

## **Sección VI**

**Orientación/directrices por categorías de fuentes:  
Categorías de fuentes de la Parte III del Anexo C**

**Categoría de fuentes (I) de la Parte III:  
Recuperación del cobre de cables  
por combustión lenta**

# Índice

Lista de tablas .....	i
VI.L Recuperación del cobre de cables por combustión lenta.....	1
1. Descripción del proceso.....	1
2. Fuentes de sustancias químicas que figuran en el Anexo C del Convenio de Estocolmo ....	1
2.1 Información general sobre emisiones de la recuperación térmica de cables de cobre ..	2
2.2 Emisiones de PCDD/PCDF al aire.....	2
3. Procesos alternativos a la recuperación térmica de cables de cobre .....	2
3.1 Corte de cables .....	2
3.2 Desforramiento del cable .....	3
3.3 Incineración de alta temperatura .....	3
4. Resumen de medidas .....	4
Referencias .....	5

## Lista de tablas

Tabla 1. Medidas para instalaciones nuevas de recuperación de cobre de cables .....	4
---	---



## VI.L Recuperación del cobre de cables por combustión lenta

### Resumen

Se suele recuperar la chatarra de cobre quemando a cielo abierto los cables e hilos eléctricos que vienen recubiertos de plástico. Las sustancias químicas del Anexo C del Convenio de Estocolmo se forman probablemente a partir del plástico y los residuos de aceite, con el cobre como catalizador, a temperaturas de fundición que van de 250 °C a 500 °C.

Las mejores técnicas disponibles son el triturado o pelado del cable por medios mecánicos, o la incineración a temperaturas de > 850 °C. Se ha considerado fijar un precio especial para los cables e hilos eléctricos sin pelar, para así promover que se lleve el material intacto a los fundidores que empleen las mejores técnicas disponibles para su tratamiento.

No se puede hablar de niveles de desempeño asociados con las mejores técnicas disponibles, ya que el proceso de recuperación térmica no es una de ellas ni una de las mejores prácticas ambientales, y no debería ser practicada.

### 1. Descripción del proceso

La recuperación térmica de los cables de cobre consiste en la quema a la intemperie de los recubrimientos de plástico de cables e hilos eléctricos, para recuperar cobre usado y otros componentes. Se trata de un proceso que requiere mano de obra, y suele ser una actividad ya sea individual o a pequeña escala, sin medidas para reducir las emisiones al aire. Esta quema se suele realizar en bidones o directamente en el suelo. No se controla la temperatura ni se emplean medios de adicionar oxígeno para lograr la combustión completa de los compuestos de plástico.

La recuperación térmica del cableado de cobre se realiza sobre todo en países en desarrollo, ya que ahí se recicla manualmente mucha chatarra de computadoras. Sin embargo, no es una actividad exclusiva de esos países, de forma que debe ser atendida a escala mundial. Muchos países desarrollados y en desarrollo han aprobado legislación para prohibir la quema a cielo abierto, pero esta práctica se sigue realizando.

En las directrices técnicas para la identificación y gestión ambientalmente racional de desechos de plástico para su eliminación final del Convenio de Basilea sobre el Control de movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación se declara: “La quema al aire libre no es una solución ambientalmente aceptable para ningún tipo de desecho” (UNEP 2002, p. 43). Además, la decisión VII/19 de la séptima reunión de la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea (octubre de 2004) enmendó los Anexos VIII y IX del Convenio a fin de incluir nuevos incisos referentes a la quema no controlada de cables revestidos de plástico. La Ley sobre aire limpio del Reino Unido (Clean Air Act) dispone: “Toda persona que queme los revestimientos de cables a fin de recuperar el metal contenido en ellos incurre en un delito ... [y] será objeto de condena sumaria, con pena de multa ...” (Government of the United Kingdom 1993).

### 2. Fuentes de sustancias químicas que figuran en el Anexo C del Convenio de Estocolmo

Puede darse formación de dibenzoparadioxinas policloradas (PCDD) y dibenzofuranos policlorados (PCDF) en residuos de aceites y por la presencia de cloro de plásticos en la carga. Como el cobre es el metal más eficiente para catalizar la formación de PCDD/PCDF, la quema de cables de cobre puede ser una fuente importantísima de emisiones de PCDD/PCDF.

## **2.1 Información general sobre emisiones de la recuperación térmica de cables de cobre**

La recuperación térmica de los cables de cobre libera varios contaminantes, además de PCDD/PCDF, como el monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), hidrocarburos aromáticos policíclicos, cloruro de hidrógeno, metales pesados y cenizas. La incineración es incompleta debido a las bajas temperaturas de incineración (250 °C a 700 °C), por lo que se generan hidrocarburos y material particulado. Durante el proceso se liberan estabilizadores de plomo, que suelen contener las matrices de polímero de PVC del revestimiento de plástico de los cables. También se libera plomo adicional al quemar los cables de cobre revestidos de plomo. Los contaminantes son emitidos al aire, agua y suelo.

