

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS

PARA EL MEDIO AMBIENTE

Naciones Unidas

Inventario de la capacidad mundial de destrucción de bifenilos policlorados

Primer número
Diciembre de 1998

Preparado por Productos Químicos, PNUMA, en cooperación
con la Secretaría del Convenio de Basilea (SCB)

IOMC

PROGRAMA INTERINSTITUCIONAL PARA EL MANEJO ADECUADO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

Acuerdo de cooperación entre PNUMA, OIT, FAO, OMS, ONUDI, UNITAR y OCDE



Naciones Unidas

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA EL MEDIO AMBIENTE



PNUMA

Inventario de la capacidad mundial de destrucción de bifenilos policlorados

Preparado por Productos Químicos, PNUMA, en cooperación
con la Secretaría del Convenio de Basilea (SCB)

Primer número
Diciembre de 1998

Con la presente publicación se trata de facilitar una primera guía sobre instalaciones disponibles para la destrucción de PCB. Aun considerando que la información que aquí se da es fidedigna, el PNUMA declina toda responsabilidad en cuanto a posibles inexactitudes u omisiones y a las consecuencias que éstas puedan tener. Ni el PNUMA ni ninguna de las personas implicadas en la preparación del presente informe podrán ser tenidos por responsables de cualquier tipo de lesión, pérdida, daño o perjuicio que pueda causarse a personas que hayan actuado según hayan comprendido la información presentada en esta publicación.

La designación empleada y la presentación del material del presente informe no expresan en ningún modo ningún tipo de opinión por parte de las Naciones Unidas o del PNUMA con respecto a la situación jurídica de ningún país, territorio, ciudad o área o a ninguna de sus autoridades, ni tampoco en relación con cualquier tipo de delimitación de sus fronteras o límites.

Esta publicación se ha preparado en virtud de un contrato con AEA Technology Environment. Las opiniones expresadas en el documento no reflejan necesariamente las propias del PNUMA.

La fotografía de la cubierta procede del proyecto piloto PNUMA/SCB en Côte d'Ivoire, 1997.

Reimpresión (septiembre de 1999). **Nota:** Esta segunda impresión difiere de la primera por incorporar numerosas correcciones de estilo y por la información que figura sobre Reducción química en fase gaseosa.

Esta publicación se ha producido dentro del marco del Programa Interinstitucional para el Manejo Adecuado de los Productos Químicos (IOMC)

El material que figura en la presente publicación se puede citar o reimprimir libremente, pero citando su origen y haciendo referencia al número de documento correspondiente. Deberá enviarse a Productos Químicos, PNUMA, una copia de la publicación que contenga la cita o reimpresión.

El Programa Interinstitucional para el Manejo Adecuado de los Productos Químicos (IOMC) fue establecido en 1995 por el PNUMA, OIT, FAO, OMS, ONUDI y OCDE (organizaciones participantes), a raíz de las recomendaciones formuladas en 1992 por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo con miras a reforzar la cooperación y aumentar la coordinación en el campo de la seguridad química. En enero de 1998, UNITAR se unió oficialmente al IOMC como organización participante. El objetivo del IOMC consiste en fomentar la coordinación de las políticas y actividades de las organizaciones participantes, conjuntamente o por separado, con miras a la buena gestión de las sustancias químicas en relación con la salud humana y el medio ambiente.

Para obtener copias del presente informe, dirigirse a:

UNEP Chemicals
11-13 chemin des Anémones
CH-1219 Châtelaine (Geneva), Switzerland
Tel.: +41 22 / 917 8170
Fax.: +41 22 / 797 3460
E-Mail: chemicals@unep.ch

**PNUMA
Productos Químicos**

INDICE

Página

Prefacio

1.	Resumen ejecutivo	1
2.	El Inventario	1
3.	Antecedentes	2
4.	El cuestionario	5
5.	Procesos de descontaminación de equipos contaminados por PCB	5
6.	Procesos de destrucción de desechos de PCB	6
6.1.	Incineración	7
6.2.	Procesos de dechloración	9
6.2.1.	Dechloración química	9
6.2.2.	Hidrotratamiento	10
6.2.3.	Tecnología de electrones solvatados	10
6.3.	Sistemas de plasma de arco eléctrico	11
6.4.	Terraplenado	11
6.5.	Reducción química en fase gaseosa	12
7.	Almacenamiento y transporte	13
8.	Capacidad mundial de destrucción de PCB	14
8.1.	Introducción	14
8.2.	Africa	17
8.3.	Europa	18
8.4.	Asia y el Pacífico	31
8.5.	Asia occidental	34
8.6.	América Latina y el Caribe	36
8.7.	América del Norte	37
8.8.	Inquietudes de los encuestados	44
8.9.	Necesidades de investigación y desarrollo	45
8.10.	Resumen	46

Apéndices

Apéndice 1	Copia del cuestionario	49
Apéndice 2	Fuentes de información	52
Apéndice 3	Directrices técnicas sobre desechos que comprenden o contienen PCB, PCT y PBB, preparadas por el Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación	53

Prefacio

Los bifenilos policlorados (PCB) son sustancias químicas persistentes, bioacumulables y que pueden causar efectos adversos sobre la salud humana y el medio ambiente. Se ha aceptado ampliamente la idea de que la utilización de estas sustancias persistentes bioacumulables y tóxicas no puede considerarse como una práctica sostenible. Sin embargo, y por distintas razones sociales y económicas, estas sustancias aún se siguen utilizando y/o liberando al ambiente. Habiéndose puesto de manifiesto un transporte a larga distancia de estas sustancias hasta regiones donde nunca se habían utilizado ni producido y de las consiguientes amenazas para el medio ambiente del mundo entero, la comunidad internacional ha pedido que se adopten con urgencia medidas globales que permitan reducir y eliminar las liberaciones de esas sustancias químicas.

El Consejo de Administración del PNUMA, en su 19º período de sesiones, celebrado en febrero de 1997, llegó a la conclusión de que era menester adoptar medidas internacionales, entre ellas un instrumento jurídicamente vinculante, para reducir los riesgos que representa para la salud humana y el medio ambiente la liberación de los 12 contaminantes orgánicos persistentes (COP) enumerados (PCB, dioxinas y furanos, aldrina, dieldrina, DDT, endrina, clordano, hexaclorobenzeno, mirex, toxafeno y heptacloro). Pidió al PNUMA que preparara y convocara para comienzos de 1998 un comité intergubernamental de negociación (CIN) con el mandato de preparar un instrumento internacional jurídicamente vinculante para poner en práctica medidas internacionales, en un principio respecto de los 12 COP indicados. Además, el Consejo de Administración del PNUMA pidió también al PNUMA que iniciara la adopción inmediata de medidas para elaborar y compartir información; mantenerse al corriente de los logros de las estrategias aplicadas y evaluarlos; individualizar alternativas a los COP; identificar fuentes de dioxinas y furanos y aspectos de su manejo; determinar la presencia de PCB y hacer los correspondientes inventarios; y determinar la capacidad mundial de destrucción de PCB.

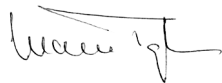
Para promover la elaboración y el intercambio de informaciones sobre los 12 COP especificados, el PNUMA ha establecido una red de puntos focales designados por los gobiernos para el intercambio de información técnica y la obtención de pericia para el desarrollo de diversos productos. A fines de 1998, 88 gobiernos habían designado 168 puntos focales.

En el curso de 1998, los puntos focales sobre COP del PNUMA han acopiado información sobre las instalaciones de destrucción de PCB disponibles, y junto con datos de otras fuentes, en particular de la Secretaría del Convenio de Basilea (SCB), esa información ha sido incorporada al presente Inventario sobre la capacidad mundial de destrucción de PCB. El Inventario enumera las instalaciones capaces de almacenar, manejar y eliminar PCB en distintas formas, y será un útil instrumento para las autoridades nacionales y otras entidades implicadas en el manejo de PCB.

El Inventario ha sido preparado por contrato por AEA Technology Environment, Culham, Abingdon, OX14 3DB, en el Reino Unido. Y las opiniones expresadas en el presente documento no corresponden necesariamente a la de Productos Químicos del PNUMA o a las de la Secretaría del Convenio de Basilea.

El PNUMA desearía expresar su agradecimiento a los países donantes, en particular a los EE.UU., por sus contribuciones, gracias a las cuales se ha podido preparar este documento. El PNUMA da asimismo las gracias a los puntos de contacto gubernamentales y a otros que han contribuido al Inventario mediante las informaciones facilitadas.

Con este documento se trata por vez primera de explorar el tema de la capacidad mundial de destrucción de PCB. En la medida en que se disponga de recursos, se proseguirán los trabajos para completarlo y ponerlo al día, complementándolo en el tema más amplio del manejo ambientalmente racional de los PCB.



Klaus Töpfer
Director Ejecutivo
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

1. Resumen ejecutivo

La información sobre la capacidad mundial de descripción de los PCB ha sido acopiada a partir de los cuestionarios que han remitido los puntos focales sobre COP del PNUMA. Las respuestas al cuestionario facilitan útil información sobre las instalaciones existentes en Europa y Asia y el Pacífico. Han sido pocas las instalaciones identificadas en Africa y Latinoamérica, pero es posible que respuestas más completas de estas regiones no hubiesen permitido identificar un número muy superior. Las instalaciones existentes en EE.UU. y Canadá han sido identificadas por los puntos focales, completando así la información disponible en el escaso número de cuestionarios devueltos. Es asimismo posible que la limitadísima respuesta recibida de los nuevos Estados independientes de la antigua Unión Soviética no sea reflejo fiel de la existencia de instalaciones en esa región.

En los cuadros se señalan los desechos y los equipos con desechos aceptado en las instalaciones identificadas. La incineración es el método de destrucción de desechos más frecuentemente empleado, tanto en incineradores especialmente contruidos para desechos peligrosos como, en ciertos países, en hornos de cemento. No todas las poblaciones aceptan la incineración y, en consecuencia, se han empezado a desarrollar comercialmente otros métodos de destrucción de los PCB.

Para ayudar al lector se incluye un resumen de la tecnología disponible para el tratamiento de los PCB y los desechos que contienen PCB.

En escala mundial, el principal problema que plantea el manejo de los restantes desechos de PCB y de equipos con desechos de PCB no consiste en la disponibilidad de tecnología o de capacidad de instalaciones de destrucción, sino en la determinación de inventarios de desechos (en ciertos países) y en la planificación y financiación de su destrucción.

2. El Inventario

El presente Inventario ha sido preparado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) con el fin de ayudar a los lectores interesados por el manejo de ciertos desechos que contienen sustancias organocloradas o bien directamente para la eliminación/tratamiento de desechos identificados o bien para la planificación del manejo de desechos en escala regional. La publicación puede interesar a responsables de la reglamentación sobre desechos, a productores de desechos y a empresas encargadas del manejo y eliminación de desechos. Concretamente se hace referencia a los bifenilos policlorados (PCB) y a desechos y equipos con desechos que contienen PCB. El Inventario presenta la información obtenida durante el estudio sobre instalaciones ya establecidas para el manejo de esos desechos. Muchas de esas instalaciones tratan, o son capaces de tratar, gran diversidad de sustancias orgánicas cloradas, así como otros desechos diferentes.

En **Antecedentes** se describe la intervención del PNUMA en el manejo de desechos con PCB dentro del actual Programa sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Muchos lectores ya saben cuáles son las razones de la inquietud que causan los impactos ambientales de los PCB y, por consiguiente, la necesidad de asegurar su adecuada eliminación, pero de todas formas y para que la obra sea más completa se resumirán esas razones.

La mayor parte de la información sobre la capacidad de destrucción de PCB incluida en el Inventario se acopió por medio de un **Cuestionario**. El contenido del cuestionario se describe en la sección 4, donde también se exponen los procesos de acopio de información del PNUMA y los análisis de la información realizados por el contratista.

En las **Secciones 5 y 6** se describen los procesos de descontaminación de equipos contaminados por PCB y procesos para la destrucción de los PCB, de manera que el lector pueda comprender la naturaleza de los procesos identificados en el Inventario. Estas secciones se centran en procesos establecidos para el tratamiento y la destrucción de esos desechos. En ambas secciones los procesos se comparan con el fin de ayudar al lector a que se haga una idea de lo adecuado de cada proceso en el caso de desechos concretos. La **Sección 7** expone la importancia que tiene el considerar que el almacenamiento y transporte de los desechos forma parte del manejo de esos desechos.

En la **Sección 8**, que constituye la parte principal del Inventario, se describe la capacidad mundial de destrucción de PCB y está basada en las respuestas al cuestionario. Se ha adoptado una metodología regional con el fin de facilitar el que el lector pueda juzgar cuáles son las disponibilidades de determinadas tecnologías en relación con un determinado tipo de desechos. Se enumeran además los puntos de contacto correspondientes a instalaciones sobre las que se han recibido cuestionarios, así como para otras instalaciones existentes en Alemania, Canadá y EE.UU.

Las principales conclusiones del estudio figuran en la **Sección 8**.

Como **Apéndices** se muestra un ejemplar del cuestionario y una lista de fuentes de información, junto con las directrices técnicas sobre desechos que comprendan o contengan PCB, PCT y PBB, preparadas por el Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea.

3. Antecedentes

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son sustancias químicas extraordinariamente estables y que se acumulan en los tejidos biológicos, de manera que pueden ejercer efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente. Ante la prueba de que esas sustancias recorren largas distancias hasta llegar a regiones donde nunca se han usado o producido y del consiguiente peligro que representan para el medio ambiente de todo el mundo, la comunidad internacional ha instado en diversas ocasiones a que se adopten medidas urgentes a nivel mundial para reducir y eliminar la liberación de esos productos químicos. Así, por ejemplo, el Consejo de Administración del PNUMA, en su 19º período de sesiones, en enero de 1997, al tratar de las medidas que convendría adoptar con respecto a los COP llegó a la conclusión de que era necesario adoptar medidas internacionales para reducir los riesgos que para la salud humana y el medio ambiente resultan de la liberación de 12 COP especificados, entre los que figuran los bifenilos policlorados (PCB). El PNUMA ha empezado inmediatamente a adoptar medidas para elaborar y compartir información sobre la capacidad de destrucción de COP disponible y sobre otras cuestiones.

Los bifenilos policlorados (PCB) son una clase de hidrocarburos clorados que desde 1930 se utilizan con frecuencia para diversos usos industriales. Contienen dos anillos de benzeno reunidos por un enlace carbono-carbono, con átomos de cloro sustituidos en algunos de los diez átomos de carbono restantes o en todos ellos. Entre los PCB figuran líquidos oleosos fluidos y resinas transparentes duras, dependiendo del grado de sustitución. El valor de los PCB viene de su inercia química, termorresistencia, no inflamabilidad, baja presión de vapor y elevada constante dieléctrica. A medida que durante la primera

mitad del presente siglo se ha ido generalizando el uso de la electricidad, los abastecedores de equipos han llegado a ser importantes utilizadores de PCB. Las aplicaciones principales son como refrigerantes en transformadores y como dieléctricos en capacitores.

Los usos de los PCB se pueden clasificar como cerrados o abiertos. Con las **aplicaciones cerradas** se trataba de evitar toda pérdida de PCB conteniéndolo dentro de una unidad sellada. En este tipo de aplicaciones la contaminación del medio ambiente es consecuencia de fugas del equipo, resultantes, por ejemplo, de un incendio. En las **aplicaciones abiertas** los PCB quedan expuestos al medio ambiente y es inevitable que se produzcan algunas pérdidas. Las principales aplicaciones cerradas son como refrigerantes en transformadores y como dieléctricos en capacitores. Además, los PCB entran en la formulación de muy diversos productos como lubricantes, lubricantes para cuchillas, composiciones obturadoras (para la industria de la construcción), adhesivos, plásticos y cauchos, e insecticidas, así como en pinturas, barnices y otros recubrimientos de superficie, incluido el papel de copia sin carbón.

Entre 1929 y 1989 la producción total mundial de PCB (excluida la Unión Soviética) fue de 1,5 millones de toneladas, lo que hace un promedio de unas 26.000 toneladas al año. Incluso después de que en 1976 se prohibiese en Estados Unidos la fabricación, venta y distribución de PCB, entre 1980 y 1984 la producción mundial se mantuvo en 16.000 toneladas al año y entre 1984 y 1989, en 10.000 toneladas.

Muchas de las características que hacen que los PCB sean ideales para ciertas aplicaciones industriales dan origen a problemas cuando se liberan al medio ambiente. Los efectos sobre el ser humano y el medio ambiente son ante todo consecuencia de la exposición crónica. Al igual que otros muchos hidrocarburos clorados, los PCB se asocian con los componentes orgánicos de suelos, sedimentos y tejidos biológicos, o con el carbono orgánico disuelto en sistemas acuáticos. Pese a su baja presión de vapor y como consecuencia en parte de su hidrofobicidad, los PCB se volatilizan a partir de las superficies hídricas. Las propiedades químicas de los PCB favorecen su transporte a largas distancias y se han detectado en la atmósfera, el agua y organismos árticos. Cada vez hay más pruebas de que los PCB y otros hidrocarburos halogenados aromáticos persistentes tienen efectos inmunotóxicos y sobre la función reproductora de los animales silvestres. Se han observado efectos sobre el hígado, la piel, el sistema inmunitario, el sistema reproductor, el tracto gastrointestinal y la glándula tiroidea de ratas de laboratorio y el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) los ha clasificado como probables carcinógenos para el ser humano (grupo 2A).

Pese a que a partir de mediados del decenio de los sesenta muchos países han interrumpido su producción, los PCB siguen siendo un contaminante que suscita gran inquietud en escala internacional. Aún se están utilizando importantes cantidades de PCB, pues ciertos equipos, como los transformadores, tienen una vida muy larga y en muchos países se conceden excepciones para su uso en contención, al menos durante un período inicial después del momento en que se haya prohibido la producción. Existen además ciertas cantidades almacenadas en espera de su eliminación o en los suelos, en concentraciones relativamente elevadas. Existen además indicios de que no en todos los países se ha interrumpido totalmente la producción de los PCB.

Además de los programas de manejo emprendidos por ciertos países y del Convenio global sobre los COP actualmente en debate, existen otros varios instrumentos internacionales previstos para controlar la dispersión de los PCB en el medio ambiente y promover un manejo ambientalmente racional de estos productos. Entre ellos figuran:

Miembros de la Conferencia del Mar del Norte
(Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Noruega,
Países Bajos, Suecia y Reino Unido)

Acuerdo para dejar de utilizar y destruir los PCB que
aún estaban en uso en 31 de diciembre de 1999.

Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación (1989)

Instrumento jurídico global relativo al manejo ambientalmente racional de desechos peligrosos, incluidos los PCB, y el control de sus movimientos transfronterizos. El 2 de agosto de 1999 habían pasado a ser Partes Contratantes del Convenio de Basilea 129 Estados y una organización de integración económica.

Declaración de Washington, noviembre de 1995 (100 gobiernos nacionales)

Acuerdo sobre un Programa Global de Acción destinado a suprimir el uso de los COP, incluidos los PCB.

Directiva EC 96/59 de las Comunidades Europeas sobre la eliminación de los PCB y los PCT y la supresión de su uso para el año 2010

Directiva EC 96/59 del Consejo Europeo sobre la eliminación de los PCB y los PCT. Trata de armonizar las legislaciones de los Estados miembros de la UE relativas al manejo de PCB y PCT para su supresión progresiva hasta completarse en el año 2010.

Nuevo Protocolo (1998) sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) a la Convención sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a largas distancias de la Comisión Económica para Europa (CEPE) de las Naciones Unidas

Cuarenta y dos países del hemisferio norte y la Comunidad Europea podrán firmar el Protocolo sobre COP que comprende 16 sustancias, entre ellas los BPT. Las obligaciones básicas del Protocolo estipulan gran diversidad de medidas, que van desde las prohibiciones de producción y uso, los usos restringidos y los controles de emisión, hasta las condiciones para la eliminación de los COP.

Una parte de la producción mundial ha sido destruida, otra va a serlo y otra sigue en uso, mientras que una proporción considerable ha sido liberada al medio ambiente. Según los tipos de desechos y las concentraciones de PCB en éstos, existen diversas posibilidades de tratamiento, descontaminación y eliminación final. Los procesos y las instalaciones que se describen en el presente Inventario son aplicables no sólo a los equipos almacenados y a los desechos dispuestos para su tratamiento, sino también a los equipos que se están utilizando. También pueden tratarse los derrames sobre el suelo en concentraciones relativamente elevadas, pero los PCB dispersos en el ambiente difícilmente pueden tratarse (véanse las secciones 5 y 6).

Como se muestra en la sección 8, en ciertos países existen instalaciones adecuadas para la destrucción de los PCB, pero éste no es el caso en todas partes. Por consiguiente, este Inventario constituirá un útil instrumento para localizar las instalaciones adecuadas. Cuando en la proximidad de los desechos no existen instalaciones adecuadas para destruir los desechos con PCB, incluso en el extranjero, será necesario respetar cierto número de requisitos para el transporte. Incluso cuando se dispone de instalaciones adecuadas, el transporte transfronterizo de desechos con PCB puede representar la mejor opción práctica para el medio ambiente en caso de que se reduzcan las distancias y se pueda respetar la seguridad en las condiciones de transporte.

Los planes de manejo exigen que se prepare un inventario de desechos en el sector de que se trate. Pero en el presente informe no se trata de discutir la cuestión de los inventarios o los detalles del proceso de planificación. El PNUMA se propone preparar un documento independiente sobre los distintos aspectos de la identificación de los PCB y el establecimiento de inventarios.

4. El cuestionario

El cuestionario que puede verse en el Apéndice A se utilizó para obtener información sobre:

- ! Ubicación de la instalación de destrucción/eliminación de PCB
- ! Tipo de instalación
- ! Licencia, reglamentación de la instalación
- ! Tecnologías de tratamiento, eliminación y reciclado disponibles
- ! Funcionamiento de la instalación
- ! Tipos de desechos y equipos con desechos aceptados
- ! Limitaciones en los desechos aceptados
- ! Control de emisiones y protección de los trabajadores empleados
- ! Almacenamiento de los desechos en la instalación

Además el cuestionario invitaba a que se comunicase toda nueva iniciativa o tecnología en fase de planificación o investigación y que se diesen opiniones acerca de los principales problemas y necesidades de investigación y desarrollo existentes en el manejo de los PCB.

El PNUMA envió el cuestionario a las autoridades nacionales del mundo entero. Cuando se recibieron, ya cumplimentados, se enviaron copias a AEA Technology, para su análisis. La información obtenida se analizó sobre una base regional con el fin de elaborar los resúmenes tabulares y gráficos que figuran en la Sección 8. En esta sección se han incluido además algunas informaciones adicionales en posesión del Convenio de Basilea.

5. Procesos de descontaminación de equipos contaminados por PCB

Los PCB líquidos se pueden extraer del equipo de manera que los componentes sólidos puedan eliminarse o reciclarse en condiciones de seguridad. El líquido ha de ser tratado según alguno de los métodos que se describen en la sección 6.

Los componentes metálicos contaminados por PCB no se pueden reciclar hasta que no se haya eliminado esa contaminación. Esto puede hacerse mediante extracción con solvente o termotratamiento, tratándose a continuación los desechos de PCB según se describe en la sección 6. Así, el equipo descontaminado se puede reciclar en una planta convencional como una fundición de metal; por ejemplo, en Suecia los transformadores que contienen menos de 500 ppm de PCB se pueden reciclar en cooperación con un negociante de chatarra. Otros componentes contaminados se tratan en una instalación de destrucción. El bajo punto de ebullición de solventes como propano, butano o hexano puede ser útil para el tratamiento de suelos y lodos. El solvente puede ser reutilizado una vez recuperado por destilación, pero aún quedarán residuos que contenga PCB y que han de ser eliminados.

Las piezas metálicas se someten a termotratamiento previa carga o bien en la cabeza fija de un incinerador o, si se trata de piezas pequeñas, en tambores que expongan las superficies. La termodesorción puede utilizar un intercambio de calor directo o indirecto para alcanzar temperaturas en cama entre 170 y 550 °C, y aire o gas inerte para transferir los contaminantes vaporizados. El líquido evaporado se condensa y recoge para su destrucción, mientras que las piezas descontaminadas se pueden reciclar. Una tecnología registrada que utiliza Eco Logic en Australia se basa en el uso de un procesador de termorreducción por lotes para descontaminar los sólidos, y a continuación los PCB se someten a hidrotatamiento en atmósfera reductora. Como precursores del termotratamiento pueden utilizarse el

drenado y el lavado con solvente, que se describen como parte del proceso de retroalimentación en el párrafo siguiente.

En un proceso conocido como retroalimentación, los PCB se extraen de equipos como transformadores, mientras que el transformador se vuelve a llenar con un aceite de sustitución y se pone de nuevo en servicio. En este proceso se empieza por drenar el aceite de PCB y después el interior del transformador se lava con un solvente como el tricloroetano, y por último el transformador se rellena con un nuevo dieléctrico. Después del retroalimentado aún pueden quedar cantidades considerables de PCB pues es difícil lavar piezas interiores complejas, en particular en las alas. El proceso se ha de repetir varias veces si se quieren alcanzar concentraciones inferiores a 50 ppm, mientras que después de un solo lavado la concentración de PCB es normalmente de 2,5 % (25.000 ppm). Es difícil predecir cuál va a ser la eficacia del proceso de lavado. En ciertos casos, los transformadores retroalimentados han de funcionar con una carga más reducida que antes y se han de adoptar precauciones contra incendios. Dada la edad de la mayor parte de los transformadores que aún contienen PCB, normalmente el retroalimentado no es económico pero puede utilizarse en los casos en que el reemplazamiento sea difícil, por ejemplo en instalaciones petrolíferas o en cimientos de edificios. Sólo se pudieron hallar casos de retroalimentación en tres de los cuestionarios devueltos (Francia, E10, y el Reino Unido, E24 - Cuadro 6; Australia, AP1/2 - Cuadro 9), pero es de considerar que cada vez estará más disponible en la medida en que los operadores puedan utilizar las instalaciones de destrucción identificadas.

6. Procesos de destrucción de desechos de PCB

La destrucción de los PCB exige que se rompan los enlaces moleculares mediante una aportación de energía térmica o química. También se han estudiado los efectos de la energía biológica o de las radiaciones pero hasta ahora estos estudios no han tenido consecuencias comerciales. En el Cuadro 1 se resumen las principales características de los procesos ya establecidos, que se describen a continuación. En esta sección se incluye el terraplenado pero éste constituye fundamentalmente un procedimiento de almacenamiento a largo plazo, no de destrucción. El informe titulado «Appropriate Technologies for the Treatment of Scheduled Wastes» - Review Report No. 4 - noviembre de 1997, por CMPS&F Environmental-Environment Australia constituye una valiosa fuente de referencias sobre tecnología en materia de desechos de PCB.

El resultado de los distintos procesos se puede caracterizar, entre otros métodos, por un porcentaje en la eficiencia de la destrucción eliminación (DRE), que se obtiene mediante la fórmula:

$$DRE = \frac{Win - Wout}{Win} \times 100$$

en la que : Win = tasa de alimentación de masa
y $Wout$ = tasa de emisión de masa

Cuadro 1. Características del proceso de destrucción de PCB

<i>Proceso</i>	<i>Tipos de desechos aceptados</i>	<i>Ventajas</i>	<i>Inconvenientes</i>
Ejemplos de incineración - hornos rotativos, hornos de cemento	Aceites, residuos del proceso de separación Equipo con desechos que contienen PCB	Se obtiene una elevada eficiencia de destrucción, cumple los requisitos legales, vale para toda la serie de PCB y aportes de desechos haciendo inocuos los productos. Las instalaciones pueden tratar toda una serie de desechos, tanto clorados como no clorados	Contenido de PCB sólo como combustible. Costoso, sobre todo si los desechos han de ser enviados fuera. La incineración puede despertar la oposición pública
Decloración química e hidrot ratamiento	PCB líquidos	Los aceites desclorados se pueden utilizar con otros fines, por ejemplo como lubricantes	Es necesario determinar las condiciones del tratamiento para los componentes individuales
Sistemas de arco plasmático	PCB líquidos y sólidos bombeables	Escaso inventario de procesos.	La experiencia operativa en cuanto al tratamiento de desechos con sistemas de plasma es limitada

6.1. Incineración

La tecnología más utilizada y comprobada para la destrucción de los PCB es la incineración a alta temperatura. Se ha visto que correctamente aplicada permite destruir los PCB con una eficiencia de eliminación hasta del 99,9999 por ciento como mínimo. Sin embargo, en los cuestionarios remitidos se observa cierta variabilidad entre las distintas instalaciones de incineración en cuanto a las eficiencias declaradas de destrucción eliminación, como puede verse en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Eficiencia de destrucción eliminación (DRE), % para la incineración
Número de unidades, según se comunica en el cuestionario

<i>DRE</i> ≥	99%	99,9%	99,99%	99,999%	99,9999%	99,99999%
HCl	4	5	1			
PCB		2	2	2	8	2

Los principales productos de la incineración a alta temperatura son el dióxido de carbono y el agua, así como una ceniza inorgánica. El cloro presente se convierte en cloruro de hidrógeno gaseoso, que se extrae junto con otros componentes que pueden formarse como productos secundarios de la combustión, utilizando un equipo de control de la contaminación atmosférica. La efectividad de la incineración es función del tiempo de residencia, la temperatura, la turbulencia y la concentración de oxígeno. Para mantener esos parámetros en el punto deseado y asegurar la eficacia del sistema de depuración del gas es preciso mantener un riguroso control del proceso. Las cenizas producidas y

depositadas al fondo no plantean importantes problemas de eliminación.

Estos procesos de combustión cuentan con la autorización del organismo de reglamentación correspondiente. Se vigilan las emisiones, en muchos casos continuamente, y el proceso se controla rigurosamente con el fin de reducir al mínimo los efectos ambientales.

Normalmente, los lodos líquidos y diluidos se bombean al incinerador. Los aportes sólidos, incluido el equipo para su eliminación, pueden requerir algún tipo de procesado previo, o bien:

- ! Mediante una alteración mecánica, por ejemplo despedazado para exponer el contenido de los capacitores, drenaje y desmontado de los transformadores; recorte hasta el tamaño adecuado de los grandes transformadores, o
- ! Empacado de sólidos y lodos en bidones y alimentación por gravedad del dispositivo.

Las zonas de manejo de desechos en la vecindad de la entrada del horno deberán estar cubiertas y positivamente drenadas a un sumidero cerrado, cuyo contenido se ha de incinerar.

La incineración puede realizarse en instalaciones especiales diseñadas específicamente para los PCB y otros desechos clorados, o bien pueden aprovecharse instalaciones previstas para el termotratamiento de otros materiales, por ejemplo hornos de cemento que pueden ser autorizados a aceptar como combustible una cierta proporción de desechos clorados. Las instalaciones de incineración más importantes identificadas en los cuestionarios son:

- ! Incineradores de horno rotativo (22)
- ! Incineradores de inyección líquida (6)
- ! Incineradores de horno fijo (5)
- ! Incineradores de cama fluidizada (1)
- ! Hornos de cemento (3)

Los hornos rotativos consisten en un tubo rotativo inclinado en 1 - 2° con respecto a la horizontal de manera que los desechos vayan desplazándose horizontalmente y radialmente a todo lo largo del cilindro. Una rotación lenta de 0,5 a 2 rpm favorece la turbulencia. Los desechos se vierten en el extremo más elevado y las cenizas salen por el más bajo. Los gases de la combustión pasan a una cámara de combustión secundaria.

Normalmente, tratándose de sustancias halogenadas, la cámara de combustión primaria del horno rotativo funciona a una temperatura de 1.100°C (aunque se puede elevar a 1.300°C si lo exigen los desechos) con un tiempo mínimo de residencia de 2 segundos y un exceso de concentración de oxígeno del 6% v/v por lo menos.

Los hornos rotativos pueden funcionar en un «modo de escoria» produciendo una escoria vítrea fundida que tiene baja concentración de materia orgánica y baja tasa de lixiviación. Al parecer, este modo de funcionamiento se practica en Europa, mientras que en Estados Unidos estos incineradores funcionan a temperaturas inferiores a las de fusión, produciendo ceniza.

Del mismo modo, los hornos fijos utilizan una combustión en dos fases, sobre una reja horizontal en la cámara primaria. En unidades de menor tamaño, los desechos se cargan intermitentemente pero las cenizas no se extraen hasta que alcanzan una cantidad que interfiere con la operación. En las unidades de mayor tamaño un brazo va empujando la carga continuamente a través del incinerador y simultáneamente se extraen las cenizas.

Los incineradores de inyección líquida consisten en unos cilindros revestidos de materia refractaria, situados horizontal o verticalmente, provistos de un quemador primario para los desechos y de combustible auxiliar para atomizar el desecho en la cámara de combustión. Son adecuados para desechos líquidos relativamente fluidos. Si se utiliza un atomizador mixto externo se puede tolerar cierta contaminación sólida.

Los incineradores de cama fluidizada emplean un lecho fluidizado de arena en suspensión en el que se inyectan los desechos como un líquido, un cieno o un sólido uniformemente fragmentado. La mayor parte de las cenizas permanecen en el lecho por lo que en un momento dado se ha de limpiar la arena. El lecho fluidizado se puede manejar por diversos métodos.

El uso de los hornos de cemento constituye un ejemplo de eliminación de desechos en equipos utilizados para la producción de bienes industriales. La fabricación del cemento necesita de combustible que caliente la mezcla agregada, y en lugar del aceite pesado pueden utilizarse desechos que tengan un valor calórico suficiente. Los desechos de solventes clorados pueden utilizarse en el horno como combustible suplementario. Los materiales sólidos pueden introducirse en un punto central de la parte descendente del horno. Una importante ventaja del procesado de desechos clorados en hornos de cemento es que los residuos sólidos quedan incorporados al clinker, evitándose así la generación de una corriente adicional de desechos sólidos. El HCl reacciona en atmósfera alcalina. Los hornos de cemento tienen un grado elevado de estabilidad térmica y dan temperaturas de llama superiores a 2.000°C con bajos tiempos de retención para gases y materias primas.

6.2 Procesos de decloración

Con los procesos de decloración se trata de poder reutilizar/reciclar el aceite libre de cloro.

6.2.1 Decloración química

La decloración química se basa en reacciones o bien con un metal alcalino enlazado a un cuerpo orgánico (naftalina sódica o polietilenglicol de sodio), o con un óxido o hidróxido de metal alcalino.

Los procesos químicos están ya bien sistematizados y se utilizan comercialmente para el tratamiento de PCB líquidos y de aceites contaminados con PCB. El contenido de cloro se convierte en sales inorgánicas que pueden extraerse de la fracción orgánica por filtración o centrifugación. Las reacciones se realizan en atmósfera inerte (para evitar todo riesgo de incendio) y en ausencia de agua (los desechos se deshidratan previamente por calentamiento). La planta puede ser fija o móvil y se utiliza con el PCB dentro de un transformador operando en un proceso que puede durar hasta una semana; un posible inconveniente es que en el proceso pueden destruirse inhibidores de la oxidación, lo cual limita el reciclado del aceite.

El proceso de decloración con catalizador básico sirve para tratar desechos que contengan hasta un 10% de PCB y reduce los cuerpos orgánicos clorados a menos de 2 ppm. Es un proceso que se desarrolla por lotes de acuerdo con una serie de fases:

- ! Adición del álcali en forma de suspensión o dispersión acuosa, o junto con un solvente de elevado punto de ebullición (entre 200 y 500°C) a razón de 1 a 20% por peso
- ! Adición de un compuesto donante hidrogenado: por ejemplo un solvente de elevado

punto de ebullición, un ácido graso o alcohol, y una fuente de carbono como un carbohidrato

- ! Calentamiento hasta constituir un medio deshidratado
- ! Calentamiento a temperaturas de 200 a 400°C, normalmente durante 0,5 a 2 horas. Así reaccionan el álcali y la fuente de hidrógeno, catalizado el proceso por la fuente de carbono, para formar el ion hidrido (H⁻) que reacciona con el hidrocarburo clorado para formar un hidrocarburo y el cloruro metálico alcalino

Se trata de un sistema en lo fundamental cerrado y el volumen de emisiones gaseosas es bajo en comparación con el de los procesos de combustión antes descritos. Los capacitores que contienen PCB no se pueden tratar directamente ya que en condiciones alcalinas el hidrógeno se separa del aluminio contenido. Pero este problema se puede superar mediante una operación previa al tratamiento en la que el hidrógeno se genera y se libera a presión atmosférica.

