo 16 o por organizaciones internacionales.

Por último, se tendrá en cuenta el impacto sobre la economía sectorial y general del ámbito geográfico determinado que suponga la implantación de una MTD.

## ★ 6. TÉCNICAS DISPONIBLES

En este apartado, se analiza de forma comparativa los diferentes procesos utilizados en la producción de plomo secundario, los cuales, a excepción del proceso Ausmelt/Isamelt, son mucho más rentables en la metalurgia primaria que en la secundaria, de ahí que su aplicación sea dudosa.

También se resumen los procesos directos, semidirectos e indirectos, para la recuperación de plomo de baterías.

### 6.1 Procesos de producción de plomo

ASUNTO A EVALUAR	TIPO DE PROCESO				
	KALDO	KIVCET	OSL	AUSMELT/ ISAMELT	
Consumo de materiales	Aire	55-90 Nm <sup>3</sup>	-	160-185 Nm <sup>3</sup>	-
	Oxígeno	145 Nm <sup>3</sup>	210-215 Nm <sup>3</sup>	130-210 Nm <sup>3</sup>	40-65 Nm <sup>3</sup>
	Chatarras, gruesos/ finos	65-75% en Pb	50-55% en Pb	55-75% en Pb	50-52% en Pb
Consumo de energía (1)	Combustible	15-18 l	-	-	25 l
	Carbón	10-15 kg	50 kg	80-105 Kg	130 Kg
	E. Eléctrica	80-85 KWh	213 KWh	280 KWh	-
Emisiones	A la atmósfera	Medio			Bajo
Generación de residuos	Escorias	Media-alta	Media	50.000 T/año	10.000 T/año
Influencia en la calidad del producto final	Plomo	P. discontinuo	P. continuo		
Costes	Inversión+operación	Elevado			

(1) Los consumos están estimados por tonelada de plomo bruto o de obra.

### 6.2 Procesos para baterías

#### Proceso directo

DESCRIPCIÓN	Se tratan las baterías completas, tal y como se reciben del recuperador. Antes de pasar a los hornos han de ser drenadas del ácido sulfúrico. Este tipo de proceso se realiza preferentemente en hornos de cuba, pero también se usan los hornos rotativos.
VENTAJAS	Se evita cualquier trituración mecánica o manual, eliminando así los posibles vertidos y vaciados en vertederos. Las carcasas y separadores se utilizan como fuentes de energía. Como único residuo se produce escorias.
DESVENTAJAS	Los componentes orgánicos de las baterías producen emisiones en forma de humos con elevado contenido en materias inquemadas. El alto contenido en azufre de las baterías se fija químicamente a las matas. A causa de la descomposición por el calor del cloruro de vinilo se producen humos conteniendo cloro.

#### Proceso semidirecto

DESCRIPCIÓN	Antes del proceso metalúrgico, se somete a la batería a una separación de las cajas o carcasas. Se utilizan preferentemente hornos de tipo rotativo.
VENTAJAS	Permite el reciclaje total del polipropileno, evitando así la combustión de este plástico. Como único residuo se producen escorias. Minimiza los problemas creados por las materias orgánicas de las baterías.
DESVENTAJAS	Menor simplicidad del proceso al tener que someter a las baterías a un proceso previo de eliminación de las cajas. El alto contenido en azufre de las baterías se fija químicamente a las matas. A causa de la descomposición por el calor del cloruro de vinilo se producen humos conteniendo cloro.

#### Proceso indirecto

DESCRIPCIÓN	Las baterías se someten a un tratamiento que permite la separación más completa posible de materiales plomíferos que pasan al proceso metalúrgico. Se emplean indistintamente los dos tipos de hornos ya mencionados: de cuba y rotativos.
VENTAJAS	Mejora sensiblemente la recuperación del plomo contenido en la carga. Reducción de la producción de emisiones gaseosas y de su contenido en cloro.
DESVENTAJAS	Supone necesariamente la instalación de una unidad de desguace y de clasificación. Necesidad de gestión de los residuos generados por el desguace.