## **2.2 Emisiones de PCDD/PCDF al aire**

La incineración incompleta de plásticos clorados provoca la generación de PCDD/PCDF. Los revestimientos de plástico de los cables de cobre están mayormente compuestos de cloruro de polivinilo (PVC).

“Durante la combustión se forman varias especies de hidrocarburos en forma de anillo (conocidas como ‘precursores’), como productos de reacción intermedios. Si hay presencia de cloro, estas especies pueden reaccionar entre sí para formar PCDD/PCDF. Los precursores más comúnmente identificados son los clorobenzenos, clorofenoles y bifenilos policlorados. Pueden también formarse PCDD/PCDF por la reacción de moléculas orgánicas complejas y cloro. En diversos estudios se han señalado fuertes correlaciones entre el contenido de cloro y las emisiones de PCDD/PCDF durante las pruebas de combustión” (EPA 1997, p. 3–8).

La destrucción de PCDD/PCDF requiere temperaturas por encima de 850 °C en presencia de oxígeno (European Commission 2001).

## **3. Procesos alternativos a la recuperación térmica de cables de cobre**

Para evitar la generación de PCDD y PCDF no debería recuperarse el cobre de los cables por medios térmicos. A continuación se presentan procesos de tratamiento alternativos a la quema al aire libre. El material de aislamiento, por ejemplo PVC, también puede recuperarse por medio de estos procesos.

### **3.1 Corte de cables**

El corte permite separar los recubrimientos plásticos de los cables sin producir PCDD y PCDF por medios térmicos (UNEP 2001). Con este proceso se pueden tratar cables de tipo mixto y diferentes calibres. Los productos que se recuperan son cobre granulado y PVC.

El corte implica los siguientes pasos:

#### **3.1.1 Preselección**

La clasificación previa según el tipo de cable es fundamental para una separación de cables eficiente; permite extraer el máximo valor de la chatarra recuperada y facilita la separación de plásticos. Se clasifica en función del tipo de aleaciones metálicas (separación de cables de cobre y aluminio), diámetro del conductor, longitud del cable y tipo de aislamiento. Los cables sueltos se cortan a < 1 m mientras que los que vienen en balas de alta densidad se rompen en trozos. Se pueden tratar cables desde calibres finos hasta 8 cm. de diámetro. Los materiales que no pueden tratarse por este medio, como el cable extrafino y los cables que contienen grasa o alquitrán, deben retirarse.

“Antes se agregaba PCB al PVC en ciertos sistemas de cables dedicados a aplicaciones de alto voltaje con el fin de mejorar el aislamiento, y en algunos cables de bajo voltaje como pirorretardante. Es preciso determinar la presencia de estos sistemas de cable antes de comenzar el proceso de reciclaje” (UNEP 2001).

Según datos sobre PCB de Alemania, la mayoría de las muestras presentan niveles de contaminación de 30 mg/kg de PCB, y en algunas los niveles de contaminación llegan a cientos de ppm y otros son < 10 ppm.

### **3.1.2 Corte de cables**

Este proceso se usa para reducir secciones largas de cable de modo que sean de un tamaño adecuado para el granulador. Es un proceso opcional en instalaciones más pequeñas. Se genera menos polvo filtrable en comparación con el triturado.

### **3.1.3 Granulación**

El objetivo de la granulación es despojar al metal de aislantes y revestimientos. La granulación fina es necesaria para desprender lo suficiente los plásticos de los metales. Sin embargo, siempre quedarán pequeñas cantidades de metal incrustadas en el plástico, que se perderán como desechos.

### **3.1.4 Cribado**

Se usa el cribado para lograr una recuperación adecuada de metales mediante separación por tamaño de partículas. El material de más tamaño puede volver a procesarse en el granulador. Se pueden recuperar partículas de metal a partir del producto de la criba retirando las partículas no metálicas más livianas por medio de un aspirador. Durante el cribado se debe recolectar y filtrar el polvo.

### **3.1.5 Separación por densidad**

La recuperación de metales depende de la eficiencia de la técnica de separación y el grado de recuperación de metal, liberado de los plásticos. Se puede realizar la separación de las partículas de metal mediante técnicas de separación por densidad tales como los separadores de lechos fluidizados. Los separadores electrostáticos secos pueden permitir una recuperación mayor en comparación con las técnicas de densidad.

## **3.2 Desforramiento del cable**

Es un proceso menos costoso para la recuperación de cobre de cables en comparación con el corte, pero menos productivo. La generación de PCDD y PCDF no es preocupante aquí. Se trata de una técnica preferida en los países en desarrollo a causa de su menor costo. También se debe realizar una preselección de los cables antes de desforrarlos, teniendo en cuenta el tipo de metal, material de aislamiento, diámetro del conductor y longitud (UNEP 2001, p. 44).

A pesar del menor rendimiento se puede recuperar completamente el cobre, ya que no quedan residuos en el aislamiento de plástico. Con una separación cuidadosa por tipo de aislamiento se pueden obtener desechos que contengan un sólo tipo de polímero, lo cual facilita el reciclaje tanto del metal como del plástico.

Las desforradoras de cable no pueden procesar sino un filamento de cable a la vez, con velocidades de procesamiento que llegan a 60 m/min. o 1100 kg/min., y diámetros de cable de 1,6 mm a 150 mm.

## **3.3 Incineración de alta temperatura**

La incineración de alta temperatura sólo debe usarse para el tratamiento de cables que no pueden recuperarse por desforramiento o corte. Los materiales como el cable fino y los cables con contenido de grasa o alquitrán son quemados en incineradores con atmósfera controlada, para asegurar la combustión completa de los plásticos. Deben emplearse sistemas efectivos de limpieza de gases de combustión. (UNEP 2001, p. 46).

Los gases residuales del horno contienen contaminantes como el PCDD, PCDF, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), cloruro y fluoruro de hidrógeno y polvo. Como el PCDD y el PCDF adsorben material particulado, debe recolectarse el polvo usando métodos eficientes como filtros de tela y reciclarse en el horno. Debe considerarse la posibilidad de postincineración y enfriamiento

después de la incineración en caso de que no se logre eliminar el PCDD y el PCDF. Debe eliminarse el SO<sub>2</sub> y el cloruro y fluoruro de hidrógeno por depuración húmeda alcalina.

La chatarra de metal incinerada tiene menos valor a causa de la oxidación provocada por el tratamiento térmico. La incineración tiene un alto potencial de generación de PCDD y PCDF. El corte y desforramiento de cables son procesos más recomendables que la incineración a alta temperatura, por ser más económicos y ambientalmente racionales. Los tipos de cable que no puedan procesarse de estas maneras pueden tratarse en fundidoras de cobre primario o secundario.

#### 4. Resumen de medidas

En la tabla 1 se resumen las medidas para las instalaciones nuevas de recuperación de cobre de cables.

**Tabla 1. Medidas para instalaciones nuevas de recuperación de cobre de cables**

Medida	Descripción	Consideraciones	Otros comentarios
Procesos alternativos	Distintos procesos recomendados para reemplazar la quema al aire libre.	Procesos que pueden considerarse: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Triturado de cables</li> <li>• Desforramiento de cables</li> <li>• Incineración de alta temperatura para material que no pueda ser triturado o desforrado</li> </ul>	Se considera que la incineración es la mejor técnica disponible en combinación con sistemas para recolección y disminución de gases.

No debe realizarse la recuperación térmica de cobre de cables, ya que produce emisiones de PCDD y PCDF. La quema al aire libre no debe considerarse nunca como medio aceptable de tratamiento de desechos. En muchos países se han promulgado normativas y leyes contra de la recuperación térmica de cobre de cables en los ámbitos federal, estatal, provincial, territorial y municipal.

Tenemos algunos ejemplos de estas normativas y leyes en UNEP 2001, Government of the United Kingdom 1993, Government of Hong Kong 1996 y Government of New Zealand 2004.

Se ha considerado fijar un precio especial para los cables y alambres sin pelar, para así promover que se lleve el material intacto a las fundiciones que empleen las mejores técnicas disponibles para su tratamiento.

No procede hablar de límites de desempeño alcanzable, puesto que el proceso de recuperación térmica no es la mejor técnica disponible ni la mejor práctica ambiental, y no debería realizarse.

## Referencias

EPA (United States Environmental Protection Agency). 1997. *Locating and Estimating Air Emissions from Sources of Dioxins and Furans*. EPA-454/R-97-003. EPA, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, Washington, D.C.

European Commission. 2001. *Reference Document on Best Available Techniques in the Non-Ferrous Metals Industries*. BAT Reference Document (BREF). European IPPC Bureau, Seville, Spain. [eippcb.jrc.es](http://eippcb.jrc.es).

Government of Hong Kong. 1996. *Air Pollution Control Ordinance (Open Burning) 1996*. Chapter 3110, Section 4. [www.justice.gov.hk/home.htm](http://www.justice.gov.hk/home.htm).

Government of New Zealand. 2004. *Resource Management National Environmental Standards Relating to Certain Air Pollutants, Dioxins, and Other Toxics Regulations*. [www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html](http://www.mfe.govt.nz/laws/standards/air-quality-standards.html)

Government of the United Kingdom. 1993. *Clean Air Act 1993 (c.11)*. Part IV, No. 33. [www.hmso.gov.uk/acts/acts1993/Ukpga\\_19930011\\_en\\_5.htm#mdiv33](http://www.hmso.gov.uk/acts/acts1993/Ukpga_19930011_en_5.htm#mdiv33).

UNEP (United Nations Environment Programme). 2002. *Technical Guidelines for the Identification and Environmentally Sound Management of Plastic Wastes and for Their Disposal*. UNEP, Geneva. [www.basel.int/meetings/cop/cop6/cop6\\_21e.pdf](http://www.basel.int/meetings/cop/cop6/cop6_21e.pdf).