Para el tratamiento durante el servicio de aceites de transformador se ha sistematizado un proceso conocido como PCB Gone. El líquido se recircula hasta que las concentraciones de PCB son inferiores a las requeridas (normalmente < 2 ppm). El líquido utilizado se regenera por filtración a través de tierra de Fullers (para extraer ácidos, lodos y otros productos de la oxidación). El proceso utiliza un agente declorador patentado. El proceso Fluidex ofrece un método de tratamiento para la regeneración de la tierra de Fullers, lo que reduce o evita la necesidad de desecharla. El proceso PCB Gone ha sido introducido por SD Myers en varios países, entre ellos Australia, Inglaterra, Canadá, México y Arabia Saudita.

6.2.2 Hidrotratamiento

El hidrotratamiento es el tratamiento de los aceites (es decir de los desechos líquidos) con gas hidrógeno a alta temperatura y en presencia de un catalizador. Los hidrocarburos clorados se descomponen en metano y ácido clorhídrico, que se convierte en una solución salina mediante escobillado con sosa cáustica. Para un buen funcionamiento es esencial mantener un estricto control del proceso. La reacción de desplazamiento del agua y el chorro catalítico reformador puede utilizarse para producir hidrógeno a partir del metano, evitándose así la necesidad de recurrir a una fuente externa de hidrógeno, pero la mayor complejidad del conjunto de la operación ha llevado a abandonar el reciclado del hidrógeno en ciertas operaciones.

6.2.3 Tecnología de electrones solvatados

Con la tecnología de electrones solvatados suelos que contienen hasta un 25% de agua y piezas metálicas se cargan en un recipiente de reactor rotatorio a presión, cargado con amoníaco líquido. Se agrega un álcali o un metal alcalino térreo, normalmente calcio, lo que provoca una reacción de electrones solvatados que convierte a los PCB en carbohidratos por decloración y formación de cloruro metálico. El amoníaco se puede recuperar para su reutilización y el suelo se puede volver a poner en su lugar. US EPA ha dado su aprobación al tratamiento de lotes de 250 kg.

6.3 Sistemas de arco plasmático

Los sistemas de arco plasmático crean un campo de plasma térmico dirigiendo una corriente eléctrica a través de una corriente de gas a baja presión para el tratamiento de materias orgánicas cloradas y otros desechos. El arco plasmático se puede utilizar como fuente de calor para la combustión o la pirolisis, o para disociar desechos en átomos inyectando los desechos en la altísima temperatura (5.000 a 15.000°C) del arco plasmático. La tecnología PLASCON se utiliza para el tratamiento de líquidos y sólidos bombeables. El breve tiempo de residencia (20-50 milisegundos) significa que el inventario del proceso es muy bajo, 0,5 g para el tratamiento de 1 a 3 toneladas de desechos al día. El proceso alimentado eléctricamente se puede cortar o iniciar en pocos segundos. El desecho se piroliza en iones y átomos a una temperatura superior a 3.000°C. Estos iones y átomos se recombinan en el área de refrigeración de la cámara de reacción antes de un rápido enfriamiento alcalino. Entre los productos finales figuran gases (argón, dióxido de carbono y agua) y una solución acuosa de sales de sodio. Otros sistemas plasmáticos de tratamiento de desechos clorados son PACT y STARTECH.

6.4 Terraplenado

El terraplenado es menos satisfactorio que los diversos métodos de tratamiento o eliminación ya que los PCB siguen constituyendo una amenaza para el medio ambiente, amenaza que se puede reducir con un diseño y controles adecuados. Los terraplenes para desechos peligrosos están diseñados como obras de contención (enterramiento) y deben reunir ciertas condiciones. Aunque es preferible su destrucción, ciertos PCB procedentes de toda una serie de artículos de consumo tienen muchas probabilidades de llegar a terraplenes que aceptan desechos municipales. Hay pocas probabilidades de una acción microbiológica que degrade los PCB, sobre todo en el ambiente anaerobio existente durante la mayor parte de la vida activa del terraplén. Por consiguiente, los PCB depositados en terraplenes, por migración y lixiviación pueden contaminar las aguas subterráneas y de superficie. Aún es mucho lo que queda por saber acerca del comportamiento de los PCB en los terraplenes por lo que se recomienda la máxima prudencia. El depósito junto con materiales orgánicos, como, por ejemplo, desechos domésticos, tenderá a retener los PCB, pero la proximidad de solventes orgánicos y aceites puede incrementar la lixiviación. En el lixiviado procedente de terraplenes para desechos domésticos del Reino Unido se han observado concentraciones de PCB de unos 0,05 microgramos/litro. Esta concentración no se considera peligrosa para el medio ambiente.

En los casos en que se sabe que se depositan PCB, tanto el operador del terraplén como la autoridad reglamentaria deberán vigilar sus concentraciones en el lixiviado. Existen recomendaciones acerca de desechos aceptables o inaceptables; por ejemplo, en el Reino Unido existen directrices que identifican los desechos que a continuación se citan como inaceptables para un terraplén:

- ! Grandes cantidades de materiales como suelos y desechos de derribos, si presentan concentraciones de PCB de 50 mg/kg (peso en seco) o más
- ! Aportes repetidos de esos materiales (para excluir evacuaciones en gran escala en etapas)
- ! Transformadores que hayan podido contener PCB
- ! Grandes capacitores
- ! Pequeños capacitores, en número superior al que cabría normalmente esperar en desechos domésticos o similares
- ! Aceites de desecho y líquidos dieléctricos contaminados, y otros líquidos similares, aunque sea a baja concentración

Además, para obtener una licencia en el Reino Unido se pone la condición de que se especifiquen la cantidad y la concentración máximas por peso de PCB en el desecho contaminado; se especifica la relación admisible de desecho contaminado a desecho biodegradable, que raramente o nunca ha de exceder del 5% del aporte de desechos biodegradables; y se exige que el operador aporte muestras que confirmen la exactitud de la descripción dada por los productores del desecho.

6.5 Reducción química en fase gaseosa

La reducción química en fase gaseosa es una tecnología registrada desarrollada y utilizada por Eco Logic, que incluye la reducción química en fase gaseosa de compuestos orgánicos mediante el hidrógeno a temperaturas de 850°C o superiores. En el proceso, en un nivel menor de eficiencia, se produce además una reacción incidental de agua (como vapor) con metano, formando monóxido de carbono y dióxido de carbono. El vapor se utiliza en el reactor del proceso para la transferencia de calor. De acuerdo con la empresa, ciertos componentes orgánicos como los PCB se reducen en último término a metano, cloruro de hidrógeno y pequeñas cantidades de hidrocarburos de bajo peso molecular (benzeno y etileno). El ácido clorhídrico se neutraliza mediante la adición de sosa cáustica durante la refrigeración inicial del gas del proceso.

La compañía describe el proceso Eco Logic, del que forma parte la reducción química en fase gaseosa, como un proceso con tres componentes básicos: el sistema frontal terminal (en el que los contaminantes se llevan a una forma adecuada para su destrucción en el reactor), el reactor de la reducción química en fase gaseosa (que reduce los contaminantes, ya en fase gaseosa, utilizando hidrógeno), y el sistema de escobillado de gas y compresión. Las unidades para el sistema frontal terminal diferirán según la matriz que contenga el desecho. Así, por ejemplo, productos sólidos al granel como equipos eléctricos, materiales en bidones, PPE, carbones consumidos, etc., se colocan en un procesador de lotes por reducción térmica (TRBP), que procede a la desorción de contaminantes a partir de los materiales sólidos y, a continuación, los lleva al reactor para su destrucción. Los líquidos se inyectan directamente en el reactor mediante boquillas atomizadoras o se pueden pulverizar directamente sobre el TRBP para su volatilización. Se afirma que tanto el TRBP como el sistema de inyección líquida están plenamente comercializados y se han utilizado en el tratamiento de más de 3.000 toneladas de materiales con PCB y otros contaminantes orgánicos en lugares situados en el mundo entero. En la actualidad funciona una planta de reducción química en fase gaseosa en plena escala en Australia, en el tratamiento de desechos contaminados por PCB, plaguicidas y otros contaminantes orgánicos persistentes. Desde enero de 1997 la planta de Australia ha tratado 775 toneladas de desechos contaminados por PCB (consistentes sobre todo en equipos eléctricos y aceites con PCB), así como 150 toneladas de plaguicidas organoclorados. En Canadá se utiliza una unidad de demostración portátil situada en la oficina principal de Eco Logic para realizar pruebas de tratabilidad para posibles clientes. Una segunda unidad portátil se encuentra en Japón, donde los asociados de Eco Logic, Tokyo Boeki y Nippon Sharyo, la utilizan para ensayos reglamentarios. La compañía espera que a fines de 1999 habrá obtenido la autorización definitiva para el uso de esta tecnología en Japón.

7. Almacenamiento y transporte

El almacenamiento es un elemento necesario en el manejo de desechos con PCB pero **no** es una opción a largo plazo. Los desechos con PCB y el equipo contaminado con PCB deben almacenarse en condiciones adecuadas (y reglamentadas) antes de su expedición y/o tratamiento/destrucción.

La zona de almacenamiento deberá establecerse sobre una base sólida e impermeable revestida de un compuesto obturador y que esté bajo techado. Las zonas donde se almacenen barriles y equipos que contengan PCB deberán estar protegidas contra la entrada de agua. Todos los artículos almacenados estarán claramente etiquetados. Varias de las plantas descritas por los que han cumplimentado el cuestionario almacenan los desechos con PCB antes de su tratamiento, pero normalmente con una restricción en cuanto a las cantidades y al tiempo de almacenamiento permitidos. Los siguientes son cuatro ejemplos:

<i>Planta</i>	<i>País</i>	<i>Comentario</i>
E6	Finlandia	Los desechos importados deberán ser eliminados en un plazo de 180 días a partir de su llegada.
E31	Reino Unido	El material para dismantelar y las carcasas del equipo se almacenan durante un máximo de seis meses.
AP5	Australia	Los desechos (hasta 200 toneladas) se almacenan en el lugar durante uno a seis meses antes de su tratamiento.
AP8	China	Los desechos (hasta 300 toneladas) se almacenan en el lugar durante un máximo de tres meses antes de su tratamiento.

Como se desprende claramente de lo expuesto, son muchos los países que no poseen instalaciones adecuadas para la eliminación o el tratamiento de PCB. Dados los gastos que exige el establecimiento y funcionamiento de esas instalaciones, para que los desechos con PCB se traten con eficacia en relación al costo puede ser esencial que se realicen algunos transportes transfronterizos.

En el caso de los desplazamientos transfronterizos de PCB en desechos considerados como peligrosos por el derecho nacional o por los acuerdos internacionales, deberán respetarse los reglamentos vigentes en los países interesados. Entre esos reglamentos figuran el Convenio de Basilea, la OCDE, la Comunidad Europea, etc., y todos ellos imponen cierto número de medidas jurídicas, técnicas y administrativas. Los PCB y el equipo que contenga PCB se consideran como desechos a los en la actualidad se les asigna una categoría particular en el sistema armonizado de descripción y codificación de productos vigente en los países que son miembros de la Organización Mundial de Aduanas.

A la expedición y transporte de PCB y de equipos que contengan PCB en general se les aplican ciertos requisitos, incluido el etiquetado y el embalaje conformes al Comité de las Naciones Unidas sobre Transporte de Mercaderías Peligrosas. En la actualidad, diversas organizaciones de las Naciones Unidas y la OCDE están elaborando un sistema globalmente armonizado para la caracterización del riesgo de los productos, lo cual influirá sobre los requisitos aplicables al transporte de PCB.

8. Capacidad mundial de destrucción de PCB

8.1 Introducción

En esta sección se resumen las respuestas al cuestionario por regiones del PNUMA. En el Cuadro 3 se muestra el número de respuestas, incluyendo los informes según los cuales el país carecía de instalaciones de eliminación.

Cuadro 3. Respuestas al cuestionario

<i>Región</i>	<i>Total de países que respondieron</i>	<i>Respuestas que señalaban instalaciones</i>	<i>Número de instalaciones</i>
Arica	9	2	3
Asia y el Pacífico	11	5	12
Europa	17	13	33
América Latina y el Caribe	5	2	3
América del Norte	2	2	2
Asia Occidental	3	2	2



Figure 1 Worldwide PCB Destruction Facilities Described in Questionnaires

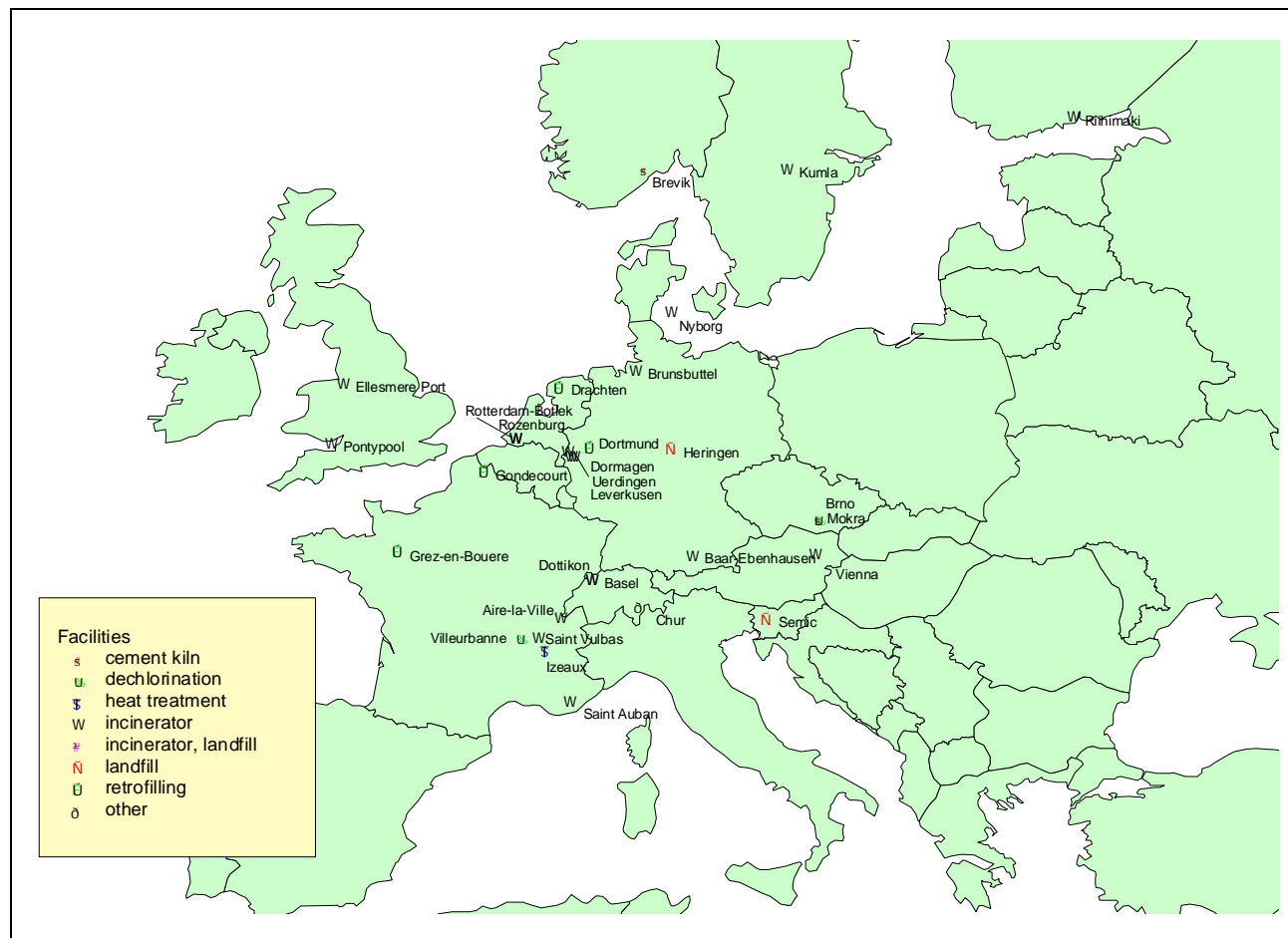


Figure 2 European PCB Destruction Facilities Described in Questionnaires

8.2 Africa

En las respuestas al cuestionario se reflejaba la escasez de instalaciones para el tratamiento y eliminación de desechos con PCB.

De los nueve países que respondieron, sólo la República de Camerún y Rwanda comunicaban la existencia de instalaciones. Su información se resume en el Cuadro 4. Camerún identificó un incinerador de horno fijo para desechos líquidos con una capacidad de 220 toneladas, más un terraplén para equipos de desecho vacíos. El funcionamiento de estas instalaciones está a cargo del Gobierno, pero además se advertía que en la República de Camerún existen instalaciones privadas que poseen «grandes posibilidades de reciclado y uso de distintas tecnologías», incluyendo una instalación más importante que la de propiedad gubernamental, pero sin dar más detalles. Rwanda posee un terraplén, pero que no está autorizado a aceptar desechos de PCB.

Los siguientes países comunicaron que no disponían de instalaciones para el tratamiento o eliminación de los PCB:

- ! Angola
- ! Burkina Faso
- ! Líbano
- ! Madagascar
- ! Níger
- ! República Centroafricana
- ! Togo

Cuadro 4. Instalaciones en Africa

	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad</i>
AF1	Camerún	Douala/MaKepe Instalación de Desechos c/o Programa de Manejo de Sustancias Químicas, MINEF/Secretaría Permanente, Yaoundé, Centro Tel.: 00 237 239231/229482 Fax: 00 237 239461 Dudley Achu Sama Coordinador nacional de productos químicos Programa de Manejo Instalación Municipal Dual de Desechos, Dual, operado por el Programa de Manejo de Sustancias Químicas	Incinerador de horno fijo	Lotes de 220 toneladas incluyendo todos los desechos incinerables
AF2	Camerún	Douala/Makepe Instalación de Desechos, como la anterior	Terraplén	Para condensadores y transformadores vacíos

AF3	Rwanda	Nyanza Landfill Ministry of Agriculture, Livestock, Environment & Rural Development, PO Box 621, Kigali Tel.: 00 250 85053 Fax: 00 250 85057 Frank Karemera Jefe de Sección - Contaminación	Terraplén	Aparentemente para todos los desechos y equipos con PCB
-----	--------	--	-----------	---

Uno de los corresponsales se mostró partidario de que se prepare un inventario local de desechos de PCB. Tal vez ésta sea una necesidad generalizada y se podrían incluir otros desechos, en particular COP. Un corresponsal de Europa Occidental puso de manifiesto la ausencia de información sobre cantidades de desechos con PCB existentes en el mundo en desarrollo. Un inventario permitiría identificar cómo se han dispersado esos desechos, además de su cantidad total, lo que podría orientar la preparación de planes de manejo de desechos en la región.

En el Cuadro 5 se muestran los desechos y equipos aceptados en esas instalaciones, así como sus servicios adicionales.

8.3 Europa

En Europa se obtuvo una buena proporción de respuestas al cuestionario si bien se dieron algunas importantes excepciones. La capacidad de tratamiento disponible, al menos desde el comienzo del decenio de los ochenta, así como la aceptación generalizada de la incineración como método de eliminación no han sido favorables al desarrollo y puesta en práctica de tecnologías «innovadoras».

En el Cuadro 6 se resumen las instalaciones descritas en las respuestas al cuestionario. En Alemania, el punto de contacto identificó otras varias instalaciones y en el Cuadro 8 se da una lista de direcciones.

Cuadro 5. Desechos aceptados y servicios prestados en las instalaciones en Camerún y Rwanda

Instalación	Desechos y equipos aceptados										Servicios ofrecidos					
	PCB puros	Aceites contaminados con PCB	Artículos/materiales que contienen PCB	Residuos y lodos contaminados con PCB	Suelos contaminados con PCB	Desechos embalados/en barriles		Transformadores llenos	Condensadores llenos	Transformadores vacíos	Condensadores vacíos	Análisis/pruebas de laboratorio	Clasificación/etiquetado de PCB	Transporte de desechos de PCB	Embalaje de desechos con PCB para su expedición	Limpieza de sitios contaminados por PCB
AF1		x		x		x								x		
AF2							x	x	x	x				x		
AF3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x		x

En una mina de sal en Alemania se señalaron instalaciones de terraplén. En Eslovenia se construyó un terraplén autorizado y cerrado para los desechos que quedaron cuando en 1985 la fábrica de Iskra Kondenzaotorji, en Semic, dejó de producir equipos eléctricos que contenían PCB. Los desechos depositados consisten sobre todo en suelos contaminados, pero también hay algunos condensadores y transformadores.

En el Cuadro 6 se exponen las capacidades según los cuestionarios como capacidad total de desechos orgánicos o capacidad de desechos con PCB. Estas últimas cifras revelan una capacidad anual conocida para desechos con PCB de 88.000 toneladas, de las cuales 30.000 corresponden a la instalación existente en Finlandia. La mayor parte de las instalaciones manifiestan restricciones en cuanto a la cantidad de cloro que puede aceptarse en los desechos, de manera que la columna de «estimación de desechos con PCB» revela la cantidad de desechos con PCB que podría eliminarse en las plantas restantes, basado en un 5% de la capacidad total. Incluyendo este cálculo, la capacidad total de destrucción de desechos con PCB en Europa alcanza la cifra de unas 111.000 toneladas por año (tpa), excluyendo los desechos tratados en las seis instalaciones sobre cuya capacidad no se tiene información. El cálculo de un 5% de la capacidad total es poco seguro pues existen variaciones considerables en los criterios de aceptación, como puede verse incluso entre los incineradores de horno rotativo (E18 a E20) operados en Alemania por Bayer AG. Sin embargo, esta evaluación de la capacidad europea viene a apoyar la idea expuesta por un corresponsal de los Países Bajos de que en Europa existe capacidad de tratamiento suficiente para eliminar todos los desechos con PCB del mundo.

Cuadro 6. Instalaciones de eliminación y tratamiento de PCB en Europa

No.	País	Instalación/ operador/ detalles de contacto, incluido el e-mail, si se conoce	Método	Capacidad de destrucción de desechos orgánicos, tpa	Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa	Desechos con PCB estimados, tpa (f3)	Notas de pie de página
	Armenia	Ministerio de Protección de la Naturaleza, República de Armenia, Moskovyan Str. 5, Yereván 375002 Tel.: 00 3742 532801 Fax: 00 3742 151840 Anahit Aleksandryan Jefe de la División de Registro y Control de Sustancias Peligrosas	Terraplén, pero sin autorización para aceptar desechos con PCB				
E1	Austria	Entsorgungsbetriebe Simmering GmbH 11 Haidequerstrasse 6 A.1110 Viena Tel.: 0043 1 760 99 502 Fax: 0043 1 760 99 316 Dipl.-Ing. Jurgen Bode	Incinerador de horno rotativo (1980)				nic
E2	Austria	Entsorgungsbetriebe Simmering GmbH, como la anterior	Incinerador de cama fluidizada (1997)				nic
	Croacia	Ninguna	Véase el comentario en el texto				
E3	República Checa	CVM Mokrã a.s. 664 04 Mokrã Tel.: 00 420 5 44122248 Fax: 00 420 5 44226190 Ing. Zdenek Brzobohaty Director Técnico	Horno de cemento - acepta cantidades limitadas de aceites que con-tengan hasta 30 ppm de PCB				nic
E4	República Checa	Recetox MU, Kotlarska 2, 611 37 Brno Tel.: 00 420 4 41129508 Fax: 00 420 5 41129506 E-mail: holoubek@chemi.muni.cz Prof. Dr. Ivan Holoubek, Director de Recetox	Declaración (DBC)			300	f1
E5	Dinamarca	Kommunekemi a/s, Lindholmvej 3 - 5800 Nyborg Tel.: 00 45 65 31 12 44 Fax: 00 45 65 30 27 63 Jørn Lauridsen Gerente de Medio Ambiente	Incinerador de horno rotativo (1989)	50.000		2.500	

No.	País	Instalación/ operador/ detalles de contacto, incluido el e-mail, si se conoce	Método	Capacidad de destrucción de desechos orgánicos, tpa	Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa	Desechos con PCB estimados, tpa (f3)	Notas de pie de página
E6	Finlandia	Ekokern Oy Ab, PB181, Fin-11101, Rihimäki Tel.: 00 358 19 7151 Fax: 00 358 19 715 300 Aarno Kavonius, Director Aarno.Kavonius@ekokem.fi Marku Aaltonen, Gerente de Comercialización Marku.Aaltonen@ekokem.fi	Incinerador de horno rotativo (1987/90 - dos líneas)	40.000	30.000		
E7	Francia	Aprochim SA ZI La Promenade BP13 Grez-en-Bouere 53290 Tel.: 00 33 2 43 09 14 50 Fax: 00 33 2 43 70 51 89 Philippe Kieffer, Gerente Comercial	Tratamiento físico-químico (extracción por solvente) - con una capacidad de 15.000 tpa - para su destrucción en la instalación E12				
E8	Francia	Tredi BP55 Saint Vulbas F-01 151 Lagnieu Cedex Tel.: 00 33 4 74 46 22 00 Fax: 00 33 4 74 61 52 44 e-mail: info@tredi.com www.tredi.com	Instalación de incinerador de horno fijo con inyección líquida (1988)		6.000		
E9	Francia	Tredi (como E8)	Incinerador de horno fijo (1976)		24.000		
E10	Francia	Dafeos et Baudassé 61 Rue Decomberousse 69100 Villeurbanne Tel.: 00 33 4 72 37 51 60 Fax: 00 33 4 78 26 02 81 Michel Baudassé	Decloración química (1988) Retroalimentado		2.000		
E11	Francia	GEP Generale D'extraction de Pylalene Le Comptant du Dessus 38140 Izeaux Isere Tel.: 00 33 4 76 91 48 66 Fax: 00 33 4 76 91 01 31 M. Barbier, Director	Extracción en fase de vapor de los transformadores (1988). Los PCB recogidos (1980 tpa) se destruyen en Tredi (E8 & E9)				
E 12	Francia	Elf Atochem Usine de Saint Auban 04600 Saint Auban Tel.: 00 33 4 92 33 75 00 Fax: 00 33 4 92 33 75 61 P. Cattet	Incinerador de inyección líquida (1989)		5.000		

No.	País	Instalación/ operador/ detalles de contacto, incluido el e-mail, si se conoce	Método	Capacidad de destrucción de desechos orgánicos, tpa	Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa	Desechos con PCB estimados, tpa (f3)	Notas de pie de página
E 13	Francia	Septra Rue Gay Lussac PO Box 13, Gondécourt 53147 Tel.: 00 33 3 20 62 92 00 Fax: 00 33 3 20 62 92 01 M Portier	Tecnología móvil propia (no se dan detalles)				
E 14	Alemania	Untertage-Deponie, Herfa-Neurode, Heringen, Hessen Hans-Joachim Kind Geschäftsführer Sociedad matriz: Kali und Salz Entsorgungs GmbH, Postfach 102160, D-34021 Kassel, Hessen Tel.: 00 49 561 301-1466 Fax: 00 49 561 301-1714	Terraplenado (mina de sal)				nic
E15	Alemania	ABB Service GmbH, Kanalstrasse 25, 44147 Dortmund Tel.: 00 49 231 9982-000 Tel.: 00 49 231 9982-202	Extracción de PCB de transformadores y condensadores				nic
E16	Alemania	Entsorgungsbetrieb Ebenhausen, Äusserer Ring 50, 85107 Baar-Ebenhausen, Bayern Tel. 00 49 8453 91-151 Sociedad matriz: Gesellschaft zur Entsorgung von Sondermüll in Bayern mbH (GSB), Winzerer Strasse 47d, 80797 Munich Tel.: 00 49 89 30629-0	Incinerador de horno rotativo (1995)	100.000		5.000	
E17	Alemania	Bayer AG, Werksdienste Dormagen Umweltschutz, D- 41538 Dormagen, Nordrhein-Westfalen Tel.: 00 49 2133 515558 Fax: 00 49 2133 515893	Incinerador de horno rotativo (1995)	45.000		2.250	
E18	Alemania	Bayer AG, Werksdienste Uerdingen Umweltschutz, D- 47829 Uerdingen, Nordrhein-Westfalen Tel.: 00 49 2151-887317 Fax: 00 49 2151-7317	Incinerador de horno rotativo (1996)	20.000	6.000		
E19	Alemania	Bayer AG, Bayerwerk, 51368 Leverkusen, Nordrhein-Westfalen Tel.: 00 49 214-30-0-31986	Incinerador de horno rotativo (1979)	80.000	2.000		

No.	País	Instalación/ operador/ detalles de contacto, incluido el e-mail, si se conoce	Método	Capacidad de destrucción de desechos orgánicos, tpa	Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa	Desechos con PCB estimados, tpa (f3)	Notas de pie de página
E20	Alemania	Bayer AG, Fährstrasse 45, 25541 Brunsbüttel, Schleswig-Holstein Tel.: 00 49 4852 81-3447 Fax: 00 49 4852 81-3289	Incinerador de inyección líquida	27.000	7.000		
	Irlanda	Ninguna	Véase comentario en el texto				
E21	Países Bajos	Orion BV, De sTeven 25, Drachten, Friesland Tel.: 00 31 512 532515 Fax: 00 31 512 541130 E-mail: info@orion-pcbs-conversion.nl D Hoogendoorn, Director Gerente	Extracción por solvente, desmantelamiento y reciclado (1990), capacidad 8.000 tpa				
E22	Países Bajos	AVR-Chemie, PO Box 1120, Professor Gerbranoyweg 10, Rotterdam-Botlek (3197KK), 3180 AC Rozenburg, Países Bajos Tel.: 00 31 181 242766 Fax: 31 181 242 502 Ing. A W J Goverde, Gerente Internacional de Comercialización, Ton.goverde@avr.nl	Dos incineradores de horno rotativo (1986 & 1991)	100.000		5.000	
E23	Países Bajos	Akzo Nobel Chemicals, 7020-3000 HA Rotterdam, Welplaatweg 12 - Harbour Nr. 4150, Rotterdam-Botlek, Países Bajos Tel.: 00 31 10 4389258 Fax: 00 31 10 4389295 F J Spijk	Incinerador de inyección líquida (1996) Unidad circular para el cloro	36.000	660		
E24	Noruega	Norcem AS, PO Box 38, N-3950 Brevik, Noruega Tel.: 00 47 35 57 2000 Fax: 00 47 35 57 1400 Tor Faerden, Asesor Superior, Servicio Noruego de Control de la Contaminación Tel.: 00 47 22 57 36 79	Horno de cemento (1980) NOAH, una compañía independiente de Norcem asume la responsabilidad de la recogida y pretratamiento de desechos peligrosos	31.000	400		f2
	República de Belarús	Ninguna					

No.	País	Instalación/ operador/ detalles de contacto, incluido el e-mail, si se conoce	Método	Capacidad de destrucción de desechos orgánicos, tpa	Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa	Desechos con PCB estimados, tpa (f3)	Notas de pie de página
	Rumania	TMC, Uzinei St. No. 2, Filiasi, Dolj County Tel.: 00 40 051 361270/361596 Fax: 00 40 051 412300	Véase comentario en el texto				
E25	Eslovenia	Iskra Kondenzaotorji, Vrtaca 1, 8333 Semic Tel.: 00 386 68 67 709 Fax: 00 386 68 67 110 E-mail: iskra.semic@eunet.si Sra. Vesna Paun, Ecologista	Terraplenado de 10.000 m ³ (1987) - véase el texto				
E 26	Suecia	SAKAB, Box 904, s-69229, Kumla, Suecia Tel.: 00 46 19 305100 Fax: 00 46 19 577027 Christer Forsgren, Gerente de Medio Ambiente y Técnico Christer.forsgren@sakab.se Sociedad matriz: Waste Management International, 3 Shortlands, Hammersmith Int.Centre, Londres W6 8RX Reino Unido Tel.: 044 181 563 7000 Fax: 044 181 563 6300	Incinerador de horno rotativo (1979)	40.000		2.000	
E27	Suiza	ETI Umweltschutztechnik AG, Kalchbuehlstrasse 18, CH-7007 Chur Tel.: 0041 81 253 54 54 Beat Frey, Organismo Suizo para el Medio Ambiente, Bosques y Paisajes CH-3003 Berna Tel.: 0041 31 322 69 62 Fax: 0041 31 324 79 78	No se dan detalles				nic
E28	Suiza	EMS-Dottikon AG, CH-6505 Dottikon Tel.: 0041 56 616 8111 Fax: 0041 56 616 8120 Beat Frey, véase E27	Incinerador de horno rotativo	7.500		375	
E29	Suiza	Novartis Services AG, Waste Management, CH-4002 Basilea, Suiza Tel.: 0041 61 696 3420 Fax: 0041 61 468 3348 Beat Frey, véase E27	Incinerador de horno rotativo (1994)	16.000		800	

No.	País	Instalación/ operador/ detalles de contacto, incluido el e-mail, si se conoce	Método	Capacidad de destrucción de desechos orgánicos, tpa	Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa	Desechos con PCB estimados, tpa (f3)	Notas de pie de página
E30	Suiza	Département de l'intérieur et de l'environnement, Route de Verbois, CH-1288 Aire-la-Ville Tel.: 0041 22 757 4820 Beat Frey, véase E27	Incinerador de horno rotativo	15.000		750	
E31	Reino Unido	Cleanaway Ltd., Bridges Road, Ellesmere Port, Cheshire, CW9 6QG Tel.: 0044 151 357 3377 Fax: 0044 151 357 3313 Malcom Gray, Gerente de Servicio a la Clientela	Incinerador de horno rotativo (1990)	60.000 (48.000 de líquido; 12.000 de sólido)		3.000	
E32	Reino Unido	Rechem International Ltd Pontyfelin Industrial Estate New Road, Panteg Pontypool, Gwent NPH 5DQ Tel.: 0044 1495 756 231 Fax: 0044 1495 759 019 www.rechem.co.uk Andrew Falconbridge, Gerente de Operaciones Internacionales	Incinerador de horno rotativo (1992)	30.000		1.500	
E33	Reino Unido	Rechem International Ltd (como E32)	Incinerador de horno fijo		5.000		
	Total, tpa			697.500	88.360	23.175	

- nic no se facilita información sobre capacidad
f1 basado en los 1.500 kg/día permitidos
f2 400 tpa basándose en los 50 kg/h permitidos
f3 calculado como 5% de la capacidad de desechos orgánicos

En Francia, Tredi Saint-Vulbas (E8 y E9), que forman parte del grupo EMC de propiedad estatal, utilizan en Saint-Vulbas un incinerador de horno rotativo y un incinerador de horno fijo, para desechos líquidos y sólidos. En este mismo lugar funcionan nueve unidades de descontaminación para equipos que contengan PCB (capacidad 16.000 tpa). Los transformadores se drenan y descontaminan por termotratamiento en autoclaves. Los componentes metálicos se reciclan, el cloruro de hidrógeno producido se convierte en ácido clorhídrico y el resto de los componentes se incineran. Los capacitores se drenan, fragmentan e incineran. Tredi tiene además un acuerdo con GEO (E11) para incinerar los desechos líquidos producidos durante el tratamiento de los transformadores.

También en Francia, Elf Atochem (E12) y Aprochim (E7) han unido sus fuerzas para tratar los desechos clorados de transformadores y condensadores. Los desechos líquidos se extraen por completo del equipo utilizando un proceso de extracción con solvente Aprochim, y los desechos son incinerados por Elf Atochem en St Auban.

En la planta de Orion, en los Países Bajos (E21, Cuadro 6), los equipos con desechos antes de desmantelarlos se drenan y los PCB se lavan a presión con un solvente. Los metales descontaminados

se reciclan, el aceite se recicla y los materiales de aislamiento contaminados se envían para su incineración. La instalación de Cleanaway, en el Reino Unido (E31, Cuadro 6), ofrece la posibilidad de reciclado mediante retroalimentación y extracción por solvente. En otra técnica, el equipo se desmantela y fragmenta, los metales (cobre y acero) se reciclan, y el material contaminado y los contaminantes se incineran. También en el Reino Unido, Rechem utiliza un incinerador de horno rotativo para los líquidos y los desechos con PCB en barriles, y utiliza hornos fijos para descontaminar las grandes piezas metálicas antes de su reciclado. Los dos hornos utilizan las mismas instalaciones de postcombustión y de limpieza por gas.

En Kommunekemi, en Dinamarca, se vacían los grandes transformadores, se incinera el líquido y el transformador ya vacío se deposita en una mina de sal.

Recetox, en la República Checa, comunica que además de utilizar un proceso de BCD, realiza experimentos de laboratorio sobre decloración con sodio a razón de 70 l/día.

Rumania comunica que carece de instalaciones para el tratamiento o la eliminación de PCB. Desde que en 1986 cesara su producción, los equipos que contienen PCB de todo el país se han almacenado en TMC, Filiasi (una fábrica de transformadores y capacitores). Estos desechos esperan a ser reciclados, tratados y eliminados, pero no se dispone de los fondos suficientes para poder realizar esas operaciones. Armenia posee un lugar de terraplén pero que no está autorizado a aceptar desechos con PCB.

Croacia, Irlanda y la República de Belarús comunican que carecen de instalaciones pero no indican qué es lo que hacen con sus posibles desechos de PCB.

En el Cuadro 7 se da información sobre desechos aceptados y servicios prestados en instalaciones europeas, según las respuestas al cuestionario recibidas.

En lo que respecta a las instalaciones en Suiza (Cuadros 6 y 7: E 27 a E30), en el Cuadro 7 sólo se señala una «y» cuando en el cuestionario se había cumplimentado la casilla correspondiente. Pero las cuatro instalaciones pueden aceptar los mismos tipos de desechos especiales, que comprenden las siguientes categorías:

- 1510 Aceites que contienen PCB o PCT (con un contenido superior a 50 ppm de PCB)
- 1511 Aceites aislantes que contengan PCB o PCT (que contengan más de 50 ppm de PCB)
- 3060 Aparatos y equipos que contenga PCB o PCT
- 3061 Equipos que contengan PCB
- 3062 Suelos contaminados con PCB
- 30663 Lodos que contengan PCB

Cuadro 7. Desechos aceptados y servicios prestados en instalaciones europeas

Instalación	Desechos y equipos aceptados						Servicios ofrecidos								
	PCB puros	Aceites contaminados con PCB	Artículos/materiales que contienen PCB	Residuos y lodos contaminados con PCB	Suelos contaminados con PCB	Desechos embalados/en barriles	Transformadores llenos	Condensadores llenos	Transformadores vacíos	Condensadores vacíos	Análisis/pruebas de laboratorio	Clasificación/etiquetado de PCB	Transporte de desechos de PCB	Embalaje de desechos con PCB para su expedición	Limpieza de sitios contaminados por PCB
Austria															
E1/2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x				
República Checa															
E3/4		x									x	x		x	
Dinamarca															
E5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					
Finlandia															
E6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Francia															
E7	x	x	x	x	x		x	x	x	x				x	x
E8/9	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E10		x	x								x		x		
E11		x	x				x	x	x						
E12	x	x									x				
E13	x	x					x				x	x			
Alemania															
E14			x						x	x					
E15	x	x	x				x	x			x	x	x		
E16	x	x	x	x	x						x		x		
E17								x		x	x	x			
E18		x	x			x									
E19	x	x	x	x	x	x									
E20		x									x				
Países Bajos															
E21	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E22	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E23	x										x				
Noruega															
E/24		x		x	x										
Eslovenia															
E/25															
Suecia															
E/26	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	
Suiza															
E27		véase el texto													x
E28	x	x	x	x	x	x		x							
E29		véase el texto													
E30		véase el texto													
Reino Unido															
E/31	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E32/33	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x

En Alemania, con los cuestionarios devueltos, se facilitaron las direcciones de otras varias instalaciones de destrucción e instalaciones para el almacenamiento intermedio, pero no se enviaron cuestionarios

cumplimentados para el análisis que se hace en este estudio. Esas instalaciones se enumeran en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Instalaciones en Alemania no incluidas en el Cuadro 6

<i>Dirección de la instalación</i>	<i>Tipo de instalación</i>
Sonderabfallverbrennungsanlage Bergkamen Emst-Schering-Str. 14 59192 Bergkamen Tel: +49 2307 65 730	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Sonderabfallverbrennungsanlage Biebesheim Otto-Hahn-Str. 1 64584 Biebesheim am Rhein Tel: +49 6258 809-0	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Rückstandsverbrennungsanlage Böhlen, Werkstr. 1 04564 Böhlen Tel: +49 34206 587-0	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Sonderabfallverbrennungsanlage Bramsche Bölkowstr. 8-10 49565 Bramsche Tel: +49 5461 9510	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Sonderabfallverbrennungsanlage Brunsbüttel Ostertweute 25541 Brunsbüttel Tel: +49 4852 8308-0	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Rückstandsverbrennungsanlage Burghausen Johann-Heß-Str.24 84489 Burghausen Tel: +49 867783 2459	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Rückstandsverbrennungsanlage Frankfurt Werk 343 Blockfeld E 300 65926 Frankfurt am Main Tel: +49 69 305 5555	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Rückstandsverbrennungsanlage Werk Griesheim Stroofstr. 27 65933 Frankfurt / Main Tel: +49 69/3800-2657	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Sonderabfallverbrennungsanlage der AVG Hamburg Borsigstr.2 22113 Hamburg Tel: +49 40 73351-0	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)

<i>Dirección de la instalación</i>	<i>Tipo de instalación</i>
Rohstoffrückgewinnungszentrum Ruhr (RZR) Im Emscherbruch 11 45699 Herten Tel: +49 2366 300-209	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Rückstandsverbrennungsanlage Hürth Werk Knapsack Industriestrasse 50354 Hürth Tel: +49 2233 48-6500	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Sonderabfallverbrennungsanlage Ibbenbüren Zepperlinstrasse 49479 Ibbenbüren Tel: +49 5459 56-0	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Rückstandsverbrennungsanlage Köln Henry-Ford Strasse 50735 Köln Tel: +49 221 901-4188	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Rückstandsverbrennungsanlage Werk Schlebusch Kalkstr. 218 51377 Leverkusen Tel: +49 214 357-204	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Rückstandsverbrennungsanlage Werk Ludwigshafen Carl-Bosch-Str. 38 67056 Ludwigshafen Tel: 0049 621 60 0	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Sonderabfallverbrennungsanlage Marburg Emil-von-Behring-Str. 76 35041 Marburg Tel: 049 6421 39 2476	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Sonderabfallverbrennungsanlage Marl Bau 506 Paul-Baumann-Str. 1 45772 Marl Tel: 0049 2365 49 1, -4674	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Rückstandsverbrennungsanlage Münster-Hiltrup Glasuritstr. 1/Postfach 6123* 48165 Münster-Hiltrup/48136 M-H* Tel: 00 49 2501 14 0	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Rückstandsverbrennungsanlage Muldenhütten Flurstück 401/17 09627 Hilbersdorf/Muldenhütten Tel: 0049 3731 367 296 Schnee	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)

<i>Dirección de la instalación</i>	<i>Tipo de instalación</i>
Rückstandsverbrennungsanlage Niederkassel Markusstraße 60 53859 Niederkassel Tel: 0049 2208 4047 48	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Rückstandsverbrennungsanlage Werk Offenbach, Gebäude 257 Mainstr. 169/Postfach 10 08 63* 63075 Offenbach/63008 Offenbach* Tel: 0049 6104 8066 532 Niembs	Incinerador de desechos peligrosos (residuos)
Sonderabfallverbrennungsanlage Schöneiche Kreis Zossen Am Galluner Kanal 15806 Schöneiche Tel: 0049 33764 369 6 375	Incinerador de desechos peligrosos (especiales)
Sondermüllentsorgungsanlage Schwabach Siemensstr. 3-5 91126 Rednitzhembach-Igelsdorf Tel: 0049 9122 797 100 Rückel	Instalación para la eliminación de desechos peligrosos (especiales)
Cablo GmbH Neißestr. 2 35260 Stadtallendorf Tel: 0049 6428 7552 Fax: 0049 6428 5056	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores
Rolf Märtens GmbH & Co. KG Sondermüll Strotthoffkai 18 28309 Bremen Tel: 0049 421 455095 Fax: 0049 421 455098	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores
EES Jürgen Scholz GmbH Transformatorentechnik Oehlecker Ring 6a 22149 Hamburg Tel: 0049 40 5314081 Fax: 0049 40 5315868	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores
L & Z Entsorgungsdienste für Starkstromanlagen GmbH Am Bubenpfad 2 67065 Ludwigshafen Tel: 00 49 621 5793 0 Fax: 00 49 621 5793 111	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores
Schorch GmbH Umwelttechnik Rheinstr. 73 41065 Mönchengladbach Tel: 0049 2161 944100 Fax: 0049 2161 944190	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores

<i>Dirección de la instalación</i>	<i>Tipo de instalación</i>
Fred Stemmer GmbH Göttinger Str. 50 34346 Hann. Münden Tel: 0049 5541 72077 Fax: 0049 5541 2717	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores
Starkstromgerätebau GmbH Ohmstr. 36 93055 Regensburg Tel: 0049 941 7841-0 Fax: 0049 941 71721	Autorizado para el almacenamiento de desechos o la preparación de transformadores / condensadores

8.4 Asia y el Pacífico

En el Cuadro 9 puede verse el total de la capacidad conocida en la región, que es de 7.475 tpa, de los cuales 1.070 tpa corresponden a termotratamiento y extracción por solvente, no a destrucción. Recientemente, en esta región se han observado algunas novedades como las siguientes:

- ! Un incinerador de horno rotativo en la República de Corea (AP10), que será la única planta autorizada a incinerar PCB en Corea y que se supone que acepta desechos a partir de agosto de 1998. Los transformadores se van a drenar, se extraen con solvente y se recicla el acero. Esta instalación está a cargo de la Waste Treatment Division, Environmental Management Corporation (EMC), un órgano sin fines lucrativos afiliado al Ministerio del Medio Ambiente.
- ! Un horno de cemento en Indonesia (AP9) que quema los PCB extraídos por líquido a presión del equipo con diesel hasta que la concentración de PCB en el líquido de bombeo sea inferior a 500 ppm; a continuación se elimina el equipo en un terraplén.
- ! Una nueva instalación en Australia (AP1/2) utiliza un nuevo método perfectamente seguro de manejar el metal sodio con aceite regenerado y utilizando un nuevo proceso reactivable con tierra de Fullers. Se ha señalado que los desechos constituyen menos del 0,2% del producto introducido y son suficientemente inocuos como para que puedan liberarse en el sistema de aguas pluviales. Los aceites que contienen hasta 500 ppm de PCB se recogen para su tratamiento en un depósito de 30.000 litros. En la instalación de procesado se dispone de una capacidad de almacenamiento de 90.000 litros. Este proceso puede ser similar al proceso PCB Gone (sección 6.2.1).
- ! La instalación de Eco Logic en Kwinana, Australia Occidental (A5), utiliza la reducción química en fase gaseosa para tratar aceites con PCB, desechos acuosos, equipos eléctricos y otros sólidos contaminados con PCB. Según la empresa en sus instalaciones pueden tratarse desde materiales orgánicos muy diluidos hasta el 100%. Eco Logic afirma que las concentraciones de PCB en los sólidos tratados son inferiores al criterio australiano que fija en 2 ppm al producto «libre de PCB», y por consiguiente éste se puede enviar a un terraplén que no tenga restricciones.
- ! En Narangba, Australia (AP3/4) BCD Technologies acaba de agregar un proceso de arco plasmático (PLASCON) que viene a complementar su instalación de dechloración

química. La unidad PLASCON se utiliza para tratar PCB líquidos en los que no está exactamente indicado el proceso de BCD.

- ! Haz-Waste, en Melbourne (AP6/7) utiliza la extracción con solvente para tratar equipos que contienen PCB y cuya parte metálica se recicla. El aceite contaminado y otros desechos se tratan por decloración.

Fiji informa sobre dos terraplenes que aceptan desechos y equipos con PCB sin restricciones. En uno de ellos (Lami) los desechos con PCB se colocan en un lugar apartado del terraplén y se recubren con 150 - 200 mm de suelo.

Los siguientes países comunican que no disponen de instalaciones:

Bangladesh
 Federación de Estados de Micronesia
 Japón
 Filipinas
 Singapur, y
 Tailandia

Los Estados Federados de Micronesia forman parte del programa regional del medio ambiente del Pacífico sur, proyecto de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Se está preparando un inventario de sustancias químicas orgánicas persistentes que irá seguido de un conjunto de informaciones sobre desechos recogidos y eliminación de desechos. Algunos transformadores que contienen PCB se han eliminado en terraplenes. Fiji participa en el proyecto de manejo de contaminantes orgánicos persistentes en los países insulares del Pacífico (PIP).

La Secretaría del Convenio de Basilea comunica que en 1996 Japón no disponía de ninguna instalación de termotratamiento, pero se están implantando otras tecnologías de tratamiento, incluyendo la decloración química, procesos supercríticos de oxidación en agua, radiación ultravioleta, reducción química en fase gaseosa y descomposición biológica.

Cuadro 9. Instalaciones de eliminación y tratamiento de PCB en la región de Asia y el Pacífico

	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad con desechos PCB, tpa</i>	
AP1	Australia	Powerlink, 33 Harold Street, Virginia 4014, Queensland Tel: 00 61 7 3860 2111 Fax: 00 61 7 3860 2100 David Strongman, Gerente General	Decloración (1997) y retroalimentado	430	f1
AP2	Australia	Powerlink, como antes	Termotratamiento (1997)	570	f1

	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad con desechos PCB, tpa</i>	
AP3	Australia	BCD Technologies PTY Ltd, PO Box 119, 2 Krypton Street, Narangba, Queensland Tel: 00 61 7 3202 3405 Fax: 00 61 7 3203 3450 Martin Krynen, Gerente General marius@911.com.au	Proceso de arco plasmático (1997)	450	
AP4	Australia	BCD Technologies PTY Ltd, como antes	Decloración química (1991)	2 200	
AP5	Australia	ELI Eco Logic Australia, Hazardous Waste Destruction Facility, Lot 4 Mason Road, Kwinana 6167, Western Australia Tel: 0061 9 439 2074 Fax: 0061 9 439 2363 ecoadmin@ecologic.com.au Nathan Dixon, Gerente de Control de la Calidad	Hidrogenación - destrucción química (1995)	1 000	
AP6	Australia	Haz-Waste Services, Jancasco Pty Ltd, PO Box 4012, 101 Ordish Road, Dandenong Sth, Victoria 3164, Australia Tel: 006 13 9706 7966 Fax: 0061 3 9706 5762 K R Carlile, Director Gerente	Decloración química (1994)	250	
AP7	Australia	Haz-Waste Services, véase AP6	Extracción con solvente (1988)	500	
AP8	China	PCBs Incineration Plant, No. 63 Shashan Street, Heping District, Shengyang 110005 Tel: 0086 24 3316656 Fax: 0086 24 3317668 Shao Chinyan, Ingeniero Jefe	Incinerador de horno fijo e inyección líquida (1995)	300	
	Fiji	Lami Municipal Dump Suva City Council Main Office, Civic Centre, 176 Suva Tel: 00679 313 433 Fax: 00679 302 158 Moti Lal Registrar of Pesticides Ministry of Agriculture Koroniva Research Station Suva Tel: 00679 477 044 Fax: 00679 400 262	Terraplén, véase el texto		

	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad con desechos PCB, tpa</i>	
	Fiji	Lautoka Municipal Dump Lautoka City Council 169 Vitoco Poc, 124 Lautoka Tel: 00679 660 433 Fax: 00679 663 288 Moti Lal (como antes)			
AP9	Indonesia	PT. PPLI, Desa Narbo, Cibinong-Bogor, West Java Tel: 0062 21 823 0307 Fax: 0062 21 823 0308 Syarif Hidayat	Horno de cemento (1996)	1 575	f2
	Indonesia	PT. PPLI, como antes	Terraplén (1994) - sólo para concentraciones de PCB inferiores a 500 ppm		
AP10	Corea	Integrated Waste Treatment Plant, 2 Complex, Kunsan Industrial Estate, Soryong- dong, Kunsan City, Chonbuk Province Tel: 0082 654 467 2285/7 Fax: 0082 654 467 2288 Sr Ho-Jik Kang, Director	Incinerador de horno rotativo (comienza a funcionar en julio de 1998)	200	f3
Total				7 475	

f1 se supone un sg de 1,4 en la conversión a partir de la totalidad del volumen aportado

f2 cifra para un 1% de Cl en desechos, basada en una limitación de 45 tpa de PCB (35% de Cl)

f3 basado en una tasa de alimentación máxima de 25 kg/h

En el cuadro 10 se resumen los desechos que aceptan y los servicios que facilitan las instalaciones de la región de Asia-Pacífico.

8.5 Asia occidental

Kuwait comunica la existencia de una instalación en Safat, a cargo del Servicio Público del Medio Ambiente, de Kuwait. En el cuestionario se especifican incinerador de horno rotativo, terraplén y plantas de deoloración química, pero sin dar más detalles.

En su cuestionario, Mauricio identifica el terraplén de Mare Chicone. Aunque carece de licencia para el tratamiento de PCB, la respuesta al cuestionario comenta que según la información disponible, en Mauricio no existen PCB.

Cuadro 10. Desechos aceptados y servicios prestados en instalaciones de Asia-Pacífico

Instalación	Desechos y equipos aceptados												Servicios ofrecidos				
	PCB puros	Aceites contaminados con PCB	Artículos/materiales que contienen PCB	Residuos y lodos contaminados con PCB	Suelos contaminados con PCB	Desechos embalados/en barriles		Transformadores llenos	Condensadores llenos	Transformadores vacíos	Condensadores vacíos		Análisis/pruebas de laboratorio	Clasificación/etiquetado de PCB	Transporte de desechos de PCB	Embalaje de desechos con PCB para su expedición	Limpieza de sitios contaminados por PCB
AP1/2		x						x					x		x		
AP3/4	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x
AP5	x	x	x	x				x	x	x	x						
AP6/7	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x
AP8	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x		
AP9	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x		
AP10	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x		x

Seychelles no comunica ninguna instalación. En el Cuadro 11 se dan los puntos de contacto para Kuwait y Mauricio.

Cuadro 11. Puntos de contacto para Kuwait y Mauricio

País	Puntos de contacto
Kuwait	Environment Public Authority 24395 Safat Tel: 00965 48 21 285 – 9 Fax: 00965 48 20 570 Raja Al-Busairi, Director General Interino
Mauricio	Ministry of Environment, Ken Lee Tower, Corner St George Street & Barracks Street, Port Louis Tel: 00230 212 3363 Fax: 00230 212 6671 DENVME@Bow-Intnt.Mu Archie Iqbal Oficial Técnico

8.6. América Latina y el Caribe

En el cuestionario enviado por Brasil se describen tres instalaciones, que se presentan resumidamente en el Cuadro 12, y que tienen una capacidad total para desechos de PCB de 4.200 tpa. El incinerador de horno rotativo (LA2), que aceptará desechos sólidos, iniciará sus ensayos de funcionamiento en julio de 1998. CETREL es una empresa privada que originalmente había de tratar los desechos líquidos y sólidos producidos por las plantas fabriles de Camaçari Petrochemical Complex, pero que ha evolucionado de manera que pueda desempeñar un papel más amplio. Desde su puesta en marcha en 1992, la empresa que maneja el otro incinerador de horno rotativo de Brasil (LA3) ha puesto a disposición un sistema de gestión integrada de desechos que incluye una estación de tratamiento físico-químico y biológico y un terraplén industrial con doble protección.

Chile, Colombia, Paraguay y St Kitts y Nevis no comunican la existencia de ninguna instalación.

Cuadro 12. Instalaciones para la destrucción de PCB en Brasil

	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Desechos de PCB</i>
LA1	CETREL SA Empresa de Proteção Ambiental, Rua Valjenio, s/n Polo Petroquimico de Camaçari, Camaçari, Bahia Fax: 0055 71 832 2389 Email: incinera@catrel.com.br www.cetrel.com.br Armando Goes de Araujo Neto, Jefe del Area de Incineración y Desechos Peligrosos	Incinerador de inyección líquida (1991)	1200 tpa
LA2	CETREL SA, como antes	Incinerador de horno rotativo (planificado para 1998)	500 tpa
LA3	Incinerador Rotativo, Estrada Boa Esperanca, 650 Belford Roxo, Rio de Janeiro Fax: 0055 21 761 4686 Fernando Altina Medeiros Rogrigues, Jefe de Medio Ambiente Químico	Incinerador de horno rotativo (1992)	2500 tpa

Cuadro 13. Desechos aceptados y servicios prestados en instalaciones de Brasil

Instalación	Desechos y equipos aceptados										Servicios ofrecidos						
	PCB puros	Aceites contaminados con PCB	Artículos/materiales que contienen PCB	Residuos y lodos contaminados con PCB	Suelos contaminados con PCB	Desechos embalados/en barriles		Transformadores llenos	Condensadores llenos	Transformadores vacíos	Condensadores vacíos		Análisis/pruebas de laboratorio	Clasificación/etiquetado de PCB	Transporte de desechos de PCB	Embalaje de desechos con PCB para su expedición	Limpieza de sitios contaminados por PCB
LA1/2	x	x	x	x	x	x			x		x		x		x		x
LA3	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x				

8.7 América del Norte

México y Canadá cumplimentaron los cuestionarios y sus respuestas se resumen en el Cuadro 14 (NA1, NA2, & NA3). Los desechos que se aceptan y los servicios que se prestan en esas instalaciones se resumen en el Cuadro 15. Existen otras varias empresas canadienses que facilitan pericia o tienen la capacidad de realizar termodestrucción móvil o de cloración química de líquidos de transformador contaminados. Por ahora no se ha podido obtener la información detallada de cuestionario correspondiente a cada una de esas instalaciones. En octubre de 1997 las empresas incluidas en NA4 a NA16 en el Cuadro 14 facilitaron servicios especializados de capacidad de destrucción/descontaminación de PCB en Canadá. Además, en el Cuadro 14 se ha incluido una lista, facilitada por el PNUMA, de empresas que utilizan instalaciones de destrucción de desechos de PCB en EE.UU. (NA17 a NA48), con alguna información sobre los procesos empleados. Además de estas 28 empresas comerciales autorizadas para la eliminación de PCB que figuran en la lista de los EE.UU., existen otras varias no comerciales y también autorizadas, y otras instalaciones de eliminación (calderas de alta eficiencia) que destruyen los PCB pero que no están obligadas a disponer de una autorización.

En México, S D Myers de México utiliza un incinerador de horno rotativo de una capacidad de 9.000 tpa, que entró en funcionamiento en 1998 con el fin de tratar toda una serie de desechos líquidos y sólidos (NA1 en el Cuadro 14). Los transformadores se descontaminan y el metal se recicla.

La instalación de Swan Hills, en Alberta (NA2), es la única instalación para la destrucción de PCB existente en Canadá y que ha destruido los desechos de PCB de todo el país valiéndose de un incinerador de horno rotativo. Todas las instalaciones canadienses, incluida la de Swan Hills y otras varias pequeñas instalaciones para la de cloración química diseminadas en diversas provincias, entran dentro de la jurisdicción provincial. El centro de tratamiento de Swan Hills es una instalación de gestión de desechos peligrosos plenamente integrada y que facilita todos los servicios de tratamiento. Entre las tecnologías

de tratamiento de desechos figuran el tratamiento a alta temperatura (incineración), la estabilización y el tratamiento físico-químico. Los residuos sólidos no peligrosos resultantes del tratamiento se evacúan en un terraplén vigilado y seguro existente en el lugar. Los efluentes líquidos tratados se eliminan mediante inyección en pozo profundo.

A continuación se resume la información facilitada por la Secretaría del Convenio de Basilea:

En México:

- ! S D Myers de México SA de CV, en Tlalnepantla, reacondiciona los transformadores reemplazando (retroalimentando) los líquidos dieléctricos contaminados con 50 a 10.000 ppm de PCB. Los PCB se tratan en una planta móvil mediante la dechloración por base catalizada.

En Canadá:

- ! ELI Eco Logic en Rockwood, Ontario (NA5), ha desarrollado un sistema en escala portátil que está en funcionamiento en su oficina principal. Este sistema se utiliza sobre todo en estudios de tratabilidad. En Australia está funcionando un sistema en plena escala (800 a 1.000 tpa).

En los EE.UU. (1996):

- ! La dechloración química mediante reactivo alcalino se utiliza en varias instalaciones no móviles de PPM Inc. (NA24), que forma parte de Laidlaw Environmental Systems, Tucker, Georgia, así como en una unidad móvil de ENSR Operations Division (NA23), Canton, Ohio.
- ! Commodore Remediation Technologies (NA22), Inc, Columbus, Ohio, utiliza la dechloración electroquímica solvatada (véase la sección 6.2.3).
- ! Existen aproximadamente 10 incineradores comerciales de PCB (incineradores de inyección líquida, incineradores de horno rotativo y de cama fluidificada), cuatro de los cuales (NA17 a NA20) se identifican en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Instalaciones para la evacuación y el tratamiento de PCB
en América del Norte**

<i>No.</i>	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa</i>
NA1	México	S D Myers de México S.A. de C.V. Benito Juárez No.102 Col. San Lucas Tepetlcalco, Naucalpan, Estado de México Tel: 0052 5 398 5999 Fax: 0052 5 398 8150 Arturo Carrasco, Presidente	Incinerador de dos cámaras (1988)	9,000 (todos los desechos)
NA2	Canadá	Bovar Waste Management, Swan Hills Treatment Centre Mail Bag 180 Swan Hills, Alberta T0G 2C0 Tel: 001 403 333-4197 Fax: 001 403 333-4196 Graham Latonas Vicepresidente, Asuntos Ambientales	Incinerador de horno rotativo (1994)	35,000
NA3	Canadá	Bovar Waste Management, Swan Hills Treatment Centre (como NA2)	Incinerador de horno rotativo (1990)	8,000
NA4	Canadá	Cintec Environnement Inc. 2401 Lapierre Lasalle, Quebec H8N 17B Tel: 001 514 364-6860 Fax: 001 514 365-2964	Sistema de termodestrucción (sistema móvil)	
NA5	Canadá	ELI Eco Logic International Ltd. 143 Dennis Street Rockwood, Ontario NOB 2K0 Tel: 001 519 856-9591 Fax: 001 519 856-9235	Reducción química en fase gaseosa	Sólo estudios de tratabilidad
NA6	Canadá	Bennett Environmental Inc. Suite 200, 1130 West Pender Street Vancouver, B.C. V6E 4A4 Tel: 001 604 681-8828 Fax: 001 604 681-6825	Sistema de termodestrucción	
NA7	Canadá	PPM Canada Inc. 6 Chelsea Lane Brampton, Ontario L6T 3Y4 Tel: 001 905 790-7227 Fax: 001 905 790-7231	Sistema de decloración - instalaciones móvil y fija	

<i>No.</i>	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa</i>
NA8	Canadá	Sanexen Environmental Services Inc. 579 Le Breton Street Longueuil, Quebec J4G 1R9 Tel: 001 514 646-7878 Fax: 001 514 646-5127	Sistema de decloración - instalación móvil	
NA9	Canadá	RONDAR Inc. 333 Centennial Parkway Hamilton, Ontario L8E 2X6 Tel: 001 905 561-2808 Fax: 001 905 573-8209	Sistema de decloración - instalación móvil	
NA10	Canadá	Transformer and Switchgear Services Co. Limited 158 Wallace Street Woodbridge, Ontario L4L 2P4 Tel: 001 905 851-1803 Fax: 001 905 851-1803	Sistema de decloración - instalación móvil	
NA12	Canadá	Ontario Hydro Technologies 800 Kipling Avenue Toronto, Ontario M8Z 5S4 Tel: 001 416 207-5876 Fax: 001 416 207-6094	Sistema de decloración - instalación móvil	
NA14	Canadá	Manitoba Hydro 1840 Chevrier Blvd. Winnipeg, Manitoba R3T 1Y6 Tel: 001 204 474-4366 Fax: 001 204 474-4756	Sistema de decloración - instalación móvil	
NA16	Canadá	B.C. Hydro 12388-88 th Avenue Surrey, B.C. V3W 7R7 Tel: 001 604 590-7500 Fax: 001 604 590-5347	Sistema de decloración - instalación móvil	
NA17	EE.UU.	Safety-Kleen (Aragonite) Inc. Lugar: 11800 N. Aptus Road, Aragonite, UT 84029 Oficina: PO 22890, Salt Lake City, UT 84122-0890 Tel: 00 1 801 323 8100 Fax: 00 1 801 323 8884	Incinerador	
NA18	EE.UU.	Chemical Waste Management, PO Box 2563, Port Arthur, TX 77643 Tel: 00 1 409 736 2821	Incinerador	

<i>No.</i>	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa</i>
NA19	EE.UU.	Laidlaw Environmental Services (Deer Park) Inc, PO Box 609, Deer Park, TX 77536 Tel: 00 1 713 930 2300	Incinerador	
NA20	EE.UU.	Weston One Weston Way, West Chester, PA 19380 Tel: 00 1 610 692 3030	Incinerador	
NA21	EE.UU.	Geosafe Corporation 2950 George Washington Way, Richland, WA 99352 Tel: 00 1 509 375 0710	Termodestrucción alternativa	
NA22	EE.UU.	Commodore Remediation Technologies Inc, 1487 Delashmut Ave, Columbus, OH 43212 Tel: 00 1 614 297 0365	Declaración química; descontaminación de sistemas de tuberías y compresores	
NA23	EE.UU.	ENSR Operations (antes Sunohio) 1700 Gateway Blvd., S.E.Canton, OH 44707 Tel: 00 1 216 452 0837 www.ensr.com	Declaración química; separación física	
NA24	EE.UU.	Laidlaw Environmental Systems (PPM, Inc) 1875 Forge Street, Tucker, GA 30084 Tel: 00 1 770 934 0902	Declaración química	
NA25	EE.UU.	Transformer Consultants (Div of S.D.Myers Inc). 180 South Avenue, Tallmadge, OH 44278 Tel: 00 1 800 444 9580	Tratamiento de PCB en transformadores inutilizados (desmontado/fundición); reciclado de balastos con luz fluorescente	
NA26	EE.UU.	General Electric, One River Road, Schenectady, NY 12345 Tel: 00 1 518 385 0045	Separación física	
NA27	EE.UU.	Terra-Kleen Response Group, Inc. 3970-B Sorrento Valley Blvd., San Diego, CA 92130 Tel: 00 1 619 558 8762	Separación física	
NA28	EE.UU.	Environmental Technologies Unlimited Corp, 9220 Industrial Blvd., Leland, NC 28451 Tel: 00 1 910 371 2007	Descontaminación de sistemas de tuberías y compresores	
NA29	EE.UU.	Philip Environmental Services Corporation 3010 Greens Road, Houston, TX 77032 Tel: 00 1 713 442 1794	Descontaminación de sistemas de tuberías y compresores	

<i>No.</i>	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa</i>
NA30	EE.UU.	Trans-Cycle Industries 101 Parkway East, Cogswell Industrial Park, Pell City, AL 35125 Tel: 00 1 205 338 9997	Tratamiento de PCB en transformadores inutilizados (desmontado/fundición); reciclado de balastos con luz fluorescente	
NA31	EE.UU.	Vector Group, Inc 1118 Ferris Road, Cincinnati, OH 45102 Tel: 00 1 513 752 8988	Descontaminación de sistemas de tuberías y compresores	
NA32	EE.UU.	Laidlaw Environmental Services (Tucker), Inc. 1672 E. Highland Road, Twinsburg, OH 44087 Tel: 00 1 330 425 3825 Fax: 00 1 330 487 5784	Tratamiento de PCB en transformadores inutilizados (desmontado/fundición)	
NA33	EE.UU.	FulCircle Ballast Recyclers 186 Brattle Street, Cambridge, MA 02138 Tel: 00 1 800 775 1516	Reciclado de balastos con luz fluorescente	
NA34	EE.UU.	Salesco Systems USA Inc.-AZ 5736 West Jefferson, Phoenix, AZ 85043 Tel: 00 1 800 368 9095	Reciclado de balastos con luz fluorescente	
NA35	EE.UU.	H.E.L.P.E.R. 1606 NE 3rd St., Industrial Park, Madison, SD 57042 Tel: 00 1 605 256 6254	Procesamiento de cables eléctricos con PCB para la recuperación del metal	
NA36	EE.UU.	Chemical Waste Management Alabama Inc, Box 55, Emelle, AL 35459 Tel: 00 1 205 652 9721	Terraplenado de desechos químicos	
NA37	EE.UU.	Chemical Waste Management Box 471, Kettleman City, CA 93239 Tel: 00 1 209 386 9711	Terraplenado de desechos químicos	
NA38	EE.UU.	Chemical Waste Management of the Northwest, Star Route, Box 9, Arlington, OR 98712 Tel: 00 1 503 454 2643	Terraplenado de desechos químicos	
NA39	EE.UU.	CWM Chemical Services Control, Inc. 1550 Balmer Road, Model City, NY 14107 Tel: 00 1 716 754 8231	Terraplenado de desechos químicos	
NA40	EE.UU.	Envirosafe Services Inc. of Idaho PO Box 16217, Boise, ID 83715- 6217 Tel: 00 1 800 274 1516	Terraplenado de desechos químicos	

<i>No.</i>	<i>País</i>	<i>Instalación</i>	<i>Método</i>	<i>Capacidad de destrucción de desechos con PCB, tpa</i>
NA41	EE.UU.	Laidlaw Environmental Services (Lone & Grassy Mountain) Inc. (Grassy Mountain Facility) PO Box 22750, Salt Lake City, UT 84122 Tel: 00 1 801 323 8900 Fax: 00 1 801 323 8990	Terraplenado de desechos químicos	
NA42	EE.UU.	U.S. Ecology, Inc. Box 578, Beatty, NV 89003 Tel: 00 1 702 553 2203	Terraplenado de desechos químicos	
NA43	EE.UU.	Waste Control Specialists, LLC PO Box 1937, Pasadena, TX 77501 Tel: 00 1 713 944 5900 Fax: 00 1 713 944 5252	Terraplenado de desechos químicos	
NA44	EE.UU.	Wayne Disposal Inc. 1349 Huron Street South Belleville, Michigan 48197 Tel: 00 1 313 480 8085	Terraplenado de desechos químicos	

Cuadro 15. Desechos aceptados y servicios prestados en instalaciones de América del Norte

Instalación	Desechos y equipos aceptados								Servicios ofrecidos					
	PCB puros	Aceites contaminados con PCB	Artículos/materiales que contienen PCB	Residuos y lodos contaminados con PCB	Suelos contaminados con PCB	Desechos embalados/en barriles	Transformadores llenos	Condensadores llenos	Transformadores vacíos	Condensadores vacíos	Análisis/pruebas de laboratorio	Clasificación/etiquetado de PCB	Transporte de desechos de PCB	Embalaje de desechos con PCB para su expedición
NA1	x	x	x	x			x		x					
NA2/3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

8.8 Inquietudes de los encuestados

Los que respondieron al cuestionario expresaron sus inquietudes con respecto a temas como los siguientes:

- ! Cables de gran diámetro con PCB - Suecia
- ! Grandes capacitores - Suecia
- ! Establecimiento de unidades de tratamiento en países donde existen cantidades considerables de desechos con PCB, con miras a evitar el riesgo de contaminación ambiental durante el almacenamiento - Francia
- ! Transporte (por mar y tierra) de desechos con PCB y equipos con desechos con PCB, incluidos el control y la reglamentación dirigidos a la puesta en práctica de la legislación europea y el Convenio de Basilea - Francia
- ! Plan subregional de manejo basado en la elaboración de normas nacionales y reglamentos de manejo, con un inventario nacional de desechos con PCB, y con una caracterización de las corrientes de desechos antes de su incineración - Camerún
- ! Emisiones de dioxina a partir del termotratamiento y la incineración - Países Bajos
- ! Mezcla/dilución de desechos con PCB con otras corrientes y/o productos de desecho - Países Bajos
- ! Contaminación de aguas subterráneas, contaminación del suelo y problemas de salud para los trabajadores - Rumania
- ! No existe una verdadera determinación de las cantidades mundiales de PCB, en especial de las existentes en el mundo en desarrollo - Reino Unido
- ! Demoras en la recepción de desechos importados como consecuencia de los distintos requisitos impuestos por los reglamentadores de los países de exportación y de importación - Francia

- ! Opinión expresada en el sentido de que una retroalimentación con el transformador restaurado para el servicio es preferible a la destrucción de transformadores, en particular cuando esto se puede hacer sin necesidad de desplazar el transformador desde su ubicación - Francia

La mayor parte de estas cuestiones tienen un interés más amplio, aunque no sea universal.

Los planes de manejo basados en inventarios fidedignos de desechos son un requisito previo esencial para el establecimiento de un programa eficaz de destrucción de desechos. La destrucción de los desechos más peligrosos se ve simplificada en gran medida si se independizan las distintas corrientes de desechos. Además, los planes de manejo deberán determinar cuáles son los equipos con desechos especialmente peligrosos y que pueden ser difíciles de tratar a causa de su tamaño o método de construcción.

Una característica esencial de una buena gestión operativa de instalaciones de tratamiento de desechos es que los procesos de combustión de corrientes de desechos se manejen de forma que en las emisiones gaseosas se obtengan concentraciones de dioxina inferiores a los límites reglamentarios y que a la población se le demuestre la eficacia del sistema para conseguir constantemente esos niveles.

En Rumania, como en otros países donde se almacenan desechos con PCB pero no se dispone de instalaciones de destrucción, la posibilidad de una contaminación y las cuestiones sanitarias seguirán siendo inquietantes hasta que se eliminen los desechos, o bien por su transporte a una instalación exterior a las fronteras del país o porque en éste se establezca una instalación adecuada. El uso de las plantas móviles que se describen en la sección 6 podría constituir el método de destrucción de desechos más eficaz en relación al costo.

8.9 Necesidades de investigación y desarrollo

Sólo cuatro de los que respondieron al cuestionario identificaban necesidades de investigación y desarrollo como las siguientes:

- ! Proceso de emisión «cero» para la conversión de PCB en cloro y otros productos útiles - Países Bajos
- ! Solvente alternativo para el tetracloroetileno en procesos de extracción de solvente - Francia
- ! Admitir un contenido de cloro más elevado en el combustible de horno de cemento sin que ello afecte a la formación de dioxinas y a la calidad del cemento - Indonesia
- ! Un proyecto sobre mutagénesis - Austria

Cuando países que carecen de otras instalaciones de destrucción disponen de hornos de cemento, éstos pueden constituir un método eficaz de destrucción de PCB, pero será preciso que se conozcan los efectos del proceso de combustión tanto sobre las emisiones gaseosas como sobre la calidad del producto, y éstos se mantengan dentro de unos límites aceptables.

El corresponsal austríaco no daba detalles sobre su propuesta de proyecto.

8.10 Resumen

Las respuestas al cuestionario antes resumidas dan una útil información sobre las instalaciones existentes en Europa y Asia y el Pacífico. Son pocas las instalaciones que se identificaron en Africa y en América Latina, pero es muy posible que aunque estas regiones hubieran contestado de forma más completa no se hubieran hallado muchas más instalaciones. Las limitadas respuestas al cuestionario procedentes de América del Norte se han completado mediante listas de instalaciones facilitadas por los corresponsales y también mediante algunas informaciones procedentes de la Secretaría del Convenio de Basilea.

Los desechos y equipos con desechos aceptados en las instalaciones identificadas se especifican en los cuadros correspondientes a las diversas regiones. La incineración es el método más frecuente de destrucción de desechos, tanto en incineradores de desechos peligrosos expresamente construidos para ello como, en ciertos países, en hornos de cemento. No todas las poblaciones aceptan la incineración y existen otros métodos comerciales de destrucción de desechos, especialmente en Australia y Canadá.

En una escala global, el principal problema que plantea el tratamiento de los desechos restantes con PCB y los equipos que contienen de desechos PCB no es la disponibilidad de una tecnología o de una capacidad de destrucción sino más bien el disponer de inventarios de desechos (en ciertos países) y planificar y financiar su destrucción. En algunos casos, la mejor opción ambiental puede implicar el transporte transfronterizo de desechos.

Apéndices

- Apéndice 1 Copia del cuestionario
- Apéndice 2 Fuentes de información
- Apéndice 3 Directrices técnicas sobre desechos que comprenden o contienen PCB, PCT y PBB, preparadas por el Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación

APÉNDICE 1

CAPACIDAD DE DESTRUCCIÓN DE PCB

FORMULARIO PARA COMUNICAR LA INFORMACIÓN SOBRE EL PERFIL DE COP/PCB - Sección 12 SUP.

Sección	Parte 1 Encuesta sobre la capacidad global de destrucción <i>(Escríbase a máquina o con caracteres de imprenta)</i>		
12.1	Ubicación de la instalación para PCB: Nombre de la instalación: Ciudad / País: <i>(Especifíquese la dirección en la Parte 2)</i>		
12.2	Tipo de instalación: Tratamiento/eliminación de desechos Terraplén Reciclado Otros:		
12.3	Licencia / autorización: ¿Está esta instalación licenciada o autorizada para el manejo de PCB? Sí... No... En caso afirmativo, naturaleza de la licencia / autorización Autoridad competente (nombre): Nacional o Regional / Local		
12.4	Planta de evacuación / tratamiento / reciclado (sírvese identificar)		
	A) Evacuación de PCB Incinerador de horno rotativo Incinerador de horno fijo Incinerador de inyección líquida Incinerador en cama fluidificada Horno de cemento Horno de cal Proceso de arco plasmático Terraplén Otros:	B) Tratamiento de PCB Decoloración química Hidrodecoloración (hidrotratamiento) Tecnología infrarroja Otros:	C) Reciclado en relación con PCB Retroalimentación Extracción por solvente Termotratamiento Otros:
	D) Nuevas iniciativas / tecnologías (sírvense hacer una breve descripción):		
12.5	Rendimiento de la eliminación / tratamiento: <i>(Sírvense describir cada proceso por separado copiando esta sección)</i> Denominación del método: Cómo clasificarlo en 12.4 <i>(por ejemplo, incinerador de horno rotativo)</i> Año de entrada en funcionamiento Eficiencia: % de extracción de HCl % de eficiencias de destrucción eliminación (EDE) Estimaciones de capacidad <i>(toneladas por año de los principales desechos / tipos de equipo)</i> : Comentarios:		
	Denominación del método: Cómo clasificarlo en 12.4 <i>(por ejemplo, incinerador de horno rotativo)</i> Año de entrada en funcionamiento Eficiencia: % de extracción de HCl % de eficiencias de destrucción eliminación (EDE) Estimaciones de capacidad <i>(toneladas por año de los principales desechos / tipos de equipo)</i> : Comentarios:		

Sección	Parte 1 Encuesta sobre la capacidad global de destrucción <i>(Escribase a máquina o con caracteres de imprenta)</i>
12.6	Tipos de desechos aceptados y Limitaciones sobre éstos <i>(sírvense especificar límites de concentraciones (máxima y mínima) y cantidades para los distintos tipos de desechos, así como cualquier otra limitación)</i> PCB puro: Aceites contaminados con PCB: Artículos / materiales que contienen PCB: Residuos y lodos contaminados por PCB: Suelos contaminados por PCB: Desechos empacados / en bidones: Otros :
12.7	Tipos de equipos con desechos aceptados: Transformadores llenos de PCB..... Transformadores vaciados..... Otros: Capacitores llenos de PCB Capacitores vaciados
12.8	Con respecto a los equipos contaminados con PCB únicamente, sírvanse hacer una breve descripción del proceso de reciclado. <i>Identifique el procesamiento ulterior del producto y de las corrientes de desechos producidas (por ejemplo, si se reutilizan los componentes, se reciclan los metales, se incineran, se depositan en terraplenes, etc.); y ubicación de los procesos:</i>
12.9	Sírvense informar sobre el almacenamiento en la instalación, especificando: capacidad para los distintos desechos con PCB y tipos de equipos, método, tiempo de almacenamiento
12.10	Control de emisiones <i>(Resumiendo hacia la atmósfera y el agua)</i>
12.11	Protección de los trabajadores <i>(Sírvense resumir qué medidas protectoras se aplican durante el tratamiento de desechos con PCB)</i>
12.12	Opiniones - Cuestiones de manejo de PCB <i>(Describase brevemente)</i> 1) ¿Cuáles son los principales problemas? 2) Identifique si puede cuáles son las principales necesidades de investigación y desarrollo en materia de gestión de PCB que podrían ser beneficiosas para su región y para los encargados de la gestión de desechos en el mundo entero.

CAPACIDAD DE DESTRUCCIÓN DE PCB
FORMULARIO PARA COMUNICAR LA INFORMACIÓN SOBRE EL PERFIL DE COP/PCB - Sección 12 SUP.

Sección	Parte 2 Instalación: dirección e información sobre servicios <i>(Escribase a máquina o con caracteres de imprenta)</i>						
<p align="center">1</p>	<p>Nombre de la instalación:</p> <p>Dirección:</p> <p>Ciudad:.....Apartado de correos:</p> <p>Distrito/EstadoPaís:</p> <p>Teléfono:.....Fax:Email:</p> <p>Persona que cumplimenta el formulario :</p> <p> Nombre:</p> <p> Posición:</p> <p>Empresa matriz: <i>(si es distinta)</i></p> <p>Dirección:</p> <p>Ciudad: Apartado de correos:</p> <p>Distrito/Estado: País:</p> <p>Teléfono:.....Fax:Email:</p> <p align="center"><i>Si necesita más espacio para identificar otras instalaciones, sírvanse utilizar una fotocopia</i></p>						
<p align="center">2</p>	<p>Otros servicios ofrecidos</p> <table border="0"> <tr> <td>Análisis / ensayos de laboratorio</td> <td>Embalaje de desechos con PCB para su transporte</td> </tr> <tr> <td>Clasificación / etiquetado de PCB</td> <td>Limpieza de lugares contaminados con PCB</td> </tr> <tr> <td>Transporte de desechos con PCB</td> <td>Otros servicios relacionados con los PCB <i>(sírvanse especificar)*</i></td> </tr> </table> <p>.....</p> <p>.....</p>	Análisis / ensayos de laboratorio	Embalaje de desechos con PCB para su transporte	Clasificación / etiquetado de PCB	Limpieza de lugares contaminados con PCB	Transporte de desechos con PCB	Otros servicios relacionados con los PCB <i>(sírvanse especificar)*</i>
Análisis / ensayos de laboratorio	Embalaje de desechos con PCB para su transporte						
Clasificación / etiquetado de PCB	Limpieza de lugares contaminados con PCB						
Transporte de desechos con PCB	Otros servicios relacionados con los PCB <i>(sírvanse especificar)*</i>						
<p align="center">3</p>	<p>Otras informaciones</p> <p>Especifique cualquier tipo de información (folletos, notas, etc.) que se facilite separadamente y, si lo desea, formule comentarios adicionales sobre sus servicios pero <i>sin utilizar más de 50 palabras</i></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>						

APÉNDICE 2

Fuentes de información

Documentos

Polychlorinated Biphenyls (Guidance on the drafting of Waste Management Licences), Department of Environment (UK), Waste Management Paper No 6, diciembre de 1994.

Appropriate Technologies for the Treatment of Scheduled Wastes -Review Report No 4, CMPS&F Environmental - Environment Australia, noviembre de 1997. Disponible en Internet <http://www.environment.gov.au/epg/environet/swtt/swtt.html>.

Hazardous Waste Management, LaGrega, M D, Buckingham, P L, y Evans, J C, Mc-Graw-Hill Inc, 1994.

PCB Regional Action Plan, diciembre de 1996, disponible en <http://www.cec.org> (se refiere a Canadá, Estados Unidos y México).

Sitios Web

UNEP POPs en <http://www.chem.unep.ch/pops>

Secretaría del Convenio de Basilea, en www.unep.ch/basel/index.html

A Citizen's Guide to Chemical Dehalogenation (Technology Innovation Office, US EPA) en <http://clu-in.com/citguide/dehalo.htm>

APÉNDICE 3

DIRECTRICES TÉCNICAS SOBRE DESECHOS QUE COMPRENDEN O CONTIENEN PCB, PCT Y PBB

Estas directrices técnicas han sido preparadas por el Grupo de Trabajo Técnico del Convenio de Basilea y adoptadas por el segundo período de sesiones de la Conferencia de las Partes del Convenio de Basilea, en marzo de 1994, Ginebra

UNEP

EL CONVENIO DE BASILEA
SOBRE EL CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS TRANSFRONTERIZOS DE LOS
DESECHOS PELIGROSOS Y SU ELIMINACIÓN

SECRETARIA

DIRECTRICES TÉCNICAS SOBRE DESECHOS
QUE COMPRENDEN O CONTIENEN
PCB, PCT Y PBB (Y 10)

Producción y uso de PCB y contenido de PCB en los desechos

1. Estas Directrices abordan tres clases de sustancias, los PCB, los PTC y los PBB. Los PCB son con gran diferencia el grupo más importante por la cantidad originalmente producida, el volumen de desechos que requieren eliminación y la repercusión ambiental de las prácticas de eliminación pasadas, presentes y futuras. Los PCB se han estudiado mucho más a fondo que los PCT y los PBB, por lo que la información disponible se refiere fundamentalmente a los PCB. En muchos aspectos, los tres grupos de sustancias tienen características análogas, y pueden causar problemas análogos si no se manipulan adecuadamente.

2. Los PCB, los PCT y los PBB son sustancias manufacturadas que no existen naturalmente. Todas ellas se caracterizan por su excelente estabilidad térmica y su resistencia al fuego, por lo que se les han aplicado a situaciones donde el riesgo de incendio o la sensibilidad térmica podían de otra forma haber planteado problemas. Los PCB los PCT tienen también buenas características dieléctricas, lo que los hace especialmente atractivos para su utilización en equipos eléctricos, como transformadores, condensadores y dispositivos de distribución. Esos usos se denominan “aplicaciones cerradas”. Entre otras aplicaciones cabe citar la utilización no dispersiva como fluidos hidráulicos y de intercambio de calor. Como ejemplos de utilización dispersiva cabe citar el papel de copia no carbónico, los adhesivos, las mezclas con pentaclorofenoles para tratamiento de madera, y las pinturas y barnices. Esos usos se denominan “aplicaciones abiertas”.

3. Los PCB empezaron a fabricarse comercialmente alrededor de 1930, y se estima que su producción finalizó definitivamente a mediados del decenio de 1980. Durante ese período de produjo, para todo tipo de aplicaciones en todo el mundo, bastante más de un millón de toneladas, parte sustancial de las cuales aún está en servicio. Al generalizarse los conocimientos sobre los problemas ambientales asociados con los PCB, su utilización se fue restringiendo progresivamente. Las aplicaciones “abiertas” citadas en el párrafo 2 se prohibieron en muchos países a principios del decenio de 1970, y muchos fabricantes de equipo eléctrico empezaron a utilizar otros fluidos dieléctricos cuando la aplicación lo permitía. La producción de PCB disminuyó rápidamente en el decenio de 1970 a medida que su uso se fue restringiendo más y más, hasta prácticamente cesar para principios del decenio de 1980.

4. Los PCB se han distribuido en formulaciones comerciales con distintos nombres. Para ayudar a reconocer los productos que contienen PCB figura a continuación una lista de nombres comerciales.

Aceclor Phenoclor Pyrалene	Francia
Santothern	Francia/Reino Unido
Therminol	Francia/EE.UU.
Clophen	Alemania
Apirorlio DK Frenchlor	Italia
Kaneclor	Japón
Askarel	Reino Unido/EE.UU.
Aroclor	Reino Unido/EE.UU.
Ducanol Plastivar Pyroclor	Reino Unido

Asbestol Bakola 131 Chlorentol Diaclor Dykanol Elemex Hydol Inerteen No Flamol Pydraul Pyranol Saft-Kuhl	EE.UU.
Solvol	URSS

Los PCB pueden producirse con diferente grado de sustitución de cloro, y por tanto, con diferentes porcentajes de cloro. Las formulaciones comerciales de fluidos con PCB tenían distintos grados de cloración, que dependían de la aplicación para la que estaban previstos, dado que las propiedades de la mezcla, y por ello su aplicación, varían con el grado de cloración. Por ejemplo, el Aroclor 1242, con un contenido de cloro del 42%, se utilizaba especialmente como dieléctrico en circuitos de control del suministro eléctrico, mientras que el Aroclor 1260, con un contenido de cloro del 60%, y debido a su estabilidad a largo plazo, se utilizaba en los transformadores, eléctricos. Algunas formulaciones pueden contener disolventes como el triclorobenceno o el tetraclorobenceno, especialmente en transformadores, porque su presencia aumenta la fluidez del refrigerante sin menoscabo de su capacidad dieléctrica.

5. Los terfenilos policlorados (PCT) consisten en tres grupos fenil vinculados con niveles variables de sustitución de cloro. Las propiedades de los PCT son muy parecidas a los de los PCB, por lo que también sus aplicaciones son análogas. Los PCT son generalmente sólidos a temperatura ambiente y pueden encontrarse en forma de resinas, ceras o sólidos cristalinos. Aunque se han utilizado en cantidades mucho menores que los PCB, tienen algunas aplicaciones, entre las que destacan el moldeo a la cera perdida, las ceras trazadoras empleadas en ingeniería de precisión y en aplicaciones de protección de tuberías sensibles (fontanería nuclear), así como los plastificadores, resinas, adhesivos, revestimientos de papel, tintas, ceras, pirorretardantes, guarniciones de frenos, abrasivos y, en equipo eléctrico, revestimientos de cables, aislantes y dieléctricos, y como medio de transferencia de calor.

Entre los nombres comerciales de las formulaciones cabe citar :

Aroclor	EE.UU.
Leromoll	Alemania
Clophen	Alemania
Cloresil	Italia
Kanechlor	Japón
Phenoclor	Francia
Electrophenyl T-60	Francia

6. Los bifenilos polibromados (PBB) tienen una estructura molecular idéntica a la de los PCB, pero con sustitución de la molécula por bromo en vez de cloro. Las formulaciones técnicas y comerciales típicas son polvos blancos, grises o beige de alta densidad. Sus usos están en gran medida relacionados con las propiedades ignífugas que confieren a los productos a los que se incorporan, en particular plásticos y moldes, revestimientos y lacas y

espumas de poliuretano. Entre los nombres de las formulaciones comerciales cabe citar :

Firemaster	EE.UU.
Bromkal	Alemania
Adine	Francia
HFO 101	Reino Unido
Flammex	Reino Unido

7. La naturaleza y características de los PCB contenidos en desechos, y en definitiva la selección misma de opciones de manejo de desechos entraña especiales consideraciones que en general no se aplican a otras sustancias. En primer lugar, habida cuenta de que los PCB ya no se producen, y no se han producido desde hace muchos años, la cuestión de la adopción de tecnologías menos contaminantes para evitar o reducir al mínimo la producción de desechos no se plantea. En segundo lugar, las ventas de PCB para usos dispersivos se redujeron progresivamente desde mediados del decenio de 1970, de modo que las cantidades aún en circulación para dichos usos han disminuido espectacularmente. Sin embargo, todavía pueden encontrarse trazas en algunos productos, como papelote, viejas pinturas marinas aún en servicio, etc., lo que en terminos de posible impacto ambiental no puede pasarse por alto. En tercer lugar, como consecuencia de diversas decisiones e iniciativas de órganos como la Conferencia del mar del Norte y la Comunidad Económica Europea, no se aconseja que se intenten reciclar o recuperar los PCB para utilizarlos como tales. Ello no impide, sin embargo, su uso como materia prima para la producción de productos sin PCB.

En consonancia con la intención expresa de los órganos antes citados de suprimir con un calendario acelerado los PCB y los artículos y productos que los contengan, se estima que no debe autorizarse la comercialización o venta de ningún producto que contenga PCB. Antes bien, éstos deben eliminarse utilizando métodos de destrucción aprobados. Sin embargo, teniendo en cuenta la cantidad de PCB existente y la reducida capacidad mundial de destrucción, tal vez convenga permitir que el equipo que contenga PCB, mientras siga funcionando satisfactoriamente, esté etiquetado y sea objeto de inspecciones periódicas para confirmar que está en buenas condiciones y no tiene fugas, pueda seguir utilizándose hasta el final de su vida útil. Llegado ese momento, el equipo habrá de ser eliminado como desecho con PCB.

8. Actualmente, se encuentran PCB en las siguientes categorías principales de desechos :

- ! Condensadores, transformadores y otro equipo eléctrico que contenga formulaciones comerciales que consistan principalmente en materiales con PCB.
- ! Transformadores que originalmente contenían PCB pero que posteriormente han sido vaciados y rellenados con un fluido dieléctrico sin PCB que contiene concentraciones residuales de PCB.
- ! Líquidos de formulación comercial con PCB extraídos de equipo eléctrico, o mezclas PCB/disolvente empleadas para el lavado y enjuague de ese equipo.
- ! Cualquier otro desecho líquido, incluidos los disolventes y los aceites de desecho que puedan clasificarse como combustibles secundarios.
- ! Cualquier suelo u otros materiales sueltos, incluidos los absorbentes.

9. Al tratar la cuestión de los desechos con PCB debe prestarse especial atención a los problemas que plantean los aceites de desecho contaminados con PCB. La inquietud que suscita la utilización de PCB ha llevado a algunos usuarios de transformadores que contenían PCB a extraer el líquido donde se encuentran los PCB y sustituirlo por otro. Esta práctica, denominada “ retrolenado ” puede a su vez originar problemas cuando el diseño interno del equipo dificulta la extracción de todos los PCB, aunque se utilicen disolventes adecuados en la

etapa o etapas de lavado. Al rellenarse el transformador con otro fluido, puede resultar que éste se contamine con PCB hasta el punto de que haya que considerarlo, a efectos de eliminación, como un fluido con PCB. Cuando el fluido de retrolleado utilizado ha sido un aceite mineral, puede estudiarse la posibilidad de utilizarlo como combustible. Sin embargo, si se utiliza como tal en una caldera, la presencia de PCB debe evaluarse cuidadosamente para asegurarse de que el proceso de combustión no produzca dibenzodioxinas y dibenzofuranos que se liberen en el medio ambiente con los productos de combustión. Además, cuando los PCB se queman en altas concentraciones, la creación de HCL puede originar problemas de corrosión ácida de los materiales con que está construida la caldera.

Efectos para el medio ambiente y la salud

10. Los PCB son lipofílicos, de modo que tienden a acumularse en los tejidos grasos. Por consiguiente, se encuentran con más frecuencia en animales que en plantas, y más en algunas especies de animales que en otras. Los PCB se acumulan en los sedimentos acuáticos, por lo que pueden ser consumidos en cantidades importantes por especies que se alimentan en el lecho marino y por larvas de insectos. También aves depredadoras como los quebrantahuesos y los pelícanos, que consumen grandes cantidades de especies potencialmente afectadas, pueden sufrir importantes trastornos. Los PCB tienen propiedades antiestrogénicas, por lo que pueden inhibir la deposición de calcio durante el desarrollo de la cáscara del huevo, ocasionando fragilidad en la cáscara y pérdidas prematuras. Los PCB pueden tener también propiedades antiandrógenas que produzcan efectos perjudiciales en la capacidad reproductiva de los machos de algunas especies de aves y otros animales.

11. Por lo que se refiere más concretamente al ser humano, entre los efectos tóxicos de los PCB cabe citar la pérdida de peso corporal, el menoscabo de la función inmunológica, problemas teratogénicos y reproductivos, efectos cutáneos, influencia en la modulación de la carcinogénesis y efectos hepáticos. Esos efectos son comparables a los de otros aromáticos halogenados como las dibenzodioxinas y los dibenzofuranos policlorados, y se cree que se deben a su capacidad-derivada de analogías estructurales moleculares- de actuar en forma parecida dentro del cuerpo. Solo unas pocas sustancias del grupo de los PCB presentan grandes analogías estructurales, y se ha demostrado que son las más tóxicas.

12. Entre los efectos no carcinogénicos de los PCB cabe citar el cloracné, un trastorno dermatológico reversible, y otros trastornos del sistema nervioso central que causan dolores de cabeza, mareos, depresiones, nerviosismo y fatiga. También cabe mencionar cambios en las actividades hepáticas y enzimáticas conexas derivados de la exposición crónica.

13. Los efectos carcinogénicos son, desde una perspectiva toxicológica, los que más preocupación suscitan en relación con los seres humanos, aunque los estudios epidemiológicos no han podido demostrar ninguna relación causal entre la exposición humana a los PCB y un aumento del riesgo de carcinogénesis. Los estudios realizados con ratas han podido demostrar un efecto carcinogénico, lo que ha llevado a que todas las formulaciones comerciales de PCB se consideren “probables carcinógenos humanos”. Un análisis más detallado de los estudios ha llevado a la conclusión de que los PCB que causan tumores hepáticos en los roedores son más bien promotores que iniciadores de la carcinogénesis, y, además, que muy pocas sustancias pertenecientes al grupo de los PCB tienen actividad carcinogénica.

14. Conviene destacar que los efectos de los PCB para la salud y el medio ambiente son actualmente objeto de considerable atención científica en todo el mundo.

Medidas para evitar y reducir al mínimo los desechos

15. Como antes se ha dicho, ya no se fabrican PCB, y buena parte de los productos que los contenían han pasado hace mucho por el ciclo de manejo de desechos. Por consiguiente, la evitación y reducción al mínimo de los desechos entrañan, en lo tocante a los PCB, soluciones en cierta medida distintas y en general limitadas a la cuidadosa supervisión del equipo eléctrico aún en servicio, que contiene en total bastantes toneladas de productos

con PCB. Estos son fundamentalmente transformadores eléctricos y condensadores para la corrección del factor de potencia ; pocos otros productos pueden incluirse, y desde luego ninguno a una escala importante o significativa.

16. La evitación y reducción al mínimo de los desechos debe, por tanto, centrarse en la evitación de fugas y vertidos de esos equipos. Es esencial contener recoger y almacenar adecuadamente cualquier pequeño vertido o fuga que se produzca. Es importante tomar muchas precauciones al mantener el equipo. Los encargados del mantenimiento del equipo deben tener formación especial en procedimientos de limpieza. Cuando el equipo finalmente deja de prestar servicio, hay que adoptar medidas para manipularlo y almacenarlo con seguridad antes de eliminarlo. Deben tomarse precauciones para evitar pérdidas, y especialmente para evitar la contaminación del lugar de almacenamiento y de otros materiales allí almacenados, incluidos desechos, para que no aumente la cantidad de materiales que haya que clasificar como PCB y que por tanto requieran una eliminación especial. En el curso de las actividades de tratamiento previo o almacenamiento relacionadas con el transporte o la eliminación final deben igualmente evitarse fugas y vertidos y garantizarse la contención de todos los desechos hasta el momento de su eliminación.

Cuando los PCB, los materiales contaminados con PCB y los aceites minerales contaminados con PCB no puedan tratarse o eliminarse al dejar de prestar servicios, han de almacenarse de manera que :

- Reduzca al mínimo los riesgos para el medio ambiente en el curso del transporte
- Evite fugas y vertidos
- Garantice la contención de todos los desechos hasta el momento de su tratamiento y eliminación.

Los desechos con PCB almacenados deben estar claramente etiquetados como tales y registrados ante las autoridades competentes del país. El almacenamiento a largo plazo de desechos con PCB es admisible siempre que se tomen medidas para su tratamiento y eliminación adecuados.

Tecnologías de recuperación

17. Tratar de recuperar los PCB no se considera hoy en día una práctica ambientalmente racional, aunque en el pasado se ha hecho utilizando técnicas de destilación al vacío.

18. En párrafos anteriores se ha explicado que los PCB pueden estar presentes en aceites de desecho y disolventes, y es desde luego posible que la recuperación de aceites o disolventes sea deseable por razones comerciales. Sin embargo, en esos casos deben tomarse especiales precauciones al eliminar los residuos de recuperación, porque éstos contendrán PCB en concentraciones mucho más altas que los desechos originales.

19. El uso de aceites de desecho y disolventes como combustibles puede considerarse recuperación en la medida en que se aprovecha el contenido de energía de un desecho. Sin embargo, no debe interpretarse que la utilización no controlada como combustible es una práctica de manejo preferible o ambientalmente racional. Los aceites de desecho y los disolventes que contengan concentraciones sustanciales de PCB *sólo* deben utilizarse como combustibles cuando se quemen en instalaciones diseñadas, gestionadas y reguladas de forma que garantice una destrucción segura y adecuada. Deben considerarse desechos con PCB, y estar sometidos a métodos de eliminación aprobados y adecuados con arreglo a la legislación del país.

20. Sólo se han utilizado desechos con PCB en operaciones de recuperación cuando los desechos facilitaban una materia prima rica en cloro para la producción de ácido clorhídrico. La combustión de PCB en aire enriquecido con oxígeno produce ácido clorhídrico en forma gaseosa que puede depurarse de la corriente de gas del proceso, someterse a fases de concentración y limpieza y proporcionar un ácido de grado comercial. Normalmente se considera que el proceso no es económicamente atractivo, especialmente porque la demanda de ácido clorhídrico es escasa en muchos países. Por lo general, otras actividades de manufactura ya producen un

superávit de ese ácido. Sin embargo, el proceso se ha utilizado a escala reducida en situaciones donde prevalecen condiciones especiales.

Tecnologías de tratamiento y eliminación

21. Las prácticas y métodos de tratamiento y eliminación son de dos tipos : las que tratan de destruir los PCB, y las que los introducen en un depósito para su almacenamiento a largo plazo, en la esperanza de que permanezcan contenidos. Las tecnologías de eliminación deben ser capaces de descomponer las moléculas de PCB en productos que tengan propiedades menos perjudiciales. La eliminación de los PCB requiere una cantidad considerable de energía, que por lo general entraña el uso de combustibles suplementarios. El depósito en vertederos sólo debe considerarse un posible método de eliminar desechos contaminados con PCB en casos excepcionales y limitados en los que se utilicen material muy diluido o ligeramente contaminado o fuentes muy pequeñas y dispersas de PCB. El denominado almacenamiento a largo plazo de equipo y artículos que contienen PCB, posiblemente tras la extracción de cualquier líquido libre, se practica utilizando almacenes especiales, bóvedas subterráneas o minas abandonadas. En esos casos se intenta que los desechos queden accesibles para su futuro tratamiento y/o eliminación. La incorporación de desechos con PCB en procesos de solidificación de desechos o el encapsulado de artículos en, por ejemplo, hormigón —en ambos casos con miras a depositar el producto en vertederos— no se considerará normalmente adecuado por estimarse que se trata de un almacenamiento no controlado o controlable.

22. Se ha demostrado que existen varias tecnologías capaces de destruir PCB eficientemente. Muchas otras tecnologías pueden destruir PCB, pero aún no se han desarrollado hasta el punto de poder demostrarse una eficiencia de destrucción aceptable y evaluarse su valor comercial. Hay también otras tecnologías que podrían destruir PCB, pero que todavía no se han ensayado.

23. La incineración a alta temperatura es una tecnología demostrada y bien establecida para la eliminación de PCB y desechos que contienen PCB. La incineración entraña la degradación de los desechos por energía térmica en presencia de oxígeno. La prudente selección del diseño de la cámara de combustión y del tipo de equipo de limpieza y contención de gas necesario puede facilitar la realización de diseños para tratar la mayoría de los desechos de base orgánica en casi cualquier forma física. Las instalaciones de incineración adecuadamente diseñadas pueden tratar líquidos con PCB concentrados, productos y artículos sólidos contaminados con PCB, como condensadores, piezas de transformadores y bidones, y desechos poco contaminantes como paquetes y suelos contaminados con trazas de PCB. Los incineradores para eliminar únicamente líquidos y cienos bombeables pueden ser de diseño más sencillo que los empleados para desechos sólidos. En cualquier caso, todos los incineradores destinados a tratar PCB deben alcanzar una eficiencia de destrucción elevada, del orden del 99,999%. Esa eficiencia de destrucción puede lograrse mediante una operación sostenida a temperaturas de unos 1.200°C que utilice también una cámara de postcombustión independiente de temperatura controlada, permita un tiempo de retención en fase gaseosa de al menos 2 segundos, y comprenda una instalación eficiente de lavado de gas y un equipo de control muy avanzado.

24. Los hornos de cemento alcanzan temperaturas y tiempos de retención gaseosa iguales o superiores a los de los incineradores de desechos especializados. Han mostrado eficiencias de destrucción del 99,999% tanto en combustión de prueba como en combustión comercial. Los hornos de cemento no disponen siempre de los avanzados sistemas de limpieza de gas de amplio espectro de capacidad necesarios para cumplir los requisitos que se exigen a los incineradores integrados de tecnología más moderna que se utilizan para tratar una amplia gama de desechos. Las instalaciones que no estén dotadas de esos sistemas de control no se deberían utilizar para la eliminación de desechos. Las limitaciones de capacidad de los procesadores suficientemente equipados *in situ* de los gases ácidos y la fijación de especies inorgánicas como los metales pesados. Las limitaciones de capacidad de esos procesadores y la necesidad de asegurarse de que no afectan negativamente a la calidad del producto imponen restricciones al insumo. Los PCB en altas concentraciones, por sí solos o en condensadores, que normalmente habrán de triturarse, tendrán que introducirse a bajo ritmo, aunque la elevada tasa de tránsito de los hornos de cemento permitirá tratar cantidades importantes. El mejor aprovechamiento de los hornos de cemento se logrará quemando aceites contaminados con bajos niveles de PCB, que representan una valiosa forma de energía

de bajo costo en lo que es un proceso de alto consumo energético (la energía puede llegar a suponer hasta un tercio de los costos del proceso), proporcionando al mismo tiempo una fuente potencial de cloro necesaria al utilizar algunas materias primas para cumplir los requisitos de calidad del producto. Sin embargo, algunos gobiernos pueden prohibir esas prácticas.

25. En algunas aplicaciones especializadas de tratamiento y destrucción de PCB se utilizan métodos de cloración química. Entrañan la utilización de poderosos agentes reductores reactivos como el sodio metálico, que pueden arrancar químicamente los átomos de cloro de la molécula de PCB, y al menos en algunos casos descomponer la molécula restante. Aunque en principio esa tecnología puede aplicarse a corrientes de desechos líquidos con PCB concentrados, por lo general no se considera una opción económicamente atractiva. El proceso es especialmente útil para el tratamiento de aceites de transformador de base mineral que han sido contaminados con PCB -por lo general en una concentración de entre unos cientos y unos miles de ppm. El reactivo no afecta al aceite básico mismo, pero descompone el PCB formando un residuo que puede extraerse por separación física. En manos de operarios capaces y experimentados, esos procesos pueden realizarse incluso mientras el transformador está funcionando. Están apareciendo otras técnicas de eliminación en ciclo cerrado que podrían ser apropiadas para la destrucción de PCB. Por ejemplo, métodos de tratamiento catalítico, fisicoquímico, electroquímico y químico.

26. Para el procesamiento previo y la manipulación de desechos con PCB puede hacer falta un equipo especializado de apoyo. Este puede incluir equipo para la trituración controlada de artículos como los condensadores, así como para el cuidadoso vaciado, lavado, desmontaje, desmantelamiento y descontaminación de artículos más voluminosos, como los transformadores. La descontaminación puede realizarse “asando” piezas de equipo en un incinerador, utilizando un autoclave al vacío para limpieza de disolventes, o por otros medios mecánicos.

27. Todas las instalaciones y equipos utilizados para el procesamiento, tratamiento y eliminación de desechos peligrosos, incluidos los desechos con PCB, deben diseñarse con arreglo a prácticas de ingeniería adecuadas, y fabricarse e instalarse de conformidad con los estándares reconocidos. Los planos de ingeniería pertinentes deben estar disponibles y referirse a todas las partes del equipo, abarcando todas las características de funcionamiento que sean necesarias. Los planos deben mantenerse actualizados en consonancia con las alteraciones y modificaciones de que sea objeto el equipo.

28. Los costos de eliminación de los desechos con PCB son elevados, debido a los altos costos del capital fijo necesario, al avanzado régimen operacional o de control requerido y a la amplia infraestructura que ha de facilitarse. Los gastos de eliminación por incineración de desechos con PCB dependen mucho de la forma física del desecho, así como de la concentración de PCB o de cloro. En Europa, por ejemplo, los gastos de incineración de líquidos con PCB concentrados pueden oscilar entre los 1.000 y 2.000 dólares de los Estados Unidos por tonelada, y los de incineración de sólidos tales como los condensadores y los transformadores pueden ser alrededor de un 50% más elevados y alcanzar los 2.000 a 3.000 dólares por tonelada. Los disolventes de alto valor calorífico y los aceites con un contenido muy bajo de PCB pueden, en circunstancias excepcionales, producir ingresos, pero por lo general sólo se aceptarán para eliminarlos, a un costo que puede alcanzar los 200 dólares por tonelada. Esos gastos no incluyen el transporte al lugar de eliminación.

Secretariat of the Basel Convention (SBC)
Geneva Executive Center
15 chemin des Anémones
CH-1219 Châtelaine-Geneva
SWIZERLAND
Tel:(41.22) 979 92 18
Fax:(41.22) 797 34 54
E-mail address: bulskai@unep.ch
Website address: <http://www.unep.ch/basel/index.html>

La ubicación de las instalaciones descritas en las respuestas al cuestionario puede verse en los mapas de la Figura 1 (el mundo) y en la Figura 2 (Europa).

Figura 1. Instalaciones de destrucción de PCB en el mundo descritas en los cuestionarios

Instalaciones

horno de cemento

decoloración

termotratamiento

incinerador

incinerador, terraplén

terraplén

retroalimentado

otros

Figura 2. Instalaciones de destrucción de PCB en Europa descritas en los cuestionarios

Instalaciones

horno de cemento

decoloración

termotratamiento

incinerador

incinerador, terraplén

terraplén

retroalimentado

otros