

# Guía de Mejores Técnicas Disponibles para el Manejo de Escorias de Metalúrgica en el Sector de Fundición



La presente guía de difusión de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) es una herramienta para la identificación e implementación de oportunidades de mejora en las empresas del sector. Su objetivo fundamental es presentar y difundir una selección de MTD que permita mejorar la competitividad y el desempeño ambiental de las empresas chilenas de menor tamaño del sector.

## MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD)

Las Mejores Técnicas Disponibles es un conjunto de técnicas aplicadas a procesos de diversos sectores productivos que se demuestran más eficaces para alcanzar un elevado nivel de protección medioambiental, siendo a su vez aplicables en condiciones económicas y técnicas viables.

A estos efectos, se entiende por:

**Mejores:** las técnicas más eficaces para alcanzar un alto nivel general de protección del medio ambiente en su conjunto y de la salud de las personas.

**Técnicas:** la tecnología utilizada, junto con la forma en que la instalación esté diseñada, construida, mantenida, explotada o paralizada; y

**Disponibles:** las técnicas desarrolladas a una escala que permita su aplicación en el contexto del correspondiente sector productivo, en condiciones económicas y técnicamente viables, tomando en consideración los costos y los beneficios, siempre que el titular pueda tener acceso a ellas en condiciones razonables.

La figura 1 representa un esquema simplificado del proceso de selección de MTD.

En una primera fase de la selección, una técnica candidata a MTD, en comparación con otras técnicas disponibles empleadas para realizar una determinada operación o práctica, debe suponer un beneficio ambiental significativo en términos de ahorro/aprovechamiento de recursos y/o reducción del impacto ambiental producido.

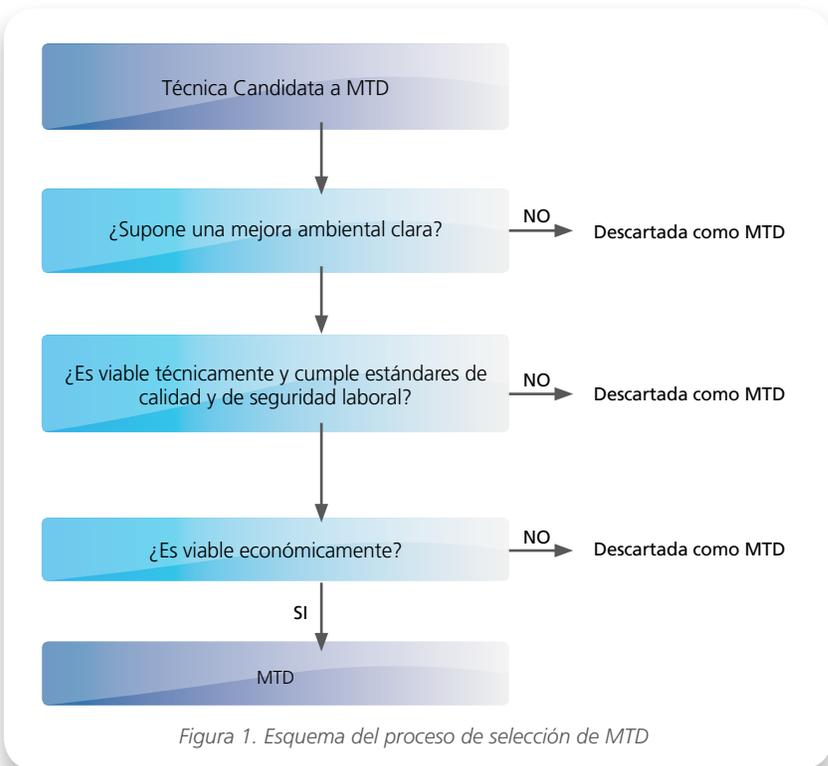


Figura 1. Esquema del proceso de selección de MTD

Una vez superado este primer requisito, la técnica candidata a MTD deberá estar disponible en el mercado y ser además compatible con la producción según los estándares de calidad, sin un impacto significativo sobre otros medios, ni un mayor riesgo laboral o industrial (escasa productividad, complejidad, etc.).

Finalmente, una técnica no podrá considerarse MTD si resulta económicamente inviable para el sector. La adopción de MTD por parte de un productor no supondrá un costo tal que ponga en riesgo la continuidad de la actividad. En este sentido, es conveniente recordar que la adopción o un cambio de tecnología

es una inversión muy costosa, no siempre asumible debido a diversos factores.

Es importante señalar que las Mejores Técnicas Disponibles no fijan valores límite de emisión ni estándares de calidad ambiental, sino que proveen medidas para prevenir o reducir las emisiones a un costo razonable. Las MTD significan, por tanto, no un límite a no sobrepasar, sino que tienen un constante propósito de mejora ambiental que puede alcanzarse por diferentes vías y que pueden utilizar otras tecnologías más apropiadas para determinada instalación o localización a las descritas como referencia.

# MANEJO DE ESCORIAS DE METALÚRGICA EN LA FUNDICIÓN

## 1. ANTECEDENTES

### ¿Qué son las escorias?

Las escorias son desechos que se generan durante la etapa de fusión de la materia prima (chatarra, metales usados y, en menor proporción lingotes de metal) que corresponde a impurezas de la chatarra y de los fundentes. El fundente es adicionado en la carga al horno o cuando el metal se está fusionando, y su adición tiene por objetivo, remover impurezas formando la escoria o nata, la cual alcanza la superficie del metal en fusión, donde es removido antes del vaciado. La nata de la escoria sobre la superficie del metal en fusión ayuda a prevenir la oxidación del metal e incrementa la eficiencia energética del proceso.

La escoria generada tendrá diferente composición química en función del tipo de chatarra utilizada, del control de variables de operación, entre otros. Los tipos de escorias generados pueden ser bastante variados, pero en general se suelen diferenciar en función del proceso de origen: fundición ferrosa o fundición no ferrosa.

Las escorias se pueden procesar para recuperar su contenido de metales, aprovechar el subproducto en otras aplicaciones, o bien desecharlas en instalaciones de disposición final.



Fuente: Elaboración propia

### ¿Qué soluciona el correcto manejo de las escorias?

Las escorias son un desecho intrínseco de la etapa de fundido de los metales por lo que su generación no se puede evitar. La cantidad generada depende de diversos factores: la calidad de la materia prima, el contenido en óxidos de metal o la basicidad de la escoria, el volumen de alimentación de oxígeno, la eficiencia del horno, entre otros. En términos de porcentaje, la proporción de escoria generada respecto de la materia prima utilizada no es constante, situándose en promedio en un 10% para las fundiciones no ferrosas, y un 12% para las fundiciones ferrosas.

El principal problema asociado a la generación de escorias es el costo económico asociado al manejo y disposición final de estos residuos.

Por otra parte, las escorias pueden presentar características que las clasifiquen como **residuos peligrosos**, esto, si los materiales cargados contienen cantidades importantes de metales pesados y tóxicos, como plomo, cadmio o cromo, y si éstos son potencialmente lixiviables desde la escoria. En general las escorias de origen ferroso son no peligrosas y las procedentes de fundiciones no ferrosas se clasifican con mayor frecuencia como peligrosas. En este caso el costo de eliminación de los residuos es superior.

Finalmente, la disposición final de escorias implica un **desaprovechamiento de materia prima**, tanto de metales como de potenciales subproductos, que podría minimizarse mediante la recuperación de metales o su reciclaje en otros sectores.

### ¿Cuáles son los beneficios asociados a un correcto manejo y aprovechamiento de las escorias?

Debido a que las posibilidades de minimización en la generación del residuo son limitadas, los esfuerzos se concentran en la búsqueda de posibilidades de reutilización de las escorias con dos objetivos fundamentales: la recuperación de



metales o la utilización como materia prima para la elaboración de otros productos.

Los principales beneficios resultantes de la aplicación de buenas prácticas y reciclaje de escorias son:

- **Reducción de los costos de disposición de residuos**, por la menor cantidad de escorias a transportar y eliminar.
- **Aprovechamiento de materias primas**, mediante la recuperación del metal y su posterior uso en la fundición.
- **Ahorro energético y reducción de emisiones**, de material particulado y compuestos orgánicos volátiles (MP, COV), por un mejor control de la calidad de la materia prima y el control de procesos.
- **Generación de subproductos** (áridos) que se pueden aprovechar en otros sectores, como por ejemplo, en la construcción de carreteras o en la fabricación de materiales de construcción.

## 2. NORMATIVA APLICABLE

En el manejo de escorias de metalúrgica deben considerarse los siguientes aspectos y las normas que los regulan:

Tema	Normativa aplicable
<b>Residuos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos (DS N° 148/2003 del Ministerio de Salud).</li> </ul>
<b>Higiene y seguridad laboral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decreto Supremo N° 594/1999 Ministerio de Salud, modificado por el Decreto Supremo N° 201/2001. Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas de los Lugares de Trabajo.</li> </ul>
<b>Sustancias peligrosas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NCh382.Of2004. Sustancias Peligrosas. Clasificación general.</li> <li>• NCh2245. Of2003. Sustancias químicas – Hojas de datos de seguridad – Requisitos.</li> <li>• Decreto Supremo N° 78/2010 Ministerio de Salud. Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.</li> </ul>
<b>Ruido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decreto Supremo N° 146/98, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, que establece la Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, elaborada a partir de la Revisión de la Norma de Emisión contenida en el Decreto Supremo N° 286, de 1984, del Ministerio de Salud.</li> </ul>

## 3. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES (MTD)

Las Mejores Técnicas Disponibles para el manejo de las escorias en fundiciones son aquellas que permiten conseguir la mejora de la eficiencia productiva y ambiental del sector de las fundiciones.

Impacto en el sector	Beneficio ambiental
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de los costos asociados al manejo y eliminación de los residuos.</li> <li>• Recuperación de metales como materias primas y beneficio económico asociado.</li> <li>• Ahorro energético.</li> <li>• Potencial beneficio económico por el reciclaje externo de las escorias como subproducto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de la generación de residuos sólidos y potencialmente peligrosos.</li> <li>• Reducción del consumo de materias primas en otros sectores.</li> <li>• Reducción de las emisiones de MP y COV.</li> </ul>

La implementación de cada una de las MTD descritas a continuación no está en perjuicio de la aplicación de las demás.

1. Control de la materia prima para la fundición.
2. Reutilización de las escorias con alto contenido en metal en la fundición.
3. Valorización de escorias en otros sectores.

## MTD 1: CONTROL DE LA MATERIA PRIMA PARA LA FUNDICIÓN



Fuente: [www.talleres.cl](http://www.talleres.cl)

Consiste en la implementación de un sistema de control de la materia prima que asegure su calidad. Este control se basa principalmente en la selección de la chatarra mediante operaciones de cribado y/o limpieza en la recepción de la misma.

Fundir chatarra limpia impide la absorción de compuestos no metálicos por parte de la escoria y evita perjuicios en el refractario del horno. Limitar la contaminación presente supone reducir la cantidad de escoria, prolongar la vida útil del horno y del revestimiento de las cucharas y reducir la generación de residuos sólidos del tratamiento de gases.

### ¿Por qué utilizar chatarra limpia?

- La calidad de la chatarra como materia prima es fundamental para la fabricación del acero, por tanto, mientras menos impurezas contenga (tierra, plásticos, etc.), menor será la cantidad de escoria generada, esto, teniendo en cuenta que las impurezas se oxidan para ser eliminadas con la escoria.
- Además debido al deterioro que está sufriendo la calidad de la chatarra por el fuerte incremento de su precio resulta casi imprescindible proceder a su limpieza antes de su introducción en el horno, asegurando de esta forma el control de la materia prima para la fundición.
- De la misma manera, la presencia de contaminantes y óxidos en la carga puede provocar que se consuma parte de la energía de fusión disminuyendo la eficiencia del proceso.
- Por lo tanto, la selección de la chatarra, antes de proceder a su acopio en el parque de chatarra, permitirá eliminar impurezas (tierra, plásticos, gomas, etc.) que irían directamente a la escoria y que se estima suponen el 1% de la chatarra adquirida.
- Para proceder a esta selección se suelen utilizar maquinarias que permite separar las impurezas que contaminan la chatarra. Entre estas maquinarias se destacan las mesas vibrantes y los tambores magnéticos giratorios.



Fuente: [www.talleres.cl](http://www.talleres.cl)

### Ventajas de su aplicación

- Reduce el consumo energético entre un 10 y un 15% durante la fundición.
- Disminuye la generación de escorias, por tanto genera ahorros en la disposición final.
- Reduce las emisiones de MP y COV.

### Desventajas de su aplicación

- Incrementa el costo de la materia prima.
- Requiere, una inversión inicial en equipos.

### ¿Cuáles son las condiciones de uso?

- Aplicable a todas aquellas fundiciones con potencial sustitución de proveedores de chatarra, y espacio suficiente para llevarla a cabo.
- Si la chatarra es importada, será más difícil controlar de manera efectiva la calidad de la materia prima.

### ¿Cuál es su costo<sup>1</sup>?

- En el caso considerado de una producción media de 500 t de acero/mes, los costos están asociados a la habilitación de un espacio para la selección y al necesario cambio de proveedores. Para ello se ha estimado una inversión de \$5.000.000.
- La implementación de esta técnica reduce los costos de eliminación de la escoria y polvo, además de reducirse el consumo energético.
- Por otro lado, el precio de la chatarra limpia es superior al de la chatarra contaminada.
- En el caso considerado el Periodo de Retorno de la Inversión (PRI) es de aproximadamente 1 año y el Valor Actual Neto (VAN) es de 15 millones de pesos.

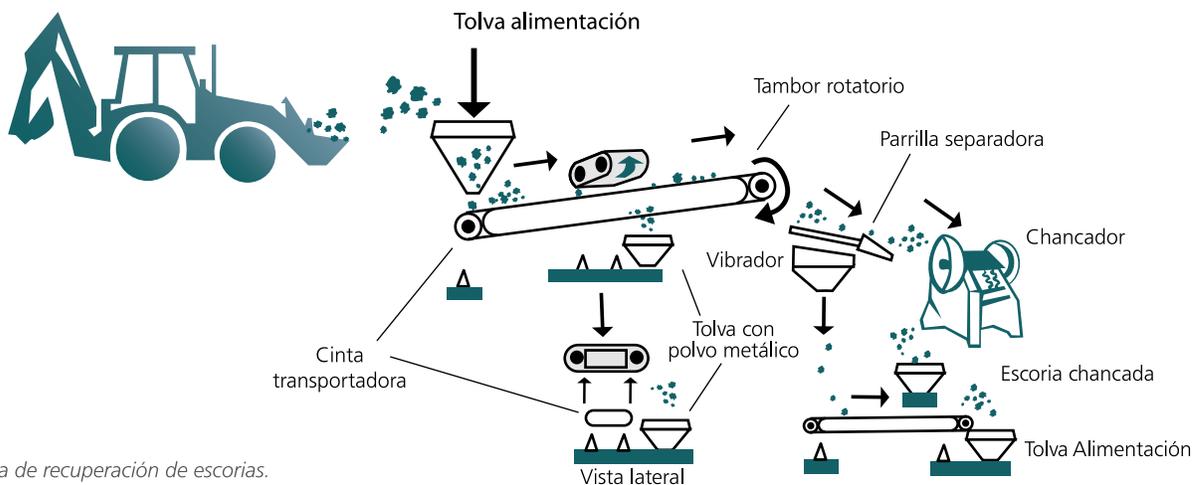
<sup>1</sup>Valor moneda nacional a mayo 2011

## MTD 2: REUTILIZACIÓN DE LAS ESCORIAS CON ALTO CONTENIDO EN METAL EN LA FUNDICIÓN

Consiste en la reutilización de parte de las escorias dentro del proceso, a través de un sistema de tratamiento físico, con la finalidad de recuperar los metales y reutilizar el árido residual como subproducto.

### ¿Cómo se reutiliza la escoria?

- En general, la recuperación de las escorias ferrosas se inicia mediante una **trituration y posterior separación magnética** del acero, el cual se reutiliza en el proceso productivo.
- La escoria de tamaño superior a las 8 pulgadas pasa a un alimentador vibratorio donde, a través de una cinta transportadora llega a un chancador de mandíbula.
- La escoria reducida en el chancador pasa por una cinta transportadora hasta un separador magnético de tambor, realizándose la tercera separación de acero (metálico), obteniéndose una escoria de tamaño menor a las 2,5 pulgadas, la cual podrá ser reutilizada como árido.



Planta de recuperación de escorias.  
Fuente: CPLIASIMET.

Ventajas de su aplicación	Desventajas de su aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprovecha el metal recuperado como materia prima en la fundición.</li> <li>• Disminuye la cantidad de residuos destinada a disposición final.</li> <li>• Genera subproductos (áridos) que se pueden aprovechar en otros sectores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere cierto volumen de generación de escorias (cantidades superiores a 1.000 t/año), y un determinado contenido de metal en la escoria que por la propia naturaleza del proceso de refinación del metal suele ser mínimo. La generación de escorias corresponde aproximadamente a un 6% del total procesado, lo que para las empresas de fundición medianas (unas 3.000 t/año) y pequeñas (alrededor de las 600 t/año) supone una generación de escorias que oscila entre las 180 t/año y las 36 t/año, respectivamente. Para llegar a la generación de escorias necesaria para rentabilizar estas instalaciones es aconsejable la asociación de pequeñas y medianas empresas de fundición.</li> <li>• Requiere una elevada inversión inicial en equipos.</li> </ul>

¿Cuáles son las condiciones de uso?	¿Cuál es su costo?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El reciclaje de escorias se puede llevar a cabo tanto en fundiciones férricas como no férricas, de tamaño mediano a grande.</li> <li>• Es preciso controlar las emisiones de partículas durante el proceso de reciclado, de acuerdo con la normativa vigente.</li> <li>• Esta alternativa resulta interesante desde el punto de vista económico cuando la escoria presenta altos contenidos del metal procesado.</li> <li>• En caso de no compensar la inversión por un volumen limitado de generación de escorias, se puede externalizar el proceso en una planta de reciclaje.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los costos están asociados a la inversión inicial en una planta de tratamiento de escoria. Para una planta con una capacidad de tratamiento de escoria de hasta 10 t/h la inversión necesaria es del orden de \$43 millones<sup>1</sup> con un costo de disposición de la escoria de unos \$9.000/t.</li> <li>• Con una producción anual de escorias de 1.000 t o más, en un máximo de 5 años se amortiza la inversión, sin considerar el beneficio del metal recuperado y retornado al proceso.</li> </ul> <p><sup>1</sup> Consejo Nacional de Producción Limpia y ASIMET. Guía Técnica para el Manejo de Escorias de Fundiciones, 2006</p>

## Caso ilustrativo: Metalbras Ltda.

### Recuperación de escorias de aluminio

Metalbras Ltda. es una fundición mediana que utiliza aluminio como materia prima para la producción de lingotes, estrellas, granulados, polvo y semiesferas.

La empresa evaluó los diferentes tipos de desechos generados por el proceso y se evaluaron las diferentes posibilidades de valorización para cada uno de ellos.

Se identificó como principal residuo valorizable el ESCAL, que se genera en el horno rotatorio y está formado por trozos de fierro, fundente, escoria y altos índices de aluminio recuperable.

Para poder aprovechar este metal se tuvo que modificar el proceso productivo, con el fin de permitir la recuperación manual del aluminio puro presente y poder reincorporarlo al proceso de fundición.

Por otro lado, se identificaron otros tipos de residuos valorizables, que se pueden vender a empresas externas.

La escoria residual de la ESCAL se dispone finalmente en el contenedor de residuos y se elimina posteriormente en recinto autorizado.



## Beneficios

• Beneficio	Minimización de la generación de residuos. Recuperación de un 20%-40% de aluminio.
• Impacto económico	No determinado.
• Inversión	La mayor inversión corresponde a la habilitación de un patio de acopio y manejo de los residuos.
• Costo de operación	No es significativo.
• Recuperación de la inversión	12 meses.

Fuente: Casos de Empresas en Acuerdos de Producción Limpia, 2008 (Consejo Nacional de Producción Limpia).

## MTD 3: VALORIZACIÓN EXTERNA DE ESCORIAS

Consiste en el aprovechamiento de las escorias a través de empresas externas, para recuperar el contenido en metal, así como los subproductos de áridos en diferentes aplicaciones en los sectores de la construcción y la obra civil.

### Recuperación de metales

#### Recuperación de metales férricos

- A partir de una etapa de clasificación y preparación mecánica, se procede a chancar la escoria de mayor tamaño. Luego, se separa el material ferroso del no ferroso mediante un electroimán, y el material residual permite elaborar un árido que puede ser utilizado en empresas de la construcción como aditivo o materia prima.
- En promedio, la escoria ferrosa puede contener desde un 5 a 20% de metal residual, por lo que actualmente existen empresas que se dedican a recuperar este material.
- Como ejemplo, en la Región Metropolitana existe como mínimo una planta recuperadora de metales a partir de escorias ferrosas.

#### Recuperación de metales no férricos

- Las empresas del sector cuentan con procesos físico-químicos a través de los cuales pueden recuperar diferentes tipos de metales. También se utilizan hornos eléctricos para escorias ricas en cobre.
- En el caso de las escorias no ferrosas, existe un conjunto de empresas que comercializan este tipo de residuo por el alto valor de los metales contenidos (cobre, aluminio, zinc).

### Reciclaje de las escorias en otros sectores

#### Construcción de carreteras

- La utilización de escorias como **bases y sub bases** de carreteras es posible dadas sus condiciones de dureza y forma, que permiten, mediante tratamiento mecánico previo, crear esqueletos minerales resistentes, con una elevada capacidad para transmitir las cargas del tráfico a las capas inferiores sin deformarse.
- Esta aplicación puede llevarse a cabo siempre y cuando se verifiquen las **exigencias técnicas y que los resultados del ensayo de lixiviación** realizados sobre la escoria permanezcan por debajo de los límites permisibles.
- Las escorias también se pueden utilizar en la **capa de rodaduras**, aunque la falta de finos procedentes del tratamiento de las escorias requiere la incorporación de ciertas cantidades de materias primas naturales.

#### Elaboración de cemento y hormigón

- Las escorias férricas, por ejemplo, procedentes de las acerías de horno de arco eléctrico, se pueden utilizar en la industria del cemento (como aporte de hierro al clínker o como adición) y como árido para hormigón.
- En este último caso, las escorias se deben triturar y tamizar, para obtener una granulometría similar a la de los áridos naturales.
- En Estados Unidos, la industria cementera ha utilizado las escorias de acerías durante décadas, y últimamente ha crecido el interés por los ahorros energéticos asociados así como la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

#### Otros usos

- Se han reportado otros usos para las escorias, como fertilizante en el sector agrícola, construcción de diques y vías de ferrocarril.

Ventajas de su aplicación	Desventajas de su aplicación
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite la recuperación de metales y el consecuente aprovechamiento de las materias primas.</li> <li>• Conlleva un ahorro asociado a la disposición final de las escorias.</li> <li>• Permite un beneficio potencial por la compra de las escorias como subproductos.</li> <li>• Reduce el consumo de recursos naturales (p.ej. piedra caliza) en otros sectores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se requiere una empresa externa que compre o se haga cargo de las escorias.</li> <li>• Es preciso que las escorias cumplan con los criterios técnicos y ambientales en función de su uso final y con la aprobación administrativa para el uso en cuestión.</li> </ul>

<p><b>¿Cuáles son las condiciones de uso?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicable en fundiciones nuevas o existentes, grandes o pequeñas.</li> <li>• Previo a que las escorias residuales de fundición sean consideradas como aceptables para algún tipo de reciclaje, éstas deberán ser caracterizadas por un laboratorio acreditado para determinar si se trata o no de un residuo peligroso. En dicho caso éste se debe manejar de acuerdo a las exigencias establecidas en el D.S. 148/03 del Ministerio de Salud.</li> </ul>	<p><b>¿Cuál es su costo?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El reciclaje externo de las escorias no implica ningún tipo de inversión para las empresas.</li> <li>• Sin tener en cuenta los precios de compra de las escorias como materias primas en otros sectores, los ahorros tendrían lugar por el precio evitado de disposición final, del orden de \$15.000 por tonelada.</li> </ul> <p style="text-align: right;"><i>Valor moneda nacional a mayo 2011.</i></p>
--	--



## Caso ilustrativo: Omamet

### Valorización externa de escoria no ferrosa

La empresa Omamet, ubicada en San Bernardo, se dedica desde hace 20 años al diseño y fabricación de piezas de bronce, plomo, aluminio y acero, entre otros materiales. Con el fin de obtener valor de la escoria de fundición, OMAMET diseñó un sistema de gestión que incluyó las siguientes acciones:

- Una adecuada segregación en el lugar de generación, depositando el residuo en contenedores o sitios de acopio exclusivos.
- Inspecciones y mantenciones periódicas de los equipos.
- Capacitación periódica del personal en materias referentes a manejo, buenas prácticas operacionales y segregación apropiada de estos residuos.

### Beneficios

- |                     |  |
|---------------------|--|
| • Beneficio         | Reducción de la cantidad de residuos sólidos a eliminar.                 |
| • Impacto económico | \$1.200.000 al año por venta de residuos para su posterior recuperación. |
| • Inversión         | \$50.000 fue el costo de habilitar los contenedores.                     |

Fuente: Casos de Empresas en Acuerdos de Producción Limpia, 2008 (Consejo Nacional de Producción Limpia).

## 4. RECOMENDACIONES PARA MINIMIZAR Y MANEJAR ADECUADAMENTE LAS ESCORIAS



### Qué hacer

- Utilizar chatarra limpia.
- Reducir la temperatura del metal.
- Utilizar adecuadamente los fundentes.
- Utilizar / seleccionar adecuadamente el revestimiento del refractario.
- Seguir las medidas de seguridad necesarias para que el manejo y reciclaje de las escorias.



### Qué no hacer

- Dejar que se produzcan excesos temporales de temperatura.
- Permitir tiempos de permanencia prolongados del metal fundido en el horno de colada
- Gestionar la escoria sin antes haber determinado si se trata de un residuo peligroso o no peligroso.

## 5. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL) y ASIMET. Guía Técnica para el Manejo de Escorias de Fundiciones: <http://www.produccionlimpia.cl>
2. IHOBE, 1999. Libro Blanco para la Minimización de residuos y emisiones. Escorias de Acerías. <http://www.ihobe.net>
3. Ministerio Medio Ambiente, España, 2009. Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea. Forja y Fundición. <http://www.prtr-es.es>
4. US EPA, 1998. Profile of the Metal Casting Industry. Sector Notebook Project. EPA/310-R-97-004. <http://www.epa.gov>
5. National Slag Association (NSA). <http://www.nationalslagassoc.org>
6. CEDEX, 1997. Escorias de Acería de Horno de Arco Eléctrico. Ficha Técnica, Diciembre 2007. <http://www.cedexmateriales.vsf.es/view/catalogo.aspx>
7. Consejo Nacional de Producción Limpia [www.produccionlimpia.cl](http://www.produccionlimpia.cl)
8. Tecnolimpia [www.tecnolimpia.cl](http://www.tecnolimpia.cl)
9. Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas [www.asimet.cl](http://www.asimet.cl)

## PARA OBTENER MAYOR INFORMACIÓN

[www.tecnolimpia.cl](http://www.tecnolimpia.cl)

Solicitar orientación telefónica a:

**600 600 2675**



### Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL)

**Director Ejecutivo** Rafael Lorenzini Paci

**Subdirector de Tecnologías Limpias** Christian Nicolai Orellana

**“Guía de Mejores Técnicas Disponibles para el  
Manejo de Escorias de Metalúrgica en el Sector de Fundición”  
Programa de Tecnologías Limpias para Empresas de Menor Tamaño CPL – UE, 2011**

**ISBN** 978-956-8535-07-0

**Desarrollo de Contenidos** AMPHOS 21

**Revisión de Contenidos** Subdirección de Tecnologías Limpias - CPL

**Diseño y Diagramación** Creanativa

2011, Chile. Consejo Nacional de Producción Limpia  
Almirante Lorenzo Gotuzzo 124, piso 2. Teléfono (56 2) 6884500

Se permite la reproducción parcial o total de su contenido previa la autorización del Consejo Nacional de Producción Limpia.

Tecnolimpia es un programa del Consejo Nacional de Producción Limpia para cuya operación cuenta con el cofinanciamiento de la Cooperación Europea. El objetivo de Tecnolimpia es movilizar a las empresas de menor tamaño para que, a través de la implementación de producción limpia en sus procesos productivos o servicios, mejoren su productividad y posición competitiva.

El Programa de Innovación y Competitividad Unión Europea-Chile es un programa de cooperación ejecutado por diversas instituciones públicas para promover la innovación y el emprendimiento en beneficio del desarrollo económico nacional. En su primera fase, cuenta con un financiamiento de 18,6 millones de euros, aportados en partes iguales por la Unión Europea y el Gobierno de Chile, bajo la coordinación de la Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCI).

La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de la Unión Europea. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva del Consejo Nacional de Producción Limpia y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de la Unión Europea.