



GOBIERNO DEL  
PARAGUAY

MADES



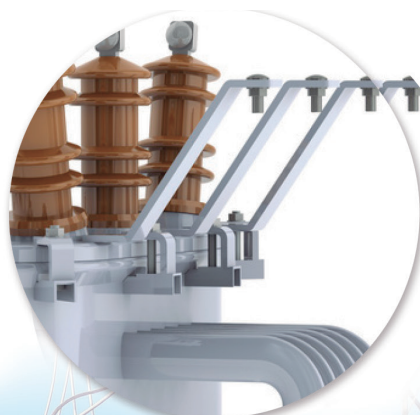
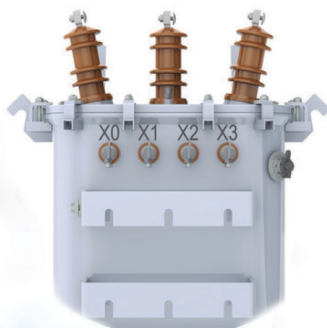
fondo  
para el medio  
ambiente mundial  
INVESTIDOS EN NUESTRO PLANETA



Fortalecimiento de la Gestión  
Ambientalmente Racional y Eliminación  
Final de los PCB en Paraguay

# MANUAL

## manejo de los **PCB** en LOS EQUIPOS ELÉCTRICOS



**PRODUCCIÓN:**

ETI Environmental Technology International, Chur, Suiza.

Urs K. Wagner, Francis De Haas, Evelyne Schneider

Actualización Marzo-2023:

Mario Mendoza [mario.mendoza@unitar.org](mailto:mario.mendoza@unitar.org)

United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)

**COLABORACIÓN:**

Guillermo Pineda Atet Patricia Sacco Calvo Proyecto PNI/COP/Paraguay

Secretaría del Ambiente MADES

Avda. Madame Lynch 3500

Asunción / Paraguay

**PROYECTO:**

El Manual ha sido desarrollado dentro del marco del Proyecto "Plan Nacional de Implementación (PNI) del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en Paraguay" con la colaboración del "Centro de Producción Limpia" y se ha actualizado bajo el marco del Proyecto "Fortalecimiento para la Gestión y Eliminación de PCB en Paraguay" implementado por ONUDI y financiado por el GEF.

**EDICIÓN:**

Primera versión, 2008

Segunda versión, 2020

Tercera versión, 2023

**COPYRIGHT:**

El material en esta publicación puede ser citado o re-impreso, pero se requiere de conocimiento juntamente con un número de referencia del documento. Una copia de la publicación conteniendo la re-edición debe ser enviada a ETI Environmental Technology Ltd, Switzerland

**UNITAR**

Jorge Ocaña (Mr.)

Manager, Chemicals and Waste Management Programme

Division for Planet

United Nations Institute for Training and Research (UNITAR)

7 bis, Avenue de la Paix, CH-1202 Geneva 2, Switzerland

T +41 22 917 8166 | F +41 22 917 8047 | M +41 79 582 6535

[jorge.ocana@unitar.org](mailto:jorge.ocana@unitar.org), [www.unitar.org](http://www.unitar.org)

Re editado en el año 2023, dentro del Marco del proyecto "Fortalecimiento de la Gestión Ambiental Racional y Eliminación Final de los PCB en Paraguay " ejecutado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible.