★ **7. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL DE EMISIONES**

En este capítulo se presenta la evaluación técnico-económica de las técnicas disponibles para controlar y minimizar las emisiones a la atmósfera de las empresas del sector metalúrgico del plomo.

Las medidas primarias (minimización del consumo de materias primas, cambio de combustible, etc.) son siempre prioritarias a la hora de intentar minimizar las emisiones en la fuente, aunque, con su aplicación, no siempre se alcanzan los valores límites exigidos por la legislación actual. De esta manera, la disminución en la fuente debe combinarse con técnicas secundarias correctivas, tal y como se expone a continuación.

**7.1 Tipo de contaminación: Polvo y gases**

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE		OBSERVACIONES
			INV.	OPER.	
Filtro de mangas	Clasificación y almacén. Pretratamiento baterías. Fusión	Rendimiento: >99% Límites alcanzables: - Partículas: 1-5 mg/m <sup>3</sup>	Bajos	Medio (1)	Es la más extendida pero es necesario un enfriamiento previo de los gases de entrada.
Precipitadores electrostático	Fusión	Rendimiento: 95%	Alto		Pueden operar a altas temperaturas. Problema de erosión de los equipos.
Ciclones		Rendimiento: medio	Bajo		Poco eficaz para partículas de pequeño diámetro (2-3µ).
Lavadores húmedos	Clasificación y almacén Fusión.	Rendimiento: alto Límites alcanzables: - SO <sub>2</sub> : < 50 mg/m <sup>3</sup> - Otros gases: < 5 mg/m <sup>3</sup>	N.D.		-

(1) El principal inconveniente es el cambio periódico de mangas.

**7.2 Tipo de contaminación: Gases con contenido en SO<sub>2</sub>**

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE		OBSERVACIONES
			INV.	OPER.	
Planta de sulfúrico	Pretratamiento y fusión de baterías	Rendimiento: >99,7% Q max.: 300.000 Nm <sup>3</sup> /h. de gas C.C. min. SO <sub>2</sub> : 5-6% Límites alcanzables: - SO <sub>2</sub> : <500 mg/m <sup>3</sup> (2) - Hg: <1 ppm	Alta (1)		Los gases pasan por un conjunto de lavadores de gran eficiencia que producen el enfriamiento y eliminación de impurezas. Luego se pasan por unas torres de enfriamiento donde se condensa el exceso de agua.

(1) Depende de la dimensión y capacidad de producción de la planta de recuperación.

(2) Dependiendo de la cantidad de gas que entre.

**7.3 Tipo de contaminación: Escorias y residuos plásticos**

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE		OBSERVACIONES
			INV.	OPER.	
Horno eléctrico	Pretratamiento de baterías y fusión	Q. operación: 2.000 T/día Límites alcanzables: - Escoria: 0,18 T/T de Pb - Plásticos: 0,108 T/T de Pb	Medio		Este tratamiento reduce el contenido en plomo. La escoria final se granula para obtener un producto inerte.

## ★ 8. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

### 8.1 Emisiones a la atmósfera

Es objeto del presente apartado definir para las etapas más relevantes del proceso de producción del plomo, las mejores técnicas disponibles desde la óptica medioambiental.

#### Almacenamiento y acondicionado

En las operaciones de almacén y acondicionamiento de materias primas, deben tenerse en cuenta una serie de buenas prácticas viables desde el punto de vista económico y técnico que minimizan considerablemente las emisiones de partículas y polvos:

- Almacenamientos en contenedores cerrados.
- Recepción de las materias primas a ser posibles humedecidas y/o en vehículos cerrados.
- La maquinaria y equipos utilizados en el tratamiento de las materias primas (trituración, molienda clasificación...) deben de estar aislados y debidamente cerrados.
- Siempre que se pueda y especialmente en los puntos de descarga o transferencia debe de contemplarse la instalación de sistemas de captación de polvo y partículas y posteriormente deben ser adecuadamente tratados.
- La manipulación debe realizarse en instalaciones con equipos de ventilación y desempolvado (puntos de recepción, transferencia, descarga de materiales, cargadoras de palas, bocas de elementos de carga, etc.).

#### Transferencia de materiales

En las operaciones de transferencia de materiales, siempre que sea posible deben utilizarse equipos cerrados, como por ejemplo bandas transportadoras o transportadores en cadenas. Debe evitarse la descarga por caída libre de materiales pulverulentos.

#### Operaciones de reciclado

Se deben de considerar algunas pautas para permitir que las operaciones de reciclado sean eficientes, como la humidificación para reducir las emisiones de polvo y disponer de medios para el reciclaje de los finos captados por los filtros e introducirlos en el proceso.

#### Fusión y conversión

Las emisiones de sustancias inorgánicas gaseosas, deben de disminuirse preferiblemente mediante medidas primarias durante el desarrollo del proceso, pues así se reducen en origen. Cuando estas medidas sean insuficientes o las características de las sustancias no permitan su aplicación, se recurrirá al uso de técnicas de depuración como precipitadores electrostáticos, lavadores, filtros de mangas, procesos químicos o físico-químicos tipo adsorción, absorción, etc.

Por ejemplo, para reducir la contaminación debida al SO<sub>2</sub> es usual en la industria del plomo su recuperación como ácido sulfúrico.

A continuación se citan las técnicas seleccionadas por el sector como las Mejores Técnicas Disponibles para la producción de plomo secundario:

PROBLEMA M.A.	MTD's	Indicadores medioambientales	Limites legislados (1)
Emisiones a la atmósfera	Hornos rotativos largos y cortos (2)	Mayor rendimiento Reducción de emisiones	SO <sub>2</sub> : 1.700 mg/Nm <sup>3</sup> Pb:10 mg/Nm <sup>3</sup> Particulas:50 mg/Nm <sup>3</sup> (3)
	Proceso ISAMELT (4)	Reducción del volumen de gases	
Emisiones SO <sub>2</sub>	Horno eléctrico (2)	100% reducción de emisiones SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub> : 1.700 mg/Nm <sup>3</sup>

(1) RD 833/1975 que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico.

(2) Estos sistemas suelen complementarse con sistemas de depuración de gases tipo filtro de mangas que, debidamente dimensionados, son de absoluta fiabilidad y eficacia para alcanzar los límites de emisión permitidos.

(3) Excepto hornos de cuba en los que se aplican límites de 100 mg/Nm<sup>3</sup> para partículas.

(4) Se trata de un proceso de fusión continuo con adición directa de carbón e inyección sumergida. Aparece como técnica emergente en el siguiente capítulo ya que actualmente su aplicación es dudosa debido a su poca rentabilidad en la metalurgia secundaria.

(5) Proceso destinado para materiales secundarios con contenido en azufre. Es conectado a una planta de sulfúrico.

## 8.2 Efluentes Líquidos

Como recomendaciones básicas a la hora de definir una técnica o proceso como posible MTD deben de tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Las aguas de refrigeración, siempre que no estén contaminadas, no deben tratarse con el resto de aguas residuales y procurar siempre los sistemas de recirculación permitiendo sólo el consumo para reponer las pérdidas por evaporación.
- En la mayoría de los casos las fugas son previsibles y por tanto evitables mediante el uso de técnicas adecuadas y la toma de medidas preventivas y correcto mantenimiento. Deben considerarse las zonas de una planta con posibilidades de fugas en los diseños iniciales así como cuando se plantean modificaciones de las instalaciones, de forma que se contemplen sistemas de contención para mantener y controlar los vertidos en zonas inmediatas al foco.

Además, de estas medidas preventivas, existen técnicas disponibles viables desde el punto de vista económico en función de la instalación, que contemplan los procedimientos electrolíticos para el tratamiento de los efluentes. Su eficacia es variable en función del proceso pero por regla general, estas técnicas permiten una alta recuperación de los metales además de conseguir unos niveles aceptables en cuanto a la contaminación residual de los efluentes vertidos.

## 8.3 Residuos y contaminación de suelos

Se debe de incentivar el desarrollo de técnicas y procesos que permitan en lo posible la disminución de la generación de residuos y procurar, siempre que sea posible, el reciclado en la propia planta.

El mayor riesgo de contaminación de suelos se localiza en el área de almacenamiento de materias primas, y más concretamente de las baterías. Esta contaminación se puede evitar fácilmente con una impermeabilización adecuada del suelo y una buena canalización del ácido drenado.



## 9. TÉCNICAS EMERGENTES

Se recogen a continuación los procesos, técnicas, tecnologías y alternativas que bien por su poca implantación, bien por estar en fase piloto o a escala laboratorio, se deben considerar como técnicas emergentes dentro del sector de la metalurgia del plomo.

### 9.1 Proceso KYVCET

Se trata de un proceso continuo aplicable a la metalurgia secundaria del plomo fruto de la combinación de un reactor ciclónico de llama con un horno de resistencia de llama. En esencia consiste en la tostación y fusión de las cargas formadas por el concentrado, donde la fusión se realiza en una atmósfera de oxígeno. Los gases residuales salen del horno a temperaturas entre los 1.250-1.350°C, contienen un 80-85% de dióxido de azufre en volumen, y óxidos metálicos que seguidamente son reducidos por carbón obteniéndose distintos productos, de acuerdo al concentrado.

### 9.2 Proceso ISASMELT/ AUSMELT

Este proceso es un nuevo sistema de horno pirometalúrgico que utiliza una lanza vertical que puede sumergirse tanto en la escoria como en la mata. La estructura de la lanza es sencilla y está refrigerada por el aire que se utiliza en el proceso. Concentrados, carbón y fundentes son introducidos de forma continua en el horno. Tanto la mata como las escorias son sangradas conjuntamente pasando el metal obtenido al afino correspondiente por los métodos convencionales.

### 9.3 Proceso QSL

Es un proceso en continuo, de una sola etapa y permite el tratamiento de diferentes materias primas. Todo el proceso se realiza en un reactor cilíndrico de eje prácticamente horizontal que puede bascular si el proceso o la operación se interrumpe. El reactor está dividido en dos partes por un tabique, el cual separa la zona de oxidación de la zona de reducción. Este sistema, presenta una sola evacuación de gases lo que facilita su control. Estos gases también tienen una buena concentración de dióxido de azufre lo que permite su recuperación como ácido sulfúrico.

### 9.4 Proceso KALDO-TBRC

Este proceso es adecuado para el tratamiento de cargas mixtas, compuestas por concentrados y desechos o chatarras o bien para materiales secundarios solamente.

Se trata de un proceso discontinuo tipo flash, que utiliza un convertidor TBRC (Top Blown Rotary Converter) de origen en la industria siderúrgica que posteriormente se ha implantado en algunos procesos pirometalúrgicos para la obtención de plomo. El convertido es basculado entre las operaciones de oxidación y reducción. El soplado se hace con aire enriquecido de oxígeno.

### 9.5 Procesos Hidrometalúrgicos para la recuperación de plomo

Entre los procesos desarrollados por Técnicas Reunidas, S.A., cabe destacar el proceso COMPREX vía sulfato, para la recuperación de plomo y otros metales como el zinc y el cobre.



## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Problemática medioambiental y carencias tecnológicas

Desde el punto de vista medioambiental, las instalaciones industriales productoras de plomo secundario, se enfrentan a problemas de contaminación atmosférica, residuos y, en menor medida, contaminación del agua.

De manera resumida se establecen, según el medio potencialmente afectado, los aspectos medioambientales significativos y algunas soluciones que pueden emplearse.

#### Contaminación atmosférica

Durante las distintas operaciones se emiten a la atmósfera gases (productos de combustión: óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre) y partículas de distinta índole.

Se pueden emplear distintas técnicas de eliminación de partículas y contaminantes gaseosos presentes en las corrientes gaseosas. Generalmente, para la eliminación de partículas se emplean dispositivos clasificados de acuerdo al fenómeno físico (fuerza centrífuga, fuerza electrostática) o técnica (lavado, filtración) en los que se basan. Entre los dispositivos basados en la fuerza centrífuga se encuentran los ciclones y en el caso de los dispositivos basados en la fuerza electrostática aparecen los electrofiltros. Como técnica de lavado y filtración están los filtros de mangas.

Otro método de control de contaminación atmosférica es la altura de la chimenea, que tiene una gran influencia en la dispersión de los contaminantes. La altura de una chimenea condiciona el valor máximo de la concentración de contaminantes en la atmósfera próxima a una planta metalúrgica.

#### Contaminación del agua

Como consecuencia de las distintas operaciones, se generan aguas residuales que deben ser tratadas antes de su vertido, ya que tendrán que cumplir la legislación específica aplicable a la instalación y actividad.

Los contaminantes que pueden aparecer en las aguas residuales de una planta de producción de plomo son: arsénico, cadmio, cobre, flúor, plomo, manganeso, mercurio, azufre en forma de sulfato o sulfito, zinc, nitrógeno amoniacal y DBO entre otros.

Para la purificación de las aguas residuales generadas en procesos metalúrgicos se llevan a cabo distintos tratamientos como:

- Separación de sólidos
- Vertido, reciclado o reutilización del agua tratada.
- Deshidratación y gestión del lodo obtenido.

## Residuos

Durante las operaciones de tratamiento térmico, los gases arrastran impurezas que deben eliminarse antes de utilizarlos en cualquier tipo de producción o de emitirlos a la atmósfera.

Las alternativas para el tratamiento de residuos metalúrgicos dependen de si el residuo es o no reciclable. Si lo es, la mejor alternativa es reciclarlo en el mismo lugar donde se ha generado y si no es viable, deberá enviarse a una planta de reciclado externa.

Si el residuo no es reciclable, debe procurarse una minimización de su impacto ambiental, con depósito definitivo en el lugar de producción o en un lugar lo más próximo posible al mismo.

### 10.2 Recomendaciones y actuaciones previstas

Se demanda la elaboración de una legislación sectorial que contemple las particularidades de las instalaciones del sector. Los objetivos que deberían cumplirse con esta demanda es la actualización de la legislación que le afecta, que sirva de referencia para todo el territorio nacional y, en su caso, contar con las especificaciones que la futura transposición de la Directiva IPPC.

Asimismo, se considera imprescindible la coordinación entre todas las autoridades ambientales en lo que a la tramitación, actualización y revisión de permisos se refiere, de tal forma que en lo posible se dependa de una única autoridad que sea la que diseñe un único procedimiento administrativo para tales fines.

También se demanda la existencia de unos procedimientos de control e inspección con una mínima homogeneidad de criterios, que sean de obligado cumplimiento y aplicación en todo el territorio nacional para evitar los posibles favoritismos entre unas y otras regiones, lo cual perjudicaría seriamente al sector desde el punto de vista competitivo.

Se hace necesario dotar al sector de una normalización legalizada para la realización de ensayos que permitan la caracterización de los residuos y su posible clasificación, si procede, como residuos peligrosos e incorporar límites alcanzables y no utópicos, con la técnica disponible actualmente.

Los trabajos a nivel europeo para la determinación de las MTD's están muy avanzados ya que comenzaron en el año 1998. Junto a la metalurgia no férrea (Grupos de Trabajo Técnicos número 6 y 7), se están desarrollando los trabajos del epígrafe 6.8 relativo a la fabricación de carbón y electrografito.





Colaboran:

UNIPLOM



Ejecución Técnica:

