

# ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES (COPS)

## IPEN Hoja Informativa

Resulta una visión de sentido común para efectuar la disposición de Compuestos Orgánicos Persistentes (COPs) priorizar las tecnologías alternativas a la combustión\* por sobre tecnologías de combustión, que se convierten a su vez en nuevas fuentes de liberaciones no intencionales de COPs. De hecho, el Convenio de Estocolmo sobre COPs, adoptado en Estocolmo el 22 de mayo, 2001, que es una ley internacional y entró en vigencia el 17 de marzo de 2004, apoya plenamente este enfoque. El Artículo 5 (c) establece que las partes del Convenio están obligadas a “promover” procesos y “prevenir” la formación y liberación de químicos tales como dioxinas, furanos, bifenilos policlorados (PCBs) y hexaclorobenceno (HCB). El Artículo 5 (d) y (e) del Convenio obliga a las partes a “promover” el uso de mejores técnicas disponibles (MTD o BAT por su sigla en inglés) y mejores prácticas ambientales (MPA o BEP) para prevenir y reducir las liberaciones de COPs en fuentes nuevas<sup>1</sup>. El Convenio también aclara muy específicamente que la palabra “mejores” en el contexto de MTD y MPA significa “más eficaces para lograr un alto grado general de protección del medio ambiente en su conjunto”<sup>1</sup>.

Las tecnologías alternativas, que no involucran la combustión, no solo previenen la formación y liberación de COPs de producción no intencional sino que tienen costos de capital y operativos mucho menores que los incineradores que están equipados con dispositivos de control de la contaminación y monitoreo de tecnología de punta.<sup>2</sup>

Generalmente, esas tecnologías convierten los COPs/ residuos con COPs en sustancias menos dañinas a través de medios físicos y químicos. Tanto la “Eficiencia de Destrucción (ED)” como la “Eficiencia de Destrucción y Eliminación (EDE)”<sup>3,4</sup> de estas tecnologías aplicadas a los COPs han sido evaluadas y reportadas por organismos tales como FAO<sup>3</sup>, Medio Ambiente de Australia<sup>4</sup>, el Departamento de Defensa<sup>5</sup> y Departamento de Energía<sup>6</sup> de EEUU.

Hay tecnologías que no involucran la combustión que están comercializadas y funcionan con licencia en plantas para destruir existencias acumuladas con altas concentraciones de COPs,

específicamente cabe subrayar las siguientes: Reducción Química en Fase Gaseosa (RQFG), Descomposición Catalizada por Base (DCB), Reducción por Sodio (RS) y Oxidación en Agua Supercrítica (OAS)<sup>7</sup>. Esas tecnologías alternativas a la combustión, que se encuentran comercializadas, se describen y discuten aquí.

### Reducción Química en Fase Gaseosa (RQFG)

Esta tecnología probablemente sea la que tiene un mejor historial entre las tecnologías de destrucción que no involucran la combustión y ha sido usada para manejar residuos con COPs durante los últimos ocho años<sup>7</sup>. En el proceso de RQFG, la reacción de destrucción de COPs se produce en una atmósfera reducida desprovista de oxígeno, donde es improbable que se produzcan dioxinas y donde también se descompondrían las dioxinas presentes en los residuos<sup>3,8,9</sup>. El proceso se basa en la reacción de reducción en fase gaseosa con hidrógeno de compuestos orgánicos y organoclorados. En condiciones de temperatura entre 800 y 900 °C y baja presión, el hidrógeno reacciona con compuestos como PCBs, DDT, HCB y mezclas de pesticidas, reduciéndolos principalmente a metano y cloruro de hidrógeno y a una cantidad menor de hidrocarburos livianos. El cloruro de hidrógeno se neutraliza con hidróxido de sodio y es recuperado como cloruro de sodio. Como la reacción con el hidrógeno se produce en fase gaseosa, se necesita realizar un pre-tratamiento a los residuos sólidos y líquidos. Las tecnologías de pre-tratamiento están desarrolladas y son utilizadas comúnmente. Los residuos sólidos son tratados directamente sin efectuarles ninguna reducción de tamaño o trituración<sup>7,10,11</sup>.

Dependiendo de la resistencia de los residuos y del equipo de pre-tratamiento, se pueden disponer hasta 100 toneladas de residuos por día a través de la tecnología de RQFG. Esta tecnología de destrucción puede ser aplicada a todos los COPs, incluyendo residuos con altas concentraciones de COPs, transformadores, capacitores y aceites con PCBs<sup>7,11</sup>.

## Desempeño del proceso de RQFG:

Este proceso ha demostrado tener una alta Eficiencia de Destrucción (ED) para HCB, PCBs, residuos contaminados con dioxinas/furanos y mezclas de pesticidas clorados. En pruebas de desempeño a escala comercial realizadas en Canadá, se reportaron ED del 99,999% para PCBs y HCB. Las dioxinas y furanos que estaban presentes como contaminantes en los aceites con PCBs también fueron destruidos por este proceso con una ED de 99,999%. Pruebas similares realizadas en Japón para evaluar la destrucción de dioxinas/furanos en residuos a través del proceso de RQFG también mostraron altas ED, de 99,9999%<sup>7,11</sup>.

## Consideraciones Ambientales:

Todas las emisiones y los residuos del proceso de RQFG pueden ser capturados para su análisis y reprocesamiento si se lo desea<sup>7,11</sup>. Entre los residuos generados por el proceso se encuentran gases, líquidos de depuración, arenilla y barros producidos en el tratamiento de gases. No se han detectado dioxinas/furanos en los gases que resultan del proceso de RQFG. En Canadá no se reportaron emisiones descontroladas en la aplicación de este proceso para la destrucción de materiales con PCBs<sup>13</sup>.

Esta tecnología cuenta con licencia comercial y ha sido utilizada en Australia, Japón y Canadá. Además, en la República de Eslovaquia se planea realizar un nuevo proyecto de demostración para destruir COPs a través del proceso de RQFG<sup>7</sup>.

## Descomposición Catalizada por Base (DCB)

Esta tecnología ha sido utilizada para tratar residuos con COPs de alta resistencia contaminados con DDT, PCBs, dioxinas y furanos. LA DCB es una versión revisada y nueva del proceso de Decloración Catalizada por Base, que fue desarrollado con anterioridad por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA, por su

sigla en inglés) para remediar suelos y sedimentos contaminados con compuestos orgánicos clorados<sup>14</sup>.

En el proceso de DCB, se calientan los residuos sólidos o líquidos a 300 hasta 350 °C bajo una atmósfera de nitrógeno con presión normal en presencia de una mezcla de hidrocarburos con alto punto de ebullición, hidróxido de sodio y un catalizador. Durante el proceso el hidrógeno atómico altamente reactivo producido por la mezcla calentada descompone los compuestos organoclorados y otros residuos, formando sales inorgánicas, residuos inertes y agua. El catalizador utilizado en la DCB se separa luego de los residuos, y es recuperado y reutilizado<sup>7,8,15</sup>.

Con la tecnología de DCB se pueden disponer hasta 20 toneladas por hora de residuos sólidos contaminados y 9000 litros de líquidos por lote. Se han desarrollado unidades más pequeñas basadas en el proceso de DCB. Los suelos o sedimentos contaminados requieren algún pre-tratamiento como desorción térmica antes de la DCB. Esta tecnología es utilizada más comúnmente para residuos líquidos<sup>7</sup>.

## Desempeño del Proceso de DCB:

En las plantas antiguas de DCB se observaron descargas cuantificables de compuestos organoclorados y dioxinas al aire, pero en las plantas modificadas se han reportado EDE >99,99999% para un contenido de DDT de 30% y >99,999999 para un contenido de PCB de 90%<sup>16</sup>. En operaciones de prueba, se han reportado altas ED para HCB, DDT, PCBs, dioxinas y furanos<sup>7</sup>.

## Consideraciones Ambientales:

Todas las emisiones y residuos del proceso de DCB pueden ser capturados para su análisis y reprocesamiento si se desea. Se considera en general que la tecnología de DCB es una tecnología de bajo riesgo<sup>7</sup>. Se ha reportado que las emisiones de dioxinas y furanos en gases de salida en la destrucción de residuos de PCBs a través de la tecnología DCB son muy bajas com-

paradas con otras tecnologías de combustión. La tecnología de DCB ha sido utilizada para la destrucción de 42.000 toneladas de existencias acumuladas de suelos contaminados con PCBs<sup>17</sup>. De forma similar, esta tecnología fue aplicada para la descontaminación del sitio Spolana Neratovice en República Checa, altamente contaminado con dioxinas. Desafortunadamente, los barros y agentes de aceites usados ya descontaminados fueron consecuentemente quemados en el incinerador de residuos operado por SITA Bohemia en República Checa<sup>18</sup>.

Esta tecnología cuenta con licencia comercial en Australia, EEUU, México, España, República Checa y en países vecinos a países de Europa Central y Occidental<sup>7</sup>.

## Oxidación en Agua Supercrítica (OAS)

En esta tecnología se utilizan las propiedades únicas del agua supercrítica (con temperatura > 374° C y presión > 22 MPa) para la oxidación y descomposición completa de residuos y sustancias orgánicas tóxicas. En los primeros sistemas constantemente se encontraban problemas de confiabilidad y de corrosión del material de la planta. Esos problemas ya han sido efectivamente solucionados con la utilización de materiales anti-corrosivos y diseños especiales de la planta. Una planta a escala comercial basada en el proceso de OAS se encuentra actualmente operando en Japón. Este proceso ha sido recientemente aprobado para desarrollo y uso a escala completa en EEUU tras una efectiva demostración a escala piloto y de desarrollo<sup>7,12,19</sup>.

El agua supercrítica es conocida por poseer características extremadamente buenas como catalizador de la reacción de descomposición por oxidación, disolviendo libremente el material orgánico y el oxígeno<sup>10</sup>. La OAS es un proceso que funciona con altas temperaturas y alta presión, llevado a cabo en un sistema compacto totalmente cerrado, con temperatura de 400 - 500 °C y presión de 25 MPa, donde la oxidación procede rápidamente a completarse. Los productos de descomposición incluyen dióxido de carbono, agua y áci-

dos o sales inorgánicas. El sistema se limita al tratamiento de líquidos y sólidos con un contenido orgánico < 20% y a sólidos de < 200 micrones de diámetro. Los residuos con alto contenido de PCBs hacen ácido (bajo pH) al producto residual del proceso y, para evitar la corrosión del material de la planta y de las cañerías adjuntas, se neutraliza con el uso de álcali<sup>12,19</sup>.

Las plantas que utilizan la OAS actualmente en demostración tienen una capacidad de 400 kg/hora, y existen planes de aumentar la capacidad a 2700/hora. La OAS ha sido utilizada para la disposición de una amplia variedad de materiales, incluyendo todo tipo de COPs, químicos orgánicos industriales, químicos de agricultura, explosivos y para el tratamiento de una amplia variedad de contaminantes como corrientes de residuos acuosos, barros y aguas residuales, contaminados con PCBs, pesticidas, cianuro, alifáticos halogenados y aromáticos<sup>10,12</sup>.

### Desempeño del proceso de OAS:

Se ha reportado una Eficiencia de Destrucción y Eliminación (EDE) > 99,99994% para el tratamiento de residuos contaminados con dioxinas y > 99,999% para el tratamiento de numerosos compuestos orgánicos peligrosos (incluyendo solventes clorados, PCBs y pesticidas)<sup>12,20</sup>. Pruebas realizadas a escala de laboratorio han demostrado el potencial de alta eficiencia de destrucción de COPs que tiene esta tecnología<sup>7</sup>.

### Consideraciones Ambientales:

Todas las emisiones del proceso de OAS pueden ser capturadas para su análisis y reprocesamiento si se desea. Las emisiones gaseosas no se consideran significativas, destacándose el nivel de monóxido de carbono en < 10 ppm, y tampoco contienen material particulado, óxidos de nitrógeno, cloruro de hidrógeno u óxidos de azufre<sup>21</sup>. Estudios recientes mostraron que durante la destrucción de PCBs con esta tecnología puede producirse una formación de PCDD/Fs bajo condicio-

nes específicas<sup>22</sup>, así que requiere un monitoreo de liberación de COPs y una operación completamente controlada.

### Reducción por Sodio (RS)

Se considera que esta tecnología ya está bien establecida y ha sido utilizada comercialmente durante algunos años para tratar aceites contaminados con PCBs tanto en altas como en bajas concentraciones. La tecnología es transportable y ampliamente utilizada para remover in situ PCBs de transformadores activos<sup>7</sup>. En el proceso de RS, se elimina completamente el cloro de los PCBs por la reducción de metal alcali, con sodio dispersado en aceite mineral. El proceso de de-cloración se realiza agitando la mezcla de reactivos bajo una atmósfera de nitrógeno seco a presión normal. El tamaño del sodio metálico, su concentración y las temperaturas óptimas de reacción varían con el tipo de proceso de RS utilizado. El pretratamiento incluye la eliminación de la humedad de los reactivos. Al final de la reacción, se elimina el exceso de sodio agregando agua. En el proceso de RS se forma una mínima cantidad de residuos sólidos. Los sub-productos incluyen agua, cloruro de sodio, hidróxido de sodio y bifenilos. El aceite tratado puede ser reutilizado<sup>8</sup>.

Han sido operadas plantas móviles que utilizan la tecnología de RS con capacidad para disponer 15.000 litros/día de aceite de transformadores contaminados con PCBs. Se reportaron valores de Eficiencia de Destrucción (ED) mayores al 99,999 por ciento y valores de Eficiencia de Destrucción y Eliminación (EDE) de 99,9999 por ciento para clordano y hexaclorobenceno. Para otros COPs no se han reportado ED ni EDE en relación al proceso de RS. Es probable que haya emisiones de nitrógeno e hidrógeno, y también falta información sobre emisiones de orgánicos. Sin embargo, el procesamiento de RS para el tratamiento de aceite de transformadores ha mostrado cumplir exitosamente con los criterios regulados en EEUU, la UE, Canadá, Australia, Japón y Sudáfrica. Esta tecnología se encuentra ampliamente disponible en todo el mundo<sup>7</sup>.

### Otras tecnologías que no involucran la combustión

El asunto de las tecnologías que no involucran la combustión para destruir residuos con COPs es un área desafiante en la que se desarrollan nuevas tecnologías pero los conocimientos y la implementación sobre dichas tecnologías son limitados. Hay más tecnologías disponibles en escala completa (por ejemplo de modo continuo por el proceso de deshalogenación química (CDP) de circuito cerrado utilizado para la remediación in situ de transformadores con PCBs en Cyprus<sup>24</sup>) y algunas tecnologías prometedoras que podrían ser usadas en el futuro, por ejemplo para remediar cenizas volantes de incineradores contaminadas con PCDD/Fs, así como residuos con PCBs (en base a diferentes reacciones de catalizadores<sup>25,26</sup>).

En la reunión del Grupo de Trabajo de Basilea sobre las "Directrices de Basilea sobre Residuos con COPs", recientemente finalizada, el grupo acordó recomendar que las tecnologías aplicadas deberían ser capaces de alcanzar una Eficiencia de Destrucción (DE) de 99,9999%, cuando estén operando con residuos que consisten en, o contienen COPs, con un contenido de COPs >1%. El grupo también acordó recomendar, entre otras, a las tecnologías descritas más arriba, RQFG, y RS para ser clasificadas como "Ambientalmente adecuadas y disponibles comercialmente<sup>27</sup>." En estudios recientes también se recomienda preparar una evaluación de las tecnologías de disposición de COPs basadas en una evaluación completa de EQT (incluyendo tanto sus elementos: PCDD/F como PCBs en EQT) que incluirá tanto la formación de PCBs como de PCDD/Fs.

Preparado por Mahmood A. Khwaja  
(Sustainable Development Policy  
Institute, Islamabad, Pakistán,  
e-mail: khwaja@sdpi.org  
<http://www.sdpi.org>),  
Edición de octubre de 2004

Actualizado por Jindrich Petrlik  
(Arnika Association - Programa de  
Tóxicos y Residuos,  
Praga, República Checa,  
e-mail: jindrich.petrlik@arnika.org,  
<http://english.arnika.org>),  
Edición de abril de 2005

## Grupo de trabajo de IPEN sobre dioxinas, PCBs y residuos

El Grupo de Trabajo de IPEN sobre dioxinas, PCBs y residuos fue creado en mayo de 2001 en Suecia, luego de acordarse el texto del Convenio de Estocolmo. El Grupo de trabajo, dentro de sus posibilidades y recursos, trabaja para asegurar que las medidas relacionadas con solucionar el problema de las dioxinas, los PCBs y los residuos sean interpretadas adecuadamente y completamente incorporadas en las Actividades de Apoyo y Planes Nacionales de Implementación. Además trabaja para promover políticas y prácticas en cada región y país, que apunten a eliminar las dioxinas y PCBs; y que apunten a la reducción y eliminación de los residuos, y a un manejo adecuado de los materiales residuales.

### Contacto con la Secretaría:

Arnika Association  
Chlumova 17, Praga 3  
CZ 130 00, República Checa  
tel/fax: +420 222 781 471  
e-mail: ipen-dioxin@arnika.org  
sitio web: <http://www.ipen.org>

### Referencias

1. "Convenio de Estocolmo sobre Compuestos Orgánicos Persistentes", United Nations Environment Programme, 2001.
2. Petrlik J., "Global NGOs Community and Chemical Conventions with a Special Reference on Stockholm Convention", Arnika Association, República Checa, 2004.
3. "Disposal of Bulk Quantities of Obsolete Pesticides in Developing Countries", United Nations Food and Agriculture Organization, 1996.
4. "Appropriate Technologies for the Treatment of Scheduled Wastes", Review Report Number 4, Environment Canada, 1997.
5. "U.S. Army Chemical Demilitarization and Remediation Activity", Delivery Order Number 136, Combined 3<sup>rd</sup> & 4<sup>th</sup> Quarterly Report, U.S. Army, 1996.
6. Schwinkendort W., McFee J., et al., "Alternatives to Incineration", U.S. Department of Energy, Office of Technology Department, 1995.

7. "Review of Emerging, Innovative Technologies for the Destruction and Decontamination of POPs and the Identification of Promising Technologies for Use in Developing Countries", The Scientific and Technical Advisory Panel of the GEF, UNEP 2003.
  8. "PCB Treatment Technologies Based on the Waste Disposal and Clean Up Law", (29 Profiles), Septiembre, 2003.
  9. Kummling K., Festarini L., et al., "An Evaluation of Levels of Chlorinated Aromatic Compounds in ECO LOGIC Process Stack Outputs", Organohalogen Compounds. 32, 1997.
  10. Environment Australia 1997
  11. "Gas Phase Chemical Reduction (GPCR)", Non-Incineration Technology Fact Sheet # 4 Greenpeace.
  12. Costner P., Luscombe D. and Simpson M., "Technical Criteria for the Destruction of Stockpiled Persistent Organic Pollutants", Greenpeace 1998.
  13. ELI Eco Logic International, Inc. 1996.
  14. "Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide", 3ra edición, octubre, 1997.
  15. "Examples of Commercial Scale POPs Stockpile Destruction Technologies", Non-Incineration Fact Sheet #3, Greenpeace.
  16. Bridle T. and Campbell K. R., "Destruction of Organochlorine Compounds Using the Eco logic Process", 3<sup>rd</sup> National Hazardous and Solid Waste Convention, Sydney 26 - 30 Mayo, 1996.
  17. US EPA Risk Reduction Engineers Laboratory, 1993
  18. National Research Council, 1993
  19. BCD CZ, "Projekt Spolana - dioxiny" informe para el proceso de EIA, BCD CZ, Praga, 2004.
  20. Congreso EEUU, 1991
  21. Thomson T. B., Hong G. T. et al., "The MODAR Supercritical Oxidation Process", publicado en Freeman H. M. (Ed), "Innovative Hazardous Waste Treatment Technology Series", Volumen 1, Technomic Publishing Inc. 1990.
  22. Weber R., "Relevance of PCDD/PCDF Formation for the Evaluation of POPs Destruction Technologies - PCB Destruction by Super Critical Water Oxidation (SCWO)". Organohalogen Compounds - Volumen 66 (2004), 1281-1288.
  23. Ministry of Environment of Japan, 2004.
  24. Tumiatti V., Tumiatti C., Tumiatti M., "Oil, PCBs & POPs: The inventory, management and decontamination in electrical networks" in UNEP Chemicals "Consultation Meeting on PCB Management and Disposal under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Geneva, Switzerland, 9 - 10 June 2004,"
  25. Weber R., "Relevance of PCDD/PCDF Formation for the Evaluation of POPs Destruction Technologies - PCB destruction over a TiO<sub>2</sub>-Based V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-WO<sub>3</sub> Catalyst". Organohalogen Compounds - Volume 66 (2004), 1289-1295.
  26. Pekarek V., "Technology of catalytic dehalogenation of POPs compounds" in International Workshop on Non-combustion Technologies for Destruction of POPs, ed. Arnika/Grupo de Trabajo de IPEN sobre Dioxinas, PCBs y Residuos, Praga 2003.
  27. UNEP, Convenio de Basilea, "General Technical Guidelines for Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Persistent Organic Pollutants", Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal Seventh meeting Geneva, 25-29 October 2004. UNEP/CHW.7/8/Add.1/Rev.1
- \* Tecnologías alternativas a la combustión o tecnologías que no involucran la combustión: los procesos que operan en una atmósfera con baja presencia de oxígeno o presencia a nivel de ambiente.
- \*\* Las eficiencias de Destrucción (ED) se determinan considerando la presencia de químicos de preocupación que están sin destruir en todos los residuos, gaseosos, líquidos y sólidos. Las eficiencias de Destrucción y Eliminación (EDE) se determinan considerando solo los residuos gaseosos.