|          |                                                                                        |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>1</b> | <b>MARCO LEGAL</b>                                                                     |    |
| 1.1      | Convenios internacionales en materia de productos químicos y desechos peligrosos ..... | 11 |
| 1.2      | Marco normativo paraguayo .....                                                        | 16 |
| <b>2</b> | <b>INFORMACIÓN GENERAL DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS</b>                               |    |
| 2.1      | Los Contaminantes Orgánicos Persistentes y los Bifenilos Policlorados .....            | 17 |
| 2.2      | Definición e historia de los PCB .....                                                 | 17 |
| 2.3      | Aplicación y probables fuentes de los PCB .....                                        | 20 |
| 2.4      | Movilización de los PCB .....                                                          | 23 |
| 2.5      | El impacto de los PCB sobre la salud humana y el medio ambiente .....                  | 24 |
| 2.6      | Dioxinas y Furanos (Dibenzodioxinas Policloradas y Dibenzofuranos Policlorados) .....  | 28 |
| <b>3</b> | <b>IDENTIFICACIÓN Y MONITOREO DE PCB</b>                                               |    |
| 3.1      | Inventario .....                                                                       | 33 |
| 3.2      | Chequeo visual .....                                                                   | 34 |
| 3.3      | Muestreo de transformadores, capacitores y materiales de Construcción .....            | 40 |
| 3.4      | Detección y análisis de PCB .....                                                      | 59 |
| 3.5      | Banco o base de datos del PNI .....                                                    | 65 |
| 3.6      | Etiquetado del equipo .....                                                            | 67 |
| 3.7      | Monitoreo del sitio .....                                                              | 69 |
| <b>4</b> | <b>GESTIÓN DE PCB</b>                                                                  |    |
| 4.1      | Plan de Gestión del PCB .....                                                          | 73 |
| 4.2      | Plan de Prevención de Derrames, Control y Contingencias (PDCC) .....                   | 75 |
| 4.3      | Prioridades para la eliminación .....                                                  | 78 |
| <b>5</b> | <b>MANTENIMIENTO DE UN EQUIPO QUE CONTIENE PCB</b>                                     |    |
| 5.1      | Las mejores prácticas de trabajo .....                                                 | 79 |
| 5.2      | Mantenimiento de transformadores conteniendo PCB .....                                 | 80 |
| 5.3      | Mantenimiento de capacitores que contienen PCB .....                                   | 85 |
| 5.4      | Fluidos sustitutos .....                                                               | 86 |
| <b>6</b> | <b>RETIRO DE CIRCULACIÓN O DE USO</b>                                                  |    |
| 6.1      | Retiro de circulación de transformadores .....                                         | 89 |
| 6.2      | Retiro de circulación de capacitores .....                                             | 91 |
| 6.3      | Retiro de circulación de otros equipos .....                                           | 94 |
| <b>7</b> | <b>EMPAQUE O EMBALAJE</b>                                                              |    |
| 7.1      | Embalaje de acuerdo con la ADR .....                                                   | 95 |
| 7.2      | Resumen de los posibles contenedores para el transporte del PCB .....                  | 97 |

|           |                                                                                                      |     |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.3       | Etiquetado del embalaje .....                                                                        | 99  |
| 7.4       | Manejo de residuo embalado .....                                                                     | 101 |
| <b>8</b>  | <b>ALMACENAMIENTO TEMPORAL</b>                                                                       |     |
| 8.1       | Almacenamiento temporal a corto plazo o transitorio .....                                            | 103 |
| 8.2       | Almacén temporal de residuos de PCB a largo plazo .....                                              | 107 |
| <b>9</b>  | <b>TRANSPORTE</b>                                                                                    |     |
| 9.1       | Regulaciones internacionales para el transporte de<br>productos peligrosos .....                     | 111 |
| 9.2       | ADR .....                                                                                            | 111 |
| 9.3       | Movimiento Transfronterizo de Residuos Peligrosos .....                                              | 114 |
| 9.4       | Verificación de carga y seguridad antes que el transporte<br>tenga lugar .....                       | 114 |
| <b>10</b> | <b>ELIMINACIÓN DE PCB</b>                                                                            |     |
| 10.1      | Resumen .....                                                                                        | 119 |
| 10.2      | Situación general de costo .....                                                                     | 121 |
| 10.3      | Requerimientos legales para el tratamiento de PCB .....                                              | 121 |
| 10.4      | Métodos de descontaminación .....                                                                    | 122 |
| <b>11</b> | <b>SEGURIDAD</b>                                                                                     |     |
| 11.1      | Exposición a los PCB .....                                                                           | 131 |
| 11.2      | Equipo de Protección Personal (EPP) .....                                                            | 133 |
| 11.3      | Protección del medio ambiente .....                                                                  | 134 |
| <b>12</b> | <b>ACCIONES DE EMERGENCIA Y LIMPIEZA</b>                                                             |     |
| 12.1      | Acciones de emergencia para incidentes en frío .....                                                 | 137 |
| 12.2      | Acciones de emergencia para incidentes en caliente .....                                             | 138 |
| 12.3      | Primeros auxilios en caso de contacto con el PCB .....                                               | 144 |
| 12.4      | Limpieza luego de los incidentes .....                                                               | 144 |
| 12.5      | Chequeo de limpieza (Monitoreo) .....                                                                | 148 |
| <b>13</b> | <b>GLOSARIO</b>                                                                                      |     |
| <b>14</b> | <b>ANEXOS</b>                                                                                        |     |
| 14.1      | Plan de Respuesta de Emergencia para Incidentes en frío .....                                        | 153 |
| 14.2      | Plan de Respuesta a Emergencia por Incidentes en Caliente .....                                      | 154 |
| 14.3      | Mejores prácticas de trabajo .....                                                                   | 155 |
| 14.4      | Primeros auxilios en caso de contacto con PCB .....                                                  | 155 |
| 14.5      | Embarque de muestras de PCB: embalaje y etiquetado .....                                             | 156 |
| 14.6      | Documento de notificación para movimientos<br>transfronterizos / envíos de desechos o residuos ..... | 158 |
| 14.7      | Documento de notificación para movimientos<br>transfronterizos / envíos de desechos o residuos ..... | 162 |
| 14.8      | Declaración de productos peligrosos y certificado de<br>embalaje del contenedor .....                | 164 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|           |                                                                                       |     |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1:  | Características ventajosas de los Bifenilos Policlorados (PCB) .....                  | 18  |
| Tabla 2:  | Nombres de Marcas para los PCB (solo un extracto) .....                               | 19  |
| Tabla 3:  | Aplicaciones en Sistemas Cerrados .....                                               | 21  |
| Tabla 4:  | Aplicaciones en "Sistemas Abiertos" .....                                             | 22  |
| Tabla 5:  | Cantidades mínimas de muestras y contenedores para muestreo.....                      | 42  |
| Tabla 6:  | Arocloros que deben reportarse como resultado del análisis cromatográfico de PCB..... | 60  |
| Tabla 7:  | Ventajas y desventajas de pruebas de detección de campo .....                         | 62  |
| Tabla 8:  | Ventajas y Desventajas de la Cromatografía Gaseosa .....                              | 64  |
| Tabla 9:  | Problemas típicos con los transformadores .....                                       | 80  |
| Tabla 10: | Indicadores de Alarma .....                                                           | 81  |
| Tabla 11: | Inspecciones de rutina para los transformadores .....                                 | 82  |
| Tabla 12: | Fluidos sustitutos para transformadores.....                                          | 86  |
| Tabla 13: | Tipos de Embalaje.....                                                                | 95  |
| Tabla 14: | Resumen de Embalajes .....                                                            | 97  |
| Tabla 15: | Números de las NU para PCB.....                                                       | 100 |
| Tabla 16: | Equipos de protección personal .....                                                  | 133 |
| Tabla 17: | Medidas de Primeros Auxilios .....                                                    | 144 |
| Tabla 18: | Técnicas de posible descontaminación en materiales contaminados .....                 | 145 |
| Tabla 19: | Respuesta de Emergencia para Incidentes en frío con PCB.....                          | 153 |
| Tabla 20: | Respuesta de Emergencia para Incidentes de PCB en Caliente.....                       | 154 |
| Tabla 21: | Las Mejores Prácticas de Trabajo .....                                                | 110 |
| Tabla 22: | Contenedores para muestras .....                                                      | 156 |
| Tabla 23: | Embalaje Exterior.....                                                                | 156 |
| Tabla 24: | Etiquetado del embalaje externo.....                                                  | 157 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|            |                                                                    |    |
|------------|--------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1:  | Molécula de PCB.....                                               | 18 |
| Figura 2:  | Transformador .....                                                | 21 |
| Figura 3:  | Juntas de construcción.....                                        | 21 |
| Figura 4:  | Bioacumulación .....                                               | 23 |
| Figura 5:  | Contaminación de PCB en glaciares.....                             | 24 |
| Figura 6:  | Movimiento del PCB en el ambiente .....                            | 26 |
| Figura 7:  | Cloracné Típico .....                                              | 27 |
| Figura 8:  | Síntoma de pérdida de pelo .....                                   | 27 |
| Figura 9:  | Un transformador PCB típico .....                                  | 36 |
| Figura 10: | Identificación del fluido del capacitor .....                      | 37 |
| Figura 11: | Rótulo informativo de un capacitor.....                            | 37 |
| Figura 12: | Capacitores en ANDE San Lorenzo.....                               | 38 |
| Figura 13: | Rótulo en capacitor Siemens (SIN PCB) .....                        | 38 |
| Figura 14: | Lugares típicos en interiores donde se encuentran Capacitores..... | 39 |
| Figura 15: | Vista interior de la caja con posible equipo de muestreo.....      | 40 |
| Figura 16: | 20mL Frascos de vidrio .....                                       | 41 |
| Figura 17: | 30mL Botellas de Vidrio Hexavis .....                              | 41 |
| Figura 18: | 101 PE-Contenedor.....                                             | 41 |
| Figura 19: | 250mL PE-HD Cont.....                                              | 41 |
| Figura 20: | 750mL PE-HD Cont.....                                              | 41 |
| Figura 21: | Etiqueta (modelo) .....                                            | 43 |
| Figura 22: | Esquema de un Capacitor .....                                      | 44 |
| Figura 23: | Ubicar la bandeja de goteo debajo de la llave de drenaje.....      | 48 |
| Figura 24: | Llave de drenaje abierta .....                                     | 48 |
| Figura 25: | Sacar la muestra.....                                              | 48 |
| Figura 26: | Fijar una etiqueta que la muestra ha sido extraída.....            | 48 |
| Figura 27: | Detalle del piso de una planta de tratamiento de aceite.....       | 49 |
| Figura 28: | Derrame de un transformador sobre una pila de concreto.....        | 50 |
| Figura 29: | Estrategia Propuesta – Horizontalmente .....                       | 52 |
| Figura 30: | Estrategia Propuesta - Verticalmente .....                         | 52 |
| Figura 31: | Muestreo de Concreto .....                                         | 53 |
| Figura 32: | Limpiando el polvo remanente.....                                  | 53 |
| Figura 33: | Establecimiento de los diferentes horizontes bajo tierra .....     | 56 |

|            |                                                                           |    |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 34: | Típica área de depósito de aceite con pérdidas o fugas .....              | 56 |
| Figura 35: | Lugar con sospecha de suelo contaminado .....                             | 57 |
| Figura 36: | Muestreo en profundidad (hoyo o zanja de excavación).....                 | 58 |
| Figura 37: | Muestreo de Superficie.....                                               | 58 |
| Figura 38: | Resultados cualitativos (negativos y positivo) .....                      | 61 |
| Figura 39: | Detección con el L2000 por el PNI en Paraguay .....                       | 62 |
| Figura 40: | L2000DX PCB / Analizador de Cloro.....                                    | 62 |
| Figura 41: | Procedimiento de detección.....                                           | 63 |
| Figura 42: | Análisis por CG en el Laboratorio de ETI.....                             | 65 |
| Figura 43: | Huella digital del Aroclor 1254 .....                                     | 65 |
| Figura 44: | Ejemplo de formulario de ingreso de datos del banco de datos.....         | 66 |
| Figura 45: | Monitoreo del Sitio – Procedimientos.....                                 | 71 |
| Figura 46: | Registro de sitios con PCB.....                                           | 74 |
| Figura 47: | Sistema de retención hecho de acero .....                                 | 76 |
| Figura 48: | Señalización de una puerta de una sala conteniendo un Transformador ..... | 77 |
| Figura 49: | Transformador en servicio.....                                            | 82 |
| Figura 50: | Información del fabricante.....                                           | 82 |
| Figura 51: | Capacitor de forma convexa o hinchada .....                               | 85 |
| Figura 52: | Drenaje de un transformador con PCB .....                                 | 91 |
| Figura 53: | Sacar de circulación un Transformador intacto de PCB .....                | 91 |
| Figura 54: | Cercado en el área de trabajo.....                                        | 92 |
| Figura 55: | Retiro de circulación de la batería de un capacitor.....                  | 93 |
| Figura 56: | Cercar el área de trabajo .....                                           | 94 |
| Figura 57: | Retiro de circulación de la batería del capacitor .....                   | 94 |
| Figura 58: | Tambor de la tapa superior abierta.....                                   | 96 |
| Figura 59: | Impresión aprobada por las NU.....                                        | 96 |
| Figura 60: | Señalización de materiales con PCB .....                                  | 96 |
| Figura 61: | IBC aprobado por las NU.....                                              | 97 |
| Figura 62: | Tambores de Acero .....                                                   | 97 |
| Figura 63: | Tanques-contenedores de 20' .....                                         | 97 |
| Figura 64: | Marcando la aprobación de las NU.....                                     | 98 |
| Figura 65: | Capacitores en tambores aprobados por las un.....                         | 98 |
| Figura 66: | Tambor de Recuperación I.....                                             | 99 |
| Figura 67: | Tambor de Recuperación II.....                                            | 99 |
| Figura 68: | Tambor de Recuperación de Plástico.....                                   | 99 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 69: Etiquetado de acuerdo con la ADR para PCB líquido .....                             | 100 |
| Figura 70: Etiquetado de acuerdo con la ADR para PCB sólido .....                              | 100 |
| Figura 71: Etiquetado de PCB líquido de acuerdo con IMDG .....                                 | 100 |
| Figura 72: Etiquetado de PCB sólido de acuerdo con IMDG .....                                  | 101 |
| Figura 73: Carretillas seguras para el transporte de tambores .....                            | 101 |
| Figura 74: Marcado de tambores .....                                                           | 101 |
| Figura 75: Información útil escrita y tapas con dicha información .....                        | 102 |
| Figura 76: Mal ejemplo I (almacenamiento al aire libre) .....                                  | 104 |
| Figura 77: Mal ejemplo II (sin bandejas con filtro) .....                                      | 104 |
| Figura 78: Típica caja contenedora de 20' con bandeja de goteo .....                           | 106 |
| Figura 79: Depósito Interino con Contenedores .....                                            | 106 |
| Figura 80: Ejemplo para una plataforma de depósito o<br>almacenamiento seguro .....            | 109 |
| Figura 81: Movimientos de los contenedores ej.: en barcos para tener en<br>consideración ..... | 115 |
| Figura 82: Tambores .....                                                                      | 116 |
| Figura 83: Carga en el contenedor .....                                                        | 116 |
| Figura 84: Elevación del contenedor desde el camión .....                                      | 116 |
| Figura 85: Contenedor con Apertura Superior .....                                              | 117 |
| Figura 86: Carga de Transformadores .....                                                      | 117 |
| Figura 87: Estrategias y opciones para eliminación de PCB .....                                | 120 |
| Figura 88: Proceso LTR .....                                                                   | 126 |
| Figura 89: Planta de descontaminación LTR .....                                                | 126 |
| Figura 90: Proceso de Incineración .....                                                       | 127 |
| Figura 91: Depósito de residuos bajo tierra de Alemania .....                                  | 128 |
| Figura 92: Absorción por la piel .....                                                         | 94  |
| Figura 93: Inhalación por vía respiratoria .....                                               | 94  |
| Figura 94: Ingestión por el estómago/intestino .....                                           | 94  |
| Figura 95: Capacitor incendiado .....                                                          | 99  |
| Figura 96: Incidente en caliente .....                                                         | 99  |
| Figura 97: Fuego cerca de una subestación .....                                                | 100 |
| Figura 98: Incendio en el almacén de transformadores de ANDE .....                             | 100 |
| Figura 99: Sitio siniestrado es evaluado por expertos .....                                    | 100 |
| Figura 100: Equipo de maniobra de 66,000 voltios que se averió .....                           | 101 |
| Figura 101: Incendio luego de la explosión del equipo .....                                    | 101 |
| Figura 102: Rompimiento de un Concreto Contaminado .....                                       | 104 |

## PRESENTACIÓN

**L**os bifenilos policlorados (PCB) como productos químicos orgánicos producidos a escala industrial desde 1930, ampliamente utilizados debido a sus propiedades físico-químicas.

Entre estas propiedades características, los PCB son difícilmente inflamables, poseen excelentes propiedades dieléctricas y alta persistencia química. Es esta persistencia hace que este compuesto sea altamente peligroso, ya que permanece inalterable durante periodos prolongados al entrar en contacto con el ambiente.

La industria eléctrica es una de las más importantes usuarias de PCB en equipamiento eléctrico como transformadores de tensión, capacitores, cables, aisladores, entre otros usos.

El Estado Paraguayo, es consciente de la necesidad de cumplir los compromisos de la Convención de Estocolmo, y contribuir con la gestión ambientalmente racional de PCB y sus residuos, y la disminución de la contaminación por este contaminante para proteger la salud humana y el ambiente.

Con este propósito este documento, se considera como un manual que tiene por objetivo poner a disposición del público unos lineamientos y pautas que permita aplicar procedimientos para la adecuada gestión de PCB desde su identificación hasta la eliminación irreversible de las existencias con PCB.





# CAPÍTULO 1

## MARCO LEGAL



### 1.1 Convenios internacionales en materia de productos químicos y desechos peligrosos

Tres convenios internacionales regulan el manejo de productos químicos y residuos peligrosos, el Convenio de Basilea, el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Rotterdam, los mismos que funcionan de manera sinérgica con un enfoque de gestión integral de las sustancias químicas y materiales y residuos peligrosos.

- El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos y su eliminación.
- El Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).
- El Convenio de Róterdam sobre el Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional (PIC).

#### 1.1.1 El Convenio de Basilea

En 1989, el Convenio de Basilea fue adoptado con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la generación, el movimiento transfronterizo y manejo de residuos peligrosos, teniendo en cuenta dos pilares fundamentales: un sistema de control global de los movimientos transfronterizos de residuos y, un manejo ambientalmente racional de los residuos. Para marzo de 2020, 189 Estados lo habían ratificado.

Este convenio aplica para el transporte transfronterizo de existencias de PCB con la finalidad de eliminación irreversible de PCB.



El tratado internacional más amplio e importante sobre los residuos peligrosos



El Convenio de Basilea tiene los siguientes objetivos claves:

- Reducir los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos al mínimo que sea consistente con su manejo ambientalmente racional,
- Tratar y disponer los residuos peligrosos y otros residuos, lo más cerca posible de su fuente de generación, de manera ambientalmente racional,
- Minimizar la generación de residuos peligrosos en términos de cantidad y peligrosidad,
- La prohibición de la exportación de residuos peligrosos a países en desarrollo que no tengan tecnologías adecuadas para su disposición final.

El Convenio de Basilea ha establecido un sistema de control operacional muy estricto. El procedimiento para la notificación de movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos u otros residuos pueden llevarse a cabo solo bajo notificación previa por escrito a las autoridades competentes de los estados de la exportación, importación y tránsito (si corresponde) y con el consentimiento de estas autoridades, permitir el movimiento transfronterizo de los residuos (ver además capítulo 11.3).

Cualquier movimiento transfronterizo de residuos peligrosos u otros residuos que se lleve a cabo en contravención del sistema de notificación es considerado como tráfico ilegal.

El Convenio de Basilea fue adoptado el 22 de marzo de 1989, entró en vigor el 5 de mayo de 1992. Paraguay ratificó el Convenio de Basilea el 28 de septiembre de 1995.

### 1.1.2 El Convenio de Estocolmo

Este Convenio tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs). Fue

firmado en Estocolmo el 22 de mayo de 2001 entró en vigor el 17 de mayo de 2004; Paraguay ratificó el Convenio sobre COPs el 1º de abril de 2004. A marzo de 2020, 186 países son Parte del Convenio.



## CONVENIO DE ESTOCOLMO

Inicialmente, el Convenio listó 12 sustancias químicas conocidas como la "docena sucia", 9 de eran plaguicidas (Aldrín, Clordano, DDT, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, Toxafeno), 1 producto industrial (Bifenilos Policlorados (PCB)), y 2 sustancias liberadas no intencionalmente (Dioxinas y Furanos), productos derivados como resultado de una combustión incompleta o reacciones químicas. En la actualidad son 30 sustancias químicas que están en la lista del Convenio, la mayor parte de las nuevas sustancias son de uso industrial.

Algunos de los COPs todavía son producidos en países industrializados y distribuidos y usados en algunos países en desarrollo y con economías en transición, constituyendo un riesgo para la salud y el ambiente por sus características de toxicidad, bioacumulación, biomagnificación y persistencia que permite su transporte a través del aire (por evaporación y re-condensación, llamado destilación global) de áreas cálidas cerca del Ecuador hasta los polos o regiones más frías.

Los COPs pueden ser encontrados en todas las partes del mundo. Hay personas en países en desarrollo, trabajando aún con estas sustancias químicas o estando expuestos a los COPs en uso. Esto incluye la producción agrícola y el uso de plaguicidas COP, acciones de prevención contra la malaria por medio de la aplicación del DDT, procesos de fabricación en el área industrial donde se liberan COPs no intencionales, así como la eliminación no adecuada de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos que contienen COPs. Todas las personas están expuestas a los COPs a través de la acumulación de estas sustancias en la cadena alimenticia o de una exposición directa diaria como ocurre con el PCB presente en las juntas y sellamientos de las estructuras.

El daño que los COPs causan a la gente, animales y al medio ambiente es difícil de estimar. Algunos de los COPs son cancerígenos, afectan el