

Guía para la gestión integral de PCB

TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB

Créditos Institucionales

Entidad Coordinadora:

Departamento de Productos Químicos y Residuos Peligrosos
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
7 avenida 03-67, zona 13, Ciudad Guatemala, Guatemala.

Entidad Implementadora

Organización de Las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial -ONUDI-
Proyecto: “Manejo y Disposición Ambiental de Equipos Contaminados con Bifenilos Policlorados PCB y Desechos del Plaguicida DDT y Creación de Capacidad Técnica en Guatemala”

Compilación y Edición Técnica:

Ing. Jefferson Guillermo Santiago Cabrera - Consultor Técnico del Proyecto
Revisión: Ing. Justo Elviz Ajanel Ardon - Coordinador de Proyecto
Ing. Laura Verónica López – Encargada del Convenio de Estocolmo, Departamento de Productos Químicos y Sustancias Peligrosas del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Revisión Editorial:

Departamento de Comunicación Corporativa
Instituto Nacional de Electrificación -INDE-
7a Avenida 2-29 zona 9, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Primera edición: 2018
Impreso en Guatemala.

*Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y
Desechos de DDT y la creación de capacidad técnica en Guatemala.
Ciudad de Guatemala, Guatemala*



Contenido

1	RESUMEN	3
2	INTRODUCCIÓN	3
3	DESCONTAMINACIÓN O ELIMINACIÓN DE PCB	5
3.1	Requisitos para la descontaminación de PCB a nivel nacional	5
3.2	Criterios de selección de tecnologías de descontaminación.	6
4	METODOLOGÍAS USUALES DE DESCONTAMINACIÓN	9
4.1	Retrolenado (Retrofilling).....	9
4.2	Declorinación química.....	10
4.3	Exportación y tratamiento con métodos térmicos	12
4.4	Requisitos para exportación.....	13
4.5	Gestión en el país de destino	14
5	SITIOS CONTAMINADOS.....	15
5.1	Gestión de sitios contaminados	18

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	Vista esquemática de técnicas para descontaminación de PCB	7
Ilustración 2	Resumen de los escenarios de aplicación	8
Ilustración 3	Proceso de retrolenado.....	10
Ilustración 4	Vista esquemática de una planta de declorinación	11
Ilustración 5.	Vista de una planta de declorinación	11
Ilustración 6	Vista Esquemática del proceso de incineración de residuos peligrosos con sistema de depuración de gases.....	12
Ilustración 7	Carga de equipos y recipientes para su exportación	13
Ilustración 8	Forma en que almacenan para su exportación.....	13
Ilustración 9	Vista de una planta en Francia que recibe desechos exportados de otros país	15
Ilustración 10	Vista de sitios contaminados.....	16
Ilustración 11	Otro ejemplo que indica posible contaminación	16
Ilustración 12	Caracterización del sitio contaminado	17



1 RESUMEN

La presente guía contiene la descripción de los requisitos y criterios generales para la realización de actividades de descontaminación. Se muestran algunas de las técnicas más usadas para la gestión de equipos y desechos contaminados con PCB y presenta los criterios e información más relevante al respecto a fin de dar al lector herramientas para la toma de decisiones.

También se describen los requisitos y actividades referentes a la gestión de sitios contaminados, mostrando el marco legal aplicable y ampliando la información en puntos relevantes.

2 INTRODUCCIÓN

Esta guía ha sido elaborada en el marco del Proyecto “Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y desechos de DDT y la creación de capacidades técnicas en Guatemala “financiado por el Fondo Mundial del Medio Ambiente y gestionado por la Organización de Las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. Su objetivo principal es ser el manual de referencia para personal técnico relacionado con el manejo de equipos eléctricos para lograr un adecuado manejo de equipos susceptibles de contener o contaminadas con PCB.

Las guías presentan la gestión de PCB desde un punto de vista integral por lo que se han estructurado se la siguiente manera:

- **TOMO 1: GUÍA DE BOLSILLO PARA GESTIÓN DE PCB.** Es un documento de consulta inmediata para apreciar de una vista general de la gestión y luego referirse a la guía que contiene la información que el usuario necesite.
- **TOMO 2: GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE PCB:** Ha sido diseñada para el entendimiento básico del PCB.
- **TOMO 3: GESTIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS AL PCB.** Aquí se incluyen los elementos de seguridad necesarios para realizar las operaciones de forma segura en las siguientes guías desarrolladas.
- **TOMO 4: INVENTARIO DE PCB.** Ha sido diseñado para permitir al usuario realizar y actualizar su inventario de equipos susceptibles de contener PCB, incluye una sección dedicada al “SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PCB” que funciona según la regulación nacional.
- **TOMO 5: MUESTREO DE EQUIPOS SUSCEPTIBLES DE CONTENER PCB.** Indica los lineamientos para la toma de muestra de aceites de equipos en el inventario para su posterior análisis químico.



- **TOMO 6: ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB Y ETIQUETADO.** Esta guía indica los lineamientos para realizar la correcta identificación de PCB cumpliendo con los requisitos de la regulación.
- **TOMO 7: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CON ACEITES DIELECTRICOS.** Indica todo lo concerniente al uso y mantenimiento de equipos a fin de evitar la contaminación con PCB y los lineamientos para operar y mantener equipos contaminados con PCB.
- **TOMO 8: EMBALAJE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS CONTAMINADOS CON PCB.** En esta guía se definen los requisitos, para el correcto embalaje, transporte y almacenamiento de equipos contaminados con PCB.
- **TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB.** Incluye las directrices para el manejo adecuado de los equipos fuera de uso y desechos contaminados con PCB.

3 DESCONTAMINACIÓN O ELIMINACIÓN DE PCB

Los compuestos orgánicos halogenados presentan un gran problema de disposición debido a la naturaleza altamente estable de los enlaces carbono-halógeno presentes en éstos. Por ejemplo, la energía de enlace de un enlace carbono-cloro es del orden de 84 kcal/mol; por tal motivo, muchos compuestos orgánicos halogenados no son solo resistentes a la biodegradación, sino que no se degradan de forma práctica y efectiva por ninguno de los métodos de descomposición hasta ahora conocidos. Los métodos como la clorólisis, dehidrohalogenación catalítica, reacciones con sales fundidas, reacciones con ozono y reducciones con metales alcalinos, alcanzan solo una deshalogenación parcial. Por otra parte, estos métodos implican típicamente una o más desventajas, como el uso de reactivos costosos, atmósferas inertes, control de temperatura, aparatos complejos y alto consumo de energía, entre otros.

Asimismo es bien sabido que las quemas o incineraciones a cielo abierto y los procesos térmicos en condiciones no controladas son una de las fuentes principales de generación de dioxinas (PCDD) y furanos (PCDF), que resultan como subproductos de la combustión de compuestos halogenados. Siendo incluso más tóxicos que los mismos químicos de los cuales proceden es por ello que la incineración de desechos requiere de estrictos controles técnicos y ambientales.

3.1 Requisitos para la descontaminación de PCB a nivel nacional

Existen diversas tecnologías para la descontaminación de equipos y desechos contaminados, cuya elección es dejada a criterio del propietario. En ese sentido la regulación únicamente indica lineamientos generales para asegurar que se tomen las medidas apropiadas para asegurar la correcta gestión tal como:

- a. Fecha límite establecida para la descontaminación o ambientalmente racional
- b. Informes del resultado de las operaciones
- c. Verificación de la descontaminación

Artículo 35. DISPOSICIÓN FINAL DE EQUIPO Y DESECHOS CONTAMINADOS ALMACENADOS TEMPORALMENTE. Los propietarios de equipos y desechos contaminados con PCB que se encuentren almacenados de forma temporal en sus instalaciones, deben disponer de los mismos de forma ambientalmente racional antes del año 2028. Si del examen que para el efecto realice la Conferencia de las Partes del Convenio de Estocolmo en la adopción de medidas del periodo propuesto para la disposición final, se determina ampliación de los plazos establecidos, se atenderá a lo dispuesto para ello.

Como resultado de la disposición final, debe emitir el informe respectivo, presentarlo ante el MARN y actualizar la información que corresponda en el Sistema de Información de PCB, dentro de los 30 días siguientes de haberlo realizado.

Respecto a la metodología de descontaminación del aceite con igual o más de 50 ppm, deberán verificar la concentración final de PCB con métodos cromatográficos acreditados.

Artículo 38. PLAZO PARA DISPOSICIÓN FINAL. El propietario debe realizar la gestión final de equipo y desechos contaminados que contenga concentración mayor o igual a 50 ppm de PCB y volúmenes superiores a 0.05 litros y finalizarla en su totalidad antes del año 2028.

El único requisito con el que se cuenta es la elaboración de un instrumento de evaluación ambiental, que debe estar aprobado por el MARN. Sin embargo, como resultado del instrumento, se pueden derivar muchos otros requisitos, según se haya definido la metodología de destrucción, el plan de gestión ambiental y compromisos que se incorporen en la resolución aprobatoria.

Artículo 36. INSTALACIONES DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN DE PCB. Para los efectos de tratamiento y disposición de PCB a nivel nacional, toda persona individual o jurídica, pública o privada que realice tratamiento de disposición de PCB debe contar previamente con el instrumento ambiental respectivo aprobado por el MARN, y utilizar tecnologías adecuadas para la eliminación segura de los PCB.

En general, para toda eliminación se debe tener muy en cuenta lo siguiente:

- a. Evitar liberaciones no intencionales.
- b. Controles higiénicos al personal expuesto.
- c. Llevar registro de la trazabilidad de los equipos, aceites, residuos,
- d. Elementos contaminados, que permitan actualizar los inventarios
- e. Demostrar la gestión adecuada realizada.
- f. Controlar las tecnologías de tratamiento y su operación
- g. Eliminación y disposición final adecuada de residuos.

3.2 Criterios de selección de tecnologías de descontaminación.

Actualmente se cuenta con una gran cantidad de alternativas de eliminación de PCB que se han probado a nivel internacional, principalmente se pueden clasificar, en procesos térmicos y no térmicos. En todo caso para obtener los mejores resultados se recomienda aplicar algunos criterios que son ilustrados más adelante.

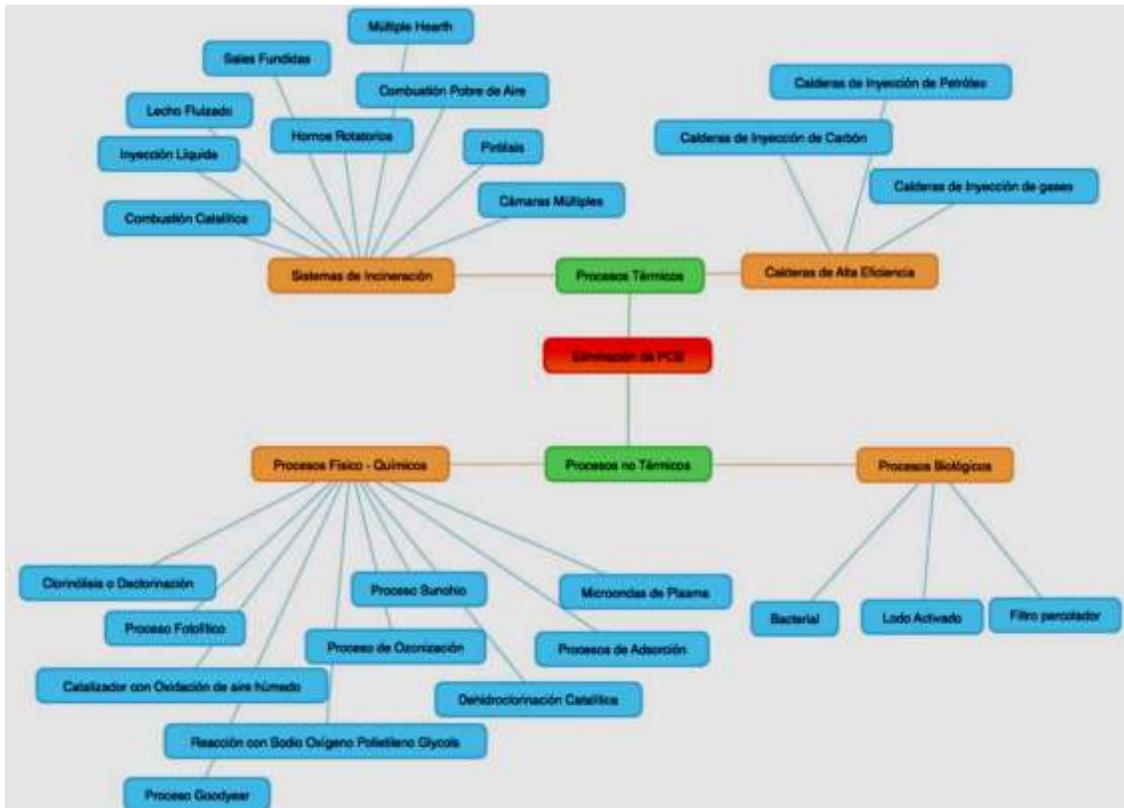


Ilustración 1 Técnicas para descontaminación o eliminación de PCB.

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Como se ha mencionado el propietario puede elegir la tecnología de descontaminación de su preferencia, sin embargo, para ejecutar las operaciones debe tener su instrumento ambiental aprobado, por lo que es recomendable usar tecnologías que cumplan o superen los siguientes criterios:

- a. Se cumpla con los objetivos de descontaminación.
- b. Antecedentes de uso exitoso.
- c. Evaluación de la eficiencia que permita alcanzar los niveles de descontaminación requeridos.
- d. Programas de capacitación al personal.
- e. Plan de contingencias y emergencias.
- f. Control en la generación y gestión de residuos.
- g. Monitoreo en la generación de efluentes líquidos y emisiones a la atmosfera.
- h. Costos generales

No obstante que los criterios serán aplicados a discreción de los propietarios, es preciso considerar los escenarios de aplicación los cuales se sintetizan en la imagen 2

En el eje horizontal se puede observar la representación del grado de contaminación de los equipos en partes por millón, y en el eje vertical se observa la representación de costo estimado. Se observa una línea curva (azul) que representa la relación típica entre la concentración y el costo de descontaminación por métodos químicos; y se observa una línea horizontal (roja) que representa el costo típico de destrucción por métodos térmicos. Es visible una línea vertical a los 50 ppm que indica el momento a partir del cual se deben realizar actividades de descontaminación del PCB y otra línea vertical a los 5000 ppm que indica el límite en el que generalmente la descontaminación por métodos químicos resulta más económica que los métodos térmicos.

Es importante aclarar que la ubicación exacta de las líneas, la curva y los puntos donde estas se interceptan va a depender en gran medida de las condiciones de cada país y cada operación, por lo que no es posible fijar valores exactos.

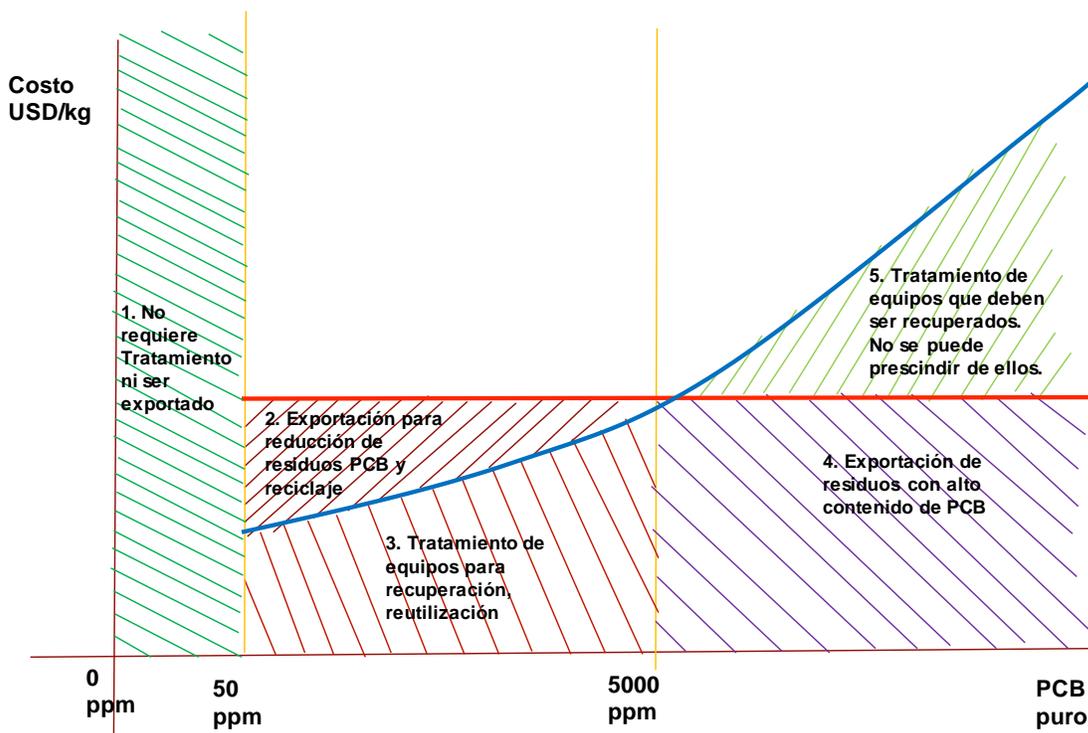


Ilustración 2 Resumen de los escenarios de aplicación

Fuente: Adaptado, del Proyecto PCB Perú.

De esta cuenta se pueden observar cuatro casos típicos:

1. No requiere Tratamiento ni ser exportado: En este escenario no se requiere gestiones especiales debido a que está por debajo del límite legal, únicamente se toma en cuenta la disposición final como cualquier residuo peligroso.

2. Exportación para reducción de residuos PCB y reciclaje: En este escenario hacer una descontaminación a nivel local es más económico, pero debido a otros factores, por ejemplo, un volumen bajo de equipos, hace que la única opción disponible sea la exportación.

3. Tratamiento de equipos para recuperación, reutilización: En este escenario los volúmenes son lo suficientemente altos, como para que empresas ofrezcan declinación a nivel nacional, por lo que esta opción es la más económica y generalmente se emplea.

4. Exportación de residuos con alto contenido de PCB: En este escenario la exportación para su tratamiento térmico es más económica que hacer una descontaminación a nivel nacional- Por lo que generalmente se escoge esta opción para equipos altamente contaminados que ya se encuentran fuera de servicio.

4. Exportación de residuos con alto contenido de PCB: En este escenario a pesar que el es más costoso a descontaminación con métodos químicos a nivel nacional se prefiere, pues el equipo está en operación y no puede ser cambiado, o el costo de recambio del equipo es muy alto.

4 METODOLOGÍAS USUALES DE DESCONTAMINACIÓN

Existen las metodologías para descontaminar. La descripción en esta sección no implica la aprobación del instrumento ambiental por parte del MARN, y solo se presenta de forma informativa.

A continuación se explican algunas de las alternativas que se ha observado, son las más usadas a nivel latinoamericano.

4.1 Retrolenado (Retrofilling)

Consiste básicamente de: vaciado del aceite dieléctrico con PCB rellenado de transformador con aceite libre de PCB. El rellenado o *retrofilling* se aplica generalmente para equipos con contenidos menores de 500 ppm de PCB ya que se asume que después del drenado de aceites que se encuentran en este intervalo, su

remanente en los materiales porosos se reduce hasta alcanzar un porcentaje dentro de los límites legales. Este proceso es derivado del resultado de la difusión del aceite contaminado impregnando los materiales porosos al aceite fresco permitiendo su reclasificación.

Para ejecutar el retrolleado se deberá tener el equipo fuera de servicio y realizar las siguientes acciones:

- a. Preparación del lugar de trabajo y contar con equipos de protección personal.
- b. Verificar condiciones de equipos y herramientas de trabajo
- c. Realizar charla de seguridad antes de iniciar los trabajos
- d. Identificar los equipos a ser intervenidos (condiciones físicas y datos de placa o identificación).
- e. Vaciado del aceite con presencia de PCB de los equipos
- f. Rellenado de equipos con aceite dieléctrico libre de PCB

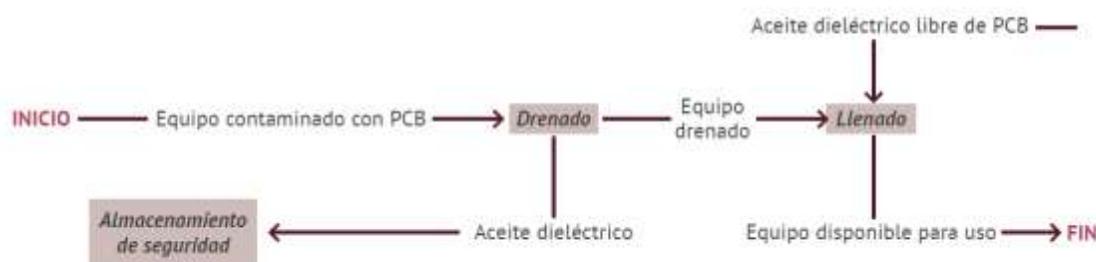


Ilustración 3 Proceso de retrolleado

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Es conveniente realizar un análisis de PCB después de seis (6) meses de realizado el llenado con el fin de verificar la concentración resultante de PCB en el equipo, ya que existe la posibilidad de exceder el límite de 50 ppm.

Es importante recalcar que esta no es una operación de declorinación o eliminación de PCB en el aceite y que el aceite obtenido de la operación debe ser descontaminado, así también se deben descontaminar los desechos que se generen durante la operación.

4.2 Declorinación química

Los procesos de declorinación usan reactivos químicos para romper los enlaces en la molécula de PCB (la cual es extremadamente estable), formando otros compuestos

químicos con un menor nivel de peligrosidad y ambientalmente más seguros. Estos procesos químicos no actúan sobre la estructura del bifenilo, en la molécula de PCB, sólo son removidos los átomos de cloro, que son los que le dan a la molécula de PCB su estabilidad química y biológica.

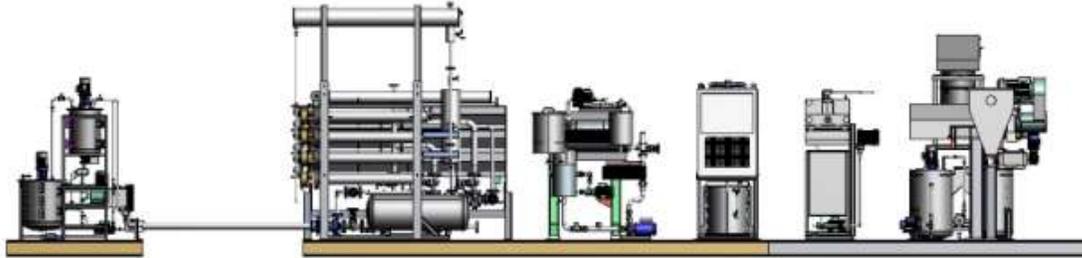


Ilustración 4 Vista esquemática de una planta de dechlorinación

Muchos de los procesos de dechlorinación usan un reactivo de sodio para separar los átomos de cloro de la molécula de PCB. Los residuos generados de este proceso son cloruro de sodio y polifenilos no halogenados. Los constituyentes exactos de los polifenilos frecuentemente se desconocen pero pueden disponerse de forma segura.

La mayoría de las aplicaciones de los procesos químicos que implican la destrucción de PCB que contaminan el aceite mineral o los fluidos dieléctricos, pueden llevarse a cabo a temperatura ambiente o a temperaturas moderadas, y aunque destruyen los PCB contenidos en el aceite, no destruyen el aceite en sí.



Ilustración 5. Vista de una planta de dechlorinación

4.3 Exportación y tratamiento con métodos térmicos

Cuando se tiene un producto de alta concentración de PCB como lo es un Askarel, por lo general, resulta costosa su destrucción mediante tratamiento químico. En estos casos la incineración a altas temperaturas puede alcanzar el 99,9999% de Eficiencia de Destrucción y Remoción del PCB y es el método más usual para destruir este tipo de productos.

La descomposición térmica de los PCB, a temperaturas entre 870°C y 1200°C, ya sea en un incinerador dedicado, se ha considerado como una tecnología capaz de procesar grandes volúmenes de material y residuos peligrosos. Debido a la naturaleza de los materiales a destruir, se requiere que posterior a la incineración se tenga un sistema completo de tratamiento de gases con el propósito de limitar la emisión al medio ambiente de dioxinas y furanos. Por lo general el sistema de tratamiento de gaseosos consta de un sistema de remoción de material particulado de gran tamaño y gases solubles en un hidrociclón; posteriormente pasa por un proceso de absorción reactiva (ácida y básica) en torres denominadas *scrubber*, donde se remueven gases ácidos o alcalinos, y finalmente un precipitador electrostático o a un sistema catalítico selectivo (SCR) o no selectivo.

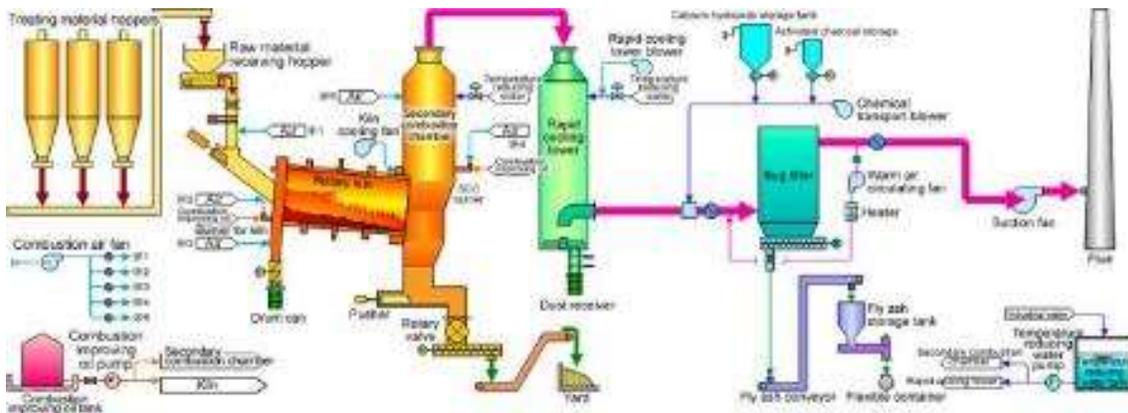


Ilustración 6 Vista Esquemática del proceso de incineración de residuos peligrosos con sistema de depuración de gases

Debido a la complejidad del tratamiento de los gases, estas plantas requieren un gran volumen de material para que sea económicamente factible su operación, por lo que generalmente esta opción no está disponible localmente, por lo que se opta por exportar el material a otro país con la tecnología adecuada. Esto implica cumplir con los requisitos dispuestos por el Convenio de Basilea.



Ilustración 7 Carga de equipos y recipientes para su exportación



Ilustración 8 Forma en que almacenan para su exportación

Para la exportación es importante tomar en cuenta que se requiere transporte a nivel nacional por lo que se debe cumplir con lo establecido en el **TOMO 7: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CON ACEITES DIELECTRICOS**.

4.4 Requisitos para exportación

Con el fin de tener la autorización de exportación es necesario completar los requisitos del Convenio de Basilea, por lo que se debe gestionar:

- a. Formulario de documento de notificación para movimiento transfronterizo.
- b. Contrato de compra/venta entre la empresa exportadora y la empresa importadora
- c. Resolución a favor de la empresa exportadora extendida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
- d. Licencia ambiental a favor de la empresa exportadora extendida por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.



- e. Resolución, Licencia o permiso ambiental, que autorice realizar la actividad de eliminación y/o recuperación del desecho peligroso a favor de la empresa importadora.
- f. Garantía ambiental (seguro, póliza, fianza) que asegure el movimiento transfronterizo.
- g. Documento que contenga información general de la empresa transportista a utilizar.
- h. Documento que contenga la tecnología empleada en el proceso de reciclaje y/o eliminación del desecho peligroso.
- i. Ficha de seguridad del desecho peligroso
- j. Plan de emergencia ante cualquier contingencia o desastre durante el movimiento transfronterizo

Antes de proceder a llenar el formulario del documento de notificación para el movimiento transfronterizo, deberá de solicitar número el número de movimiento y así colocarlo en el documento. Se deberá enviar una solicitud para el número de movimiento transfronterizo al Contacto Institucional del Convenio de Basilea en Guatemala.

Al momento de tener toda la documentación requerida descrita previamente; el interesado deberá presentarse al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Departamento de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos. Así mismo, se debe entregar una carta de solicitud para la autorización de realizar el movimiento transfronterizo.

Cuando el país importador autoriza el movimiento transfronterizo, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, le proporcionará al interesado el Documento de notificación para el movimiento transfronterizo firmado y sellado por Guatemala y el país importador.

4.5 Gestión en el país de destino

Otro aspecto relevante, es que aunque se subcontrate la gestión el propietario es responsable de la adecuada gestión final, por lo que debe hacer un cuidadoso seguimiento de las gestiones de descontaminación aunque subcontrate la actividad.

Artículo 37. RESPONSABILIDAD DEL PROPIETARIO. El propietario que realice operaciones de descontaminación, eliminación o exportación, es responsable legalmente de dicha operación, aún y cuando la realice por parte de terceros u otros entes autorizados para el efecto. El propietario debe registrar la operación según los lineamientos establecidos por el MARN, a fin de ser dados de baja en el Sistema de Información de PCB.

Una vez realizado el proceso de descontaminación, los equipos podrán seguir siendo utilizados, debiendo para el efecto reclasificar, marchamar, etiquetar y actualizar la información en el Sistema 1 mes después de realizado el proceso. Para el caso de eliminación o destrucción, solicitar dar de baja y cancelación del registro en el inventario de equipos y desechos con PCB.

Usualmente en el país de destino se tiene que hacer el desarme del equipo y el proceso de extracción de todo el aceite, por lo que es común el uso de autoclaves en procesos especializados para tal actividad. Es importante que el propietario tenga la certeza de la gestión realizada ya que es obligación la actualización del Sistema de Información de PB (ver **TOMO 4: INVENTARIO DE PCB**, sobre el uso del sistema).

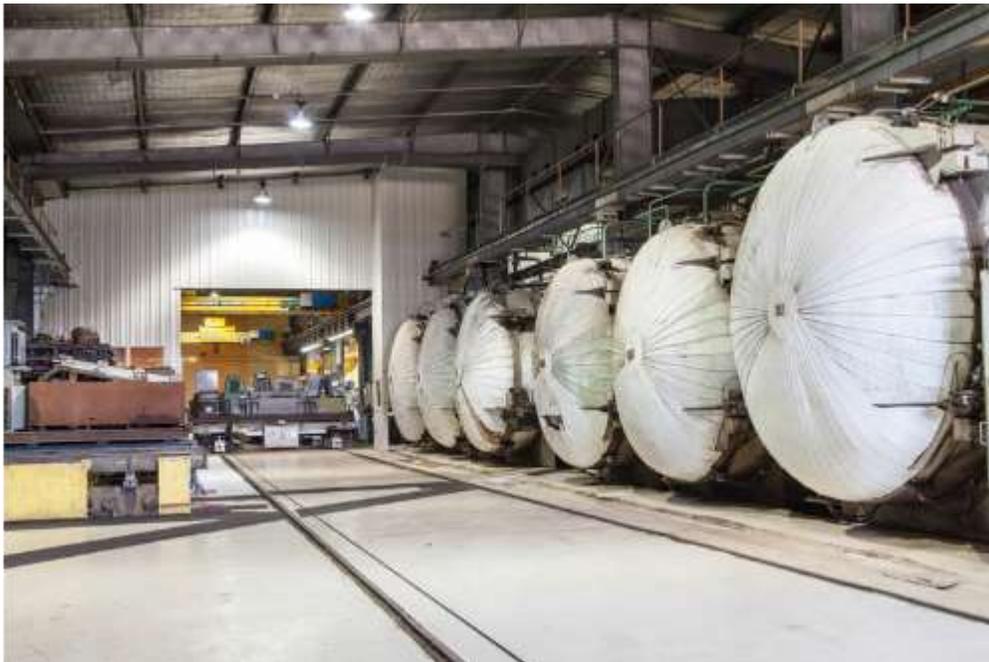


Ilustración 9 Vista de una planta en Francia que recibe desechos exportados de otros países

Los equipos más utilizados para la eliminación de PCB son los incineradores de inyección líquida y los de horno rotatorio. Estos medios de destrucción deben cumplir con ciertos requerimientos técnicos.

5 SITIOS CONTAMINADOS

Debido a la posible existencia de pasivos ambientales en el país, aún sin detectar o cuantificar, asociados con suelos contaminados con PCB, es necesario definir algunos

lineamientos de descontaminación que reduzcan la concentración de este contaminante en el medio, los cuales permitirán minimizar el riesgo de bioacumulación, bioconcentración y biomagnificación en organismos vivos y prevenir que el contaminante se extienda a niveles freáticos o aguas subterráneas y que a su vez el PCB migre al aluvión o cuerpos de agua superficial.



Ilustración 10 Vista de sitios contaminados



Ilustración 11 Otro ejemplo que indica posible contaminación

Para la gestión de sitios contaminados se propone el desarrollo de cinco etapas para el desarrollo de alternativas, siendo estas:

Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y Desechos de DDT y la creación de capacidad técnica en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala

- a. Identificación de sitios.
- b. Caracterización físico química del suelo contaminado.
- c. La identificación de las tecnologías potenciales existentes.
- d. La selección.
- e. La incorporación de la tecnología o conjunto de tecnologías.



Ilustración 12 Caracterización del sitio contaminado

Este procedimiento cuyo éxito depende de la decisión de realizar la descontaminación *in situ* o en un sistema confinado y de la viabilidad técnica, ambiental, social y financiera de la tecnología potencial.

En este sentido la legislación es bastante clara con los requisitos, los cuales son compilados a continuación.

Artículo 45. IDENTIFICACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y REGISTRO. El propietario debe identificar y caracterizar los lugares donde se encuentra en uso, existió, se derramó o se llevó a cabo la disposición de equipos, aceites dieléctricos y desechos contaminados con PCB, procediendo a evaluar las condiciones en que se encuentren, de conformidad con las disposiciones que para el efecto establezca el MARN, y registrar dichas situaciones en el Sistema de Información de PCB.

Para fines de la caracterización de suelos o superficies en los anexos del **TOMO 6: ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB Y ETIQUETAD**, se incorporan las técnicas de muestreo usando el equipo L2000DX que permiten verificar el cumplimiento de los límites legales.

Artículo 46. DE LA RESPONSABILIDAD EN SITIOS CONTAMINADOS. El propietario de transformadores, capacitores, equipos y desechos que contienen o estén contaminados con PCB, debe realizar la ejecución de obras destinadas a la prevención, conservación, protección del medio ambiente, así como evitar la generación de sitios contaminados, rehabilitar y remediar lugares donde existió, derramó,

almacenó, llevó a cabo la descontaminación, disposición final, se encuentra en uso equipos, aceites dieléctricos y desechos.

En este aspecto se hace el recordatorio que una de las primeras acciones a tomar en caso de derrames es evitar que se siga derramando el contaminante, ya que de nada servirá remediar el sitio si se sigue generando la fuente de contaminación (Para saber más sobre equipo de protección y procedimientos en caso de emergencia referirse al **TOMO 3: GESTIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS AL PCB** .

5.1 Gestión de sitios contaminados

En el marco de la gestión la legislación es bastante clara con los requisitos, mismos que se muestran a continuación.

Artículo 47. GESTIÓN. El propietario debe realizar la gestión para la identificación y caracterización de sitios contaminados con PCB, contemplando medidas para el tratamiento adecuado y bajo estándares de seguridad idóneos que permitan su gestión ambiental, como resultado debe emitir el informe respectivo, presentarlo ante el MARN y actualizar la información que corresponda en el Sistema de Información de PCB, dentro de los 30 días siguientes de haberlo realizado.

El MARN verificara las acciones presentadas en los planes de gestión para la identificación y caracterización de sitios contaminados con PCB propuestas por el propietario.

Artículo 48. REHABILITACIÓN Y REMEDIACIÓN. Es responsabilidad del propietario disponer las condiciones y métodos más adecuados para rehabilitar y remediar sitios contaminados con PCB, y lograr la remediación de aquellos que se generen y representen un riesgo para la población y los ecosistemas, de conformidad con las disposiciones que para el efecto establezca el MARN.

El propietario debe elaborar programas de rehabilitación y remediación con base en la caracterización de sitios contaminados, para lo cual deben considerarse las investigaciones históricas.

El MARN verificara las acciones presentadas en el programa de rehabilitación y remediación propuestas por el propietario.

En caso de incumplimiento a lo establecido en este artículo, se sancionará de conformidad con lo establecido en el artículo 54 de este reglamento.

Artículo 49. ESPECIFICACIONES AMBIENTALES PARA LA REMEDIACIÓN. Para la remediación se debe atender las siguientes condiciones:

- a) Todo aquel sitio que durante la caracterización haya presentado concentraciones por arriba de los límites máximos permisibles de emisiones, debe ser remediado.
- b) Todo aquel sitio cuya concentración durante la caracterización sea igual o menor a los límites máximos permisibles de contaminación establecidos en este reglamento, no será necesaria la remediación.



c) La remediación del sitio se efectuará hasta alcanzar los límites máximos permisibles establecidos en este reglamento.

d) No se deben generar mayores alteraciones ambientales que las producidas por el suceso que provocó la contaminación.

El MARN verificará que la información presentada por el propietario en el programa de remediación, cumpla con las indicaciones de este artículo.

El proceso de remediación de sitios contaminados puede ser realizado de muchas maneras, incluyendo técnicas de bajo costo, uno de los métodos puede ser la **recolección del material contaminado**, para su descontaminación posterior, es decir, no es necesario aplicar un tratamiento *in situ*.

El material puede ser recogido y posteriormente se puede verificar que el sitio en cuestión ya no presenta niveles de contaminación superiores al límite legal. Recoger el material contaminado es una de las acciones más simples y de menor costo, con esto se evita el riesgo de movilidad del contaminante mientras se busca el financiamiento para la actividad de descontaminación del material.

Mientras el material contaminado este en espera de ser gestionado debe ser almacenado en recipientes e instalaciones adecuados, en el **TOMO 8: EMBALAJE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS CONTAMINADOS CON PCB** se definen los requisitos, para el correcto embalaje, transporte y almacenamiento de equipos contaminados con PCB.