

## Guías Tecnológicas

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

# Epígrafe 2.3.a

Laminado en caliente



**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 laminado en caliente con objeto de recoger los aspectos más relevantes del Informe Tecnológico de manera que las partes 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 cada sector, se diseñó la siguiente metodología de trabajo para la elaboración del estudio:

**Fase I: Informe Preliminar.** Se realizó un primer informe con el objetivo de definir el ámbito de estudio e identificar las actividades incluidas en el epígrafe. Ello permitió llevar a cabo un informe previo sobre la situación tecnológico-ambiental. Estos documentos quedaron recogidos en un CD-Rom y fueron distribuidos a las partes interesadas.

**Fase II: Informes Tecnológicos.** La información recopilada, se completó con el estudio publicado por SIDERINSA-UNESID "Planta Siderúrgica de Referencia Medioambiental" para, tras ser analizada y evaluada, confeccionar el Informe Tecnológico objeto del programa. Para que este documento constituyera una potente herramienta en las negociaciones para la determinación de las MTD's, los documentos se diseñaron siguiendo un esquema similar a los documentos de referencia elaborados en el Institute for Prospective Technological Studies (JRC-IPTS). Estos documentos están a disposición del público en formato CD-Rom.

**Fase III: Difusión.** Uno de los objetivos que dan sentido a este proyecto es contar con la opinión directa del propio tejido industrial, 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 IV: Guías Tecnológicas.** Para que las personas 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

Han colaborado en la realización de este estudio la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID) y SIDERINSA, entidad esta última que ha actualmente forma parte de UNESID.

## ★ 2. LA INDUSTRIA DEL LAMINADO EN CALIENTE EN ESPAÑA

### 2.1 Panorama general del sector

El proceso de laminación en caliente está enclavado dentro del sector siderúrgico compuesto en la actualidad por 26 empresas que según el proceso de producción se clasifican en dos subsectores:

- Integral: producción de acero en horno alto con convertidores de oxígeno.
- No integral: producción de acero mediante fusión de chatarra en hornos eléctricos de arco.

En grandes cifras, los datos de producción en España se resumen en la siguiente tabla:

#### SECTOR SIDERURGICO ESPAÑOL 1996

	Producción
Arrabio (ICT)	4.127 KT
Acero	12.154 KT
• integral	34,5%
• no integral	65,5%
Colada continua	11.647 KT
Laminado en caliente	10.972 KT
• largos	62%
• planos	38%
Laminados en frío	3.093 KT
Otros acabados (recubrimientos)	1.749 KT

Las cantidades laminadas en caliente en 1996 fueron:

SECTOR	PRODUCCIÓN
Integral	4.026 KT
No integral de acero común	5.480 KT
No integral de acero especial	1.352 KT

La industria siderúrgica está considerada como un sector básico por el gran número de sectores a los que abastece. Así, los mercados propios del sector son:

- Siderurgia integral: Construcción, primera transformación, naval, automoción y electrodomésticos.
- Siderurgia no integral común: construcción.
- Siderurgia no integral especial: automóvil y herramientas principalmente.

A finales de 1996, siguiendo la acusada tendencia de los últimos años, el empleo en el sector siguió descendiendo hasta las 22.955 personas, cifra inferior en un 6,8% a la de 1995. Más de la mitad del personal se emplea en la siderurgia integral.

En cuanto a su relación con mercados exteriores (importación y exportación referidas a la balanza comercial siderúrgica total) hay que destacar la enorme importancia de la importación de materias primas (mineral de hierro para la industria integral y chatarra para la no integral). Y aún cuando el saldo exportador era positivo en 1996 (42.679.000 Pts.), lo cierto es que exportación e importación han alcanzado en los últimos años volúmenes parecidos.

Por mercados, la exportación fue superior a la Unión Europea en 1996 que al resto de terceros países e igual sucedió con las importaciones.

	1996	1995
IMPORTACIONES (KT)	5.531	5.346
• De la CE	4.359	3.949
• De terceros	1.172	1.397
EXPORTACION (KT)	5.464	4.924
• A la CE	3.146	3.237
• A terceros	2.319	1.688
TASA COBERTURA	(0,99%)	(0,92%)

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

El epígrafe 2.3.a de la Directiva IPPC hace referencia a las instalaciones para la transformación de metales ferrosos mediante laminado en caliente con una capacidad superior a 20 toneladas de acero bruto por hora.

El sector de laminado en caliente está encuadrado en las siguientes divisiones de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas:

- 2710: Fabricación de productos básicos de hierro
- 2735: Producción de ferroaleaciones no CECA y otros procesos de transformación del hierro y del acero
- 2811: Fabricación de estructuras metálicas y sus partes

Según datos facilitados por las Asociaciones, se han detectado 35 centros afectados que corresponden a 30 empresas. Su distribución geográfica aparece a continuación:

LOCALIZACIÓN	Nº DE EMPRESAS AFECTADAS
Andalucía	5
Cantabria	1
Castilla y León	1
Cataluña	1
Comunidad Valenciana	1
Extremadura	1
Galicia	1
Madrid	2
País Vasco	15
Principado de Asturias	2
TOTAL	30

Tal y como se observa en la tabla anterior, aproximadamente el 50% de los centros afectados se encuentran localizados en País Vasco. El resto de empresas se reparte en otras 8 Comunidades Autónomas: Cataluña, Aragón, Navarra, Cantabria, Andalucía, Comunidad Valenciana, Castilla y León y Extremadura.

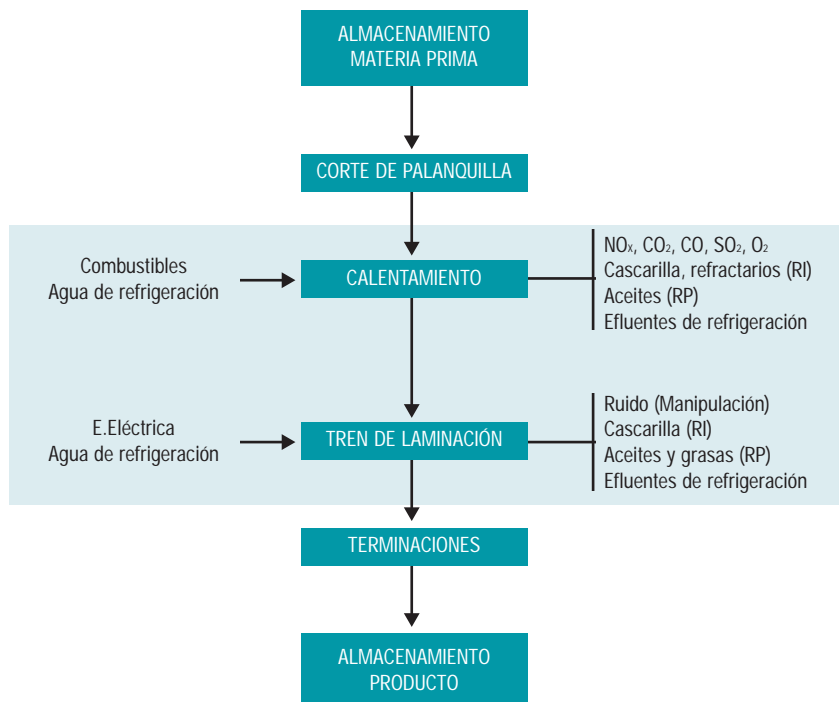
### ★ 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

La laminación es uno de los procesos de conformación del acero, aunque las empresas de laminación suelen incluir, además de actividades puramente siderúrgicas, líneas de acería, tratamientos térmicos y acabados.

#### 3.1 Diagrama de proceso

La laminación en caliente consiste en transformar el acero sólido semiterminado obtenido en la colada, en producto final mediante un proceso de laminación con rodillos hasta obtener la forma y dimensión deseadas.

A continuación se representa de forma esquemática el proceso general:



#### 3.2 Problemática medioambiental

En este apartado se exponen para cada etapa, la principal problemática medioambiental destacando en verde aquellas que hacen necesaria la implantación de MTD's.

ETAPA	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL		AFECCIÓN
CALENTAMIENTO	C. ATMOSFÉRICA	NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	Relevante
	C. RESIDUOS	Peligrosos (Aceites)	Poco relevante
		Inertes (refractarios y cascarilla)	Poco relevante
C. HÍDRICA	Refrigeración en circuito cerrado	Despreciable	
TREN DE LAMINACIÓN	C. ACÚSTICA	Ruido (80-95 dBA)	No relevante
	C. RESIDUOS	Peligrosos (aceites y grasas)	Relevante
		Inertes (cascarilla)	Despreciable
C. HÍDRICA	Efluentes del descascarillado	Relevante	

## ★ 4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROCESO PRODUCTIVO

### 4.1 Etapa: Calentamiento

Este capítulo recoge 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 las MTD's.

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Productos semiterminados procedentes de colada	N.D.	-
Materias secundarias	Agua de refrigeración	Baja	Circuito cerrado (1)
Energía	Gas natural	300 th/T	Tiende a imponerse
	Fuelóleo	Media	Altas concentraciones de azufre en el almacenamiento

(1) Únicamente se reponen pérdidas por evaporación.

EFFECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIONES
C. Atmosférica	Gases de combustión (1)	NO <sub>x</sub>	280-320 ppm	Captación y filtrado	Incluido dentro del grupo C según el anexo III del Deceto 833/75
		CO <sub>2</sub>	7-9 ppm		
		CO	50-120 ppm		
		O <sub>2</sub>	3-6 ppm		
		SO <sub>2</sub>	Bajo		
C. Hídrica	Aguas de refrigeración	-	Baja	Circuito cerrado	Purgas
Residuos	Refractarios, cascarilla	RI	15-20 Kg/T (2)	Gestor autorizado	-
	Aceites hidráulicos	RP	Baja		

(1) Niveles de emisión utilizando gas natural

(2) Cantidad total generada en toda la sección de laminación (calentamiento y tren de laminación)

## 4.2 Etapa: Tren de laminado

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias secundarias	Aceites y grasas para depuración de efluentes	Baja	-
	Agua para refrigeración y descascarillado	Alta	Chorro de alta presión para descascarillado. Consumo mínimo en refrigeración con una evaporación del 4%.
Energía	Eléctrica	100-150 KWh/T	Acondicionamiento de motores, cilindros de laminación, etc.

EFFECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIONES
C. Hídrica	Efluentes del descascarillado y la refrigeración	Agua con cascarilla	Alto (1)	Decantación, filtración y flotación para recircular el agua de nuevo	Se genera un vertido debido a la purga de la flotación
Residuos	Cascarilla	RI	20 Kg/T	Gestor autorizado	-
	Aceites y grasas de depuración de efluentes	RP	0,15 Kg/T		
C. Acústica	Ruido exterior	Metálico	80-95 dBA	-	Debido a la manipulación y el transporte

(1) El contenido en cascarilla del efluente ronda los 20 Kg por tonelada.



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

Se resumen a continuación los criterios que se han tenido en cuenta a la hora de seleccionar las técnicas disponibles para la transformación del acero mediante laminado y las técnicas para el control de las emisiones.

La determinación de las MTD's debe contar con los siguientes aspectos según el anexo IV de la Directiva:

- Uso de técnicas que produzcan pocos residuos.
- Uso de sustancias menos peligrosas.
- Desarrollo de técnicas de recuperación y reciclado de sustancias y residuos del proceso.
- Procesos o técnicas que hayan dado resultado a escala industrial.
- Carácter, efectos y volumen de las emisiones de que se trate.
- Plazo que requiere la instauración de una MTD.

Para la industria del laminado en caliente son de relevancia las siguientes sustancias en relación con el anexo III de la Directiva:

Contaminante	Niveles de emisión
Partículas sólidas	150 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	4.300 mg/Nm <sup>3</sup>
CO	500 ppm
NO <sub>x</sub> *	300 ppm
Flúor total	200 mg/Nm <sup>3</sup>
Cloro	230 mg/Nm <sup>3</sup>
HCl	460 mg/Nm <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> S	10 mg/Nm <sup>3</sup>

(\*) Medido como NO<sub>2</sub>

Además, a nivel europeo las prioridades señaladas en materia de medio ambiente que pueden tener relación con el sector son:

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el marco de la Convención sobre cambio climático
- Residuos
- Refuerzo de la política en materia de gestión de la naturaleza
- Estrategia comunitaria de la biodiversidad
- Mejora de la calidad de la legislación en todo lo referente a medio ambiente.

## ★ 6. TÉCNICAS DISPONIBLES

En este apartado se presentan tablas que resumen de forma comparativa las diferentes técnicas productivas utilizadas para las etapas relevantes a la hora de definir las MTD's.

### Etapas: Calentamiento

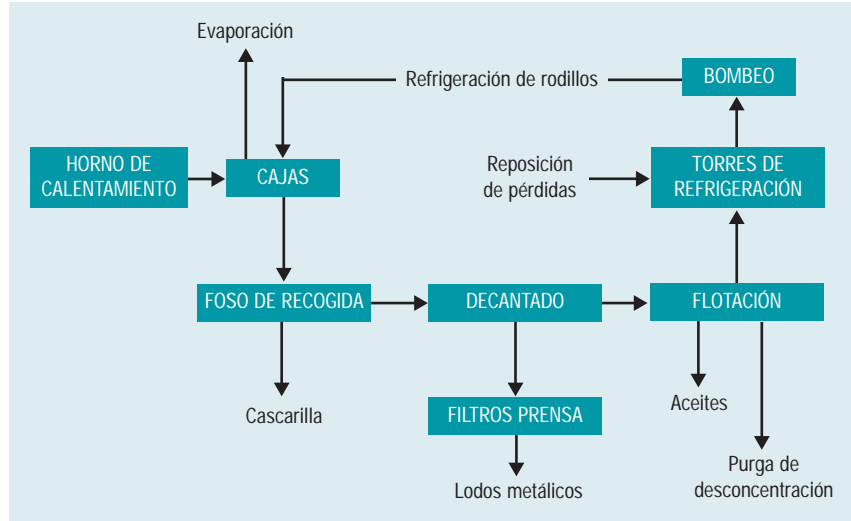
ASUNTO A EVALUAR		TIPO DE HORNO	
		HORNO DE GAS	HORNO DE FUELÓLEO
Consumo de materiales	Agua	Reposición por pérdidas de refrigeración en circuito cerrado de los rodillos: evaporación y purgas	
Consumo de energía	Térmica	300 Th/T de gas	Fuel
	Eléctrica	Despreciable	
Emisiones	A la atmósfera	CO: 7-9 ppm NO <sub>x</sub> : 280-320 ppm CO: 50-120 ppm SO <sub>x</sub> : despreciable Partículas: N.D.	En concentraciones superiores
	Al agua	Purgas de desconcentración del circuito de refrigeración	
Generación de residuos	Sólidos	15-20 Kg/T de cascariilla de óxido de hierro (1)	
Conclusiones para candidatas a MTD	Para nuevas instalaciones	Menor emisión de SO <sub>x</sub>	Menor emisión de NO <sub>x</sub>
		Mejor regulación de la temperatura	Posible contaminación de suelos por fugas en los depósitos de fuel
		No es necesario almacenar el gas siempre que exista acometida de gas natural	Las empresas tienden a sustituir los hornos de fuel por gas natural

(1) Para toda la sección de laminación.

★ 7. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL DE EMISIONES

En este capítulo se evalúan las técnicas disponibles para controlar los efectos medioambientales con relevancia a la hora de definir las MTD's. En concreto para este sector analizaremos los efluentes debidos a la refrigeración del circuito de laminación.

Tipo de contaminación: efluentes líquidos



TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	OBSERVACIONES
Circuito cerrado de refrigeración	Tren de laminación	<p>Foso de recogida de gruesos.</p> <p>Coagulación+floculación+decantación para sólidos en suspensión.</p> <p>Filtro prensa.</p>	<p>Se generan purgas de desconcentración de cascarillas (15-20 Kg/T) y lodos metálicos con posibilidades de reciclarse en la industria cementera. (1)</p> <p>Además se generan aceites (1,15 Kg/T) que deben ser entregados a un gestor autorizado.</p> <p>Se consigue recuperar el agua para su reintroducción en el proceso de refrigeración.</p>

(1) La necesidad de aportar hierro al proceso de fabricación del cemento hace que los lodos metálicos generados en la laminación puedan sustituir a la limonita.

## ★ 8. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

El objeto de este apartado es definir para las etapas de proceso más relevantes, las mejores técnicas disponibles desde la óptica medioambiental.

ETAPA	PROBLEMÁTICA M.A.	MTD's	Indicador medioambiental	Límites legislados	Observaciones
Calentamiento	Gases de combustión	Empleo de gas natural	300 th/T	NO <sub>x</sub> : 300 ppm SO <sub>2</sub> : 4.300 mg/Nm <sup>3</sup> CO:500 ppm Part.:150 mg/Nm <sup>3</sup>	Además de las emisiones, también se reduce el empleo de combustible
	Cascarilla	Reutilización	15-20 Kg/T (1)	-	Usos asociados al cemento
	Refractario	Reciclado	N.D.	-	En el propio sector fabricante
Tren de laminación	Consumo de agua para refrigeración	Circuito cerrado	2 m <sup>3</sup> /T (2)	-	Se pierde un 4% por evaporación en el descascarillado y un 1-2% por cada 5°C de salto térmico en las torres de refrigeración
	Cascarilla	Reutilización	15-20 Kg/T (1)	-	Usos en la industria del cemento
	Aceites	Gestor autorizado	N.D.	-	RP
	Ruido	Confinamiento de la fuente Cerramiento de la nave Material fono-absorbente Paneles aislantes	N.D.	Ver ordenanzas municipales (3)	-
Circuito de refrigeración	Vertidos al agua	Depuración y reutilización del agua	N.D.	Depende del medio receptor	Purgas de desconcentración
	Cascarilla	Reutilización	15-20 Kg/T (1)	-	Usos en la industria del cemento
	Lodos metálicos		N.D.	-	
	Aceites	Gestor autorizado	0,15 Kg/T	-	RP

(1) Dato correspondiente a toda la sección de laminado.

(2) Consumo máximo limitado de agua en circuito cerrado incluyendo evaporación.

(3) A modo orientativo las Ordenanzas municipales del Ayuntamiento de Bilbao en materia de ruidos marcan los siguientes niveles:55-70 dBA (8-22 h.) y 45-60 dBA (22.8h.).

## 9. TÉCNICAS EMERGENTES

No se han detectado la existencia de técnicas emergentes en los aspectos identificados en el sector.



## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Problemática medioambiental y carencias tecnológicas

#### Gases de combustión

Prácticamente el 100% de las acerías españolas (salvo una), emplean gas natural como combustible fósil de los equipos de combustión, siendo el más representativo de ello, por su consumo de combustible e importancia productiva, el horno de recalentamiento de la palanquilla de laminación.

El empleo de gas natural es el adecuado desde el punto de vista ambiental (bajo contenido en azufre, fácil combustión...) y energético en los procesos de combustión, por lo que se debe imponer su empleo, siempre que exista red de acometida de gas.

Se ha comprobado que la producción de óxidos de nitrógeno de un proceso de combustión se ve afectada por la admisión de aire y la localización del generador. Todo lo que suponga una disminución de zonas recalentadas, minimizará la formación de NO<sub>x</sub>. De forma resumida se puede indicar que la generación de NO<sub>x</sub> de un proceso de combustión está directamente relacionado con la temperatura de combustión, esto es, cuanto mayor sea la temperatura del proceso mayor será la concentración de NO<sub>x</sub> en la corriente gaseosa.

Una medida para la reducción de la emisión de NO<sub>x</sub> vendría dada por el empleo de oxígeno puro en lugar de aire en los equipos de combustión ya que:

- El aire tiene un 79% en volumen de nitrógeno, el cual genera NO<sub>x</sub> en el proceso de combustión.
- El proceso de combustión es más limpio y completo.

#### Efluentes líquidos

La práctica habitual del sector es la recirculación de la mayor parte de los efluentes previo tratamiento. Este es el caso del circuito de laminación.

Las aguas de laminación, una vez empleadas en el proceso de refrigeración son sometidas en primer lugar a la eliminación de la cascarilla gruesa que se lleva a un pozo junto con parte de los aceites que arrastra el agua.

A continuación se decanta el efluente en equipos con barrido mecánico de fangos, eliminando igualmente los restos de aceite que lleven. Finalmente, algunos sistemas disponen de unidades de filtrado para obtener una mayor calidad de depuración del efluente que es recirculado al sistema de refrigeración.

Los fangos resultantes son secados con filtros prensa o sistemas de centrifugado.

### Residuos

Dentro de los residuos sólidos producidos, el refractario usado es el de menor importancia por el bajo ratio de generación y su condición de inerte. Una buena política medioambiental sería su posible valorización/reutilización en vez de la deposición en vertedero.

En la actualidad, parte de estos residuos son retirados por los suministradores para su empleo como materia prima en la fabricación de nuevos refractarios.

Los lodos metálicos de depuración del circuito de refrigeración, una vez deshidratados, son depositados en vertederos. Sin embargo, del estudio de su composición se deduce posibilidades de valorización como materia prima en empresas cementeras.

Los residuos de óxidos de hierro en forma de escamas (cascarilla) recogidos, se están gestionando mediante su venta para diversos usos como la fabricación de contrapesos estáticos y dinámicos (tambores de lavadora). Únicamente reseñar que, para este tipo de gestión, la cascarilla debe ser retirada con el mínimo contenido en aceite ya que podría suponer su clasificación como RP.

### Impacto acústico

Los niveles de ruido en la nave de laminación, cuantitativamente son inferiores a los de la acería. Sin embargo, para atenuar su afección se recomiendan medidas como el cerramiento de la nave, empleo de material fonoabsorvente e introducción de paneles aislantes.

## 10.2 Recomendaciones y actuaciones previstas

Teniendo en cuenta que nos encontramos ante un cambio significativo en el contexto normativo, en el que las sanciones pueden ser muy importantes, las empresas deben prepararse para incorporar en sus instalaciones las medidas de corrección o protección necesarias que sean asumidas y/o aprobadas por las Autoridades competentes.

Dentro de este ámbito, una vez detectadas las principales incidencias medioambientales del sector, plasmamos a continuación algunas recomendaciones de actuación.

- La implantación de Sistemas de Gestión Medioambiental permitirá a las empresas posicionarse de forma privilegiada ante cualquier variación o tendencia legislativa del mercado, enmarcando su estrategia en un proceso de mejora continua que lidere el sector a nivel internacional.
- Horno de calentamiento: empleo del gas natural como combustible fósil en los equipos de combustión ya que es el más adecuado desde el punto de vista medioambiental. Conviene vigilar la generación de óxidos nitrosos y proponer soluciones con el fin de no superar los valores límite.
- Nave de laminación: Cerrar la nave con objeto de disminuir los niveles de ruido.
- La producción de residuos debe evitarse o limitarse a su origen siempre que sea posible, en particular, usando tecnologías y productos no contaminantes o que generen pocos desperdicios. En su defecto, se debe pensar en la revalorización, y siempre que no sea posible ninguna de estas vías, se deberán eliminar de la forma más segura posible.

Los trabajos a nivel europeo para la determinación de la MTD's del epígrafe 2.3.a comenzaron en 1998, habiéndose concluido el Documento de Referencia (BREF), el cual se encuentra a disposición del público (<http://eippcb.jrc.es>).



Colaboran:



Ejecución Técnica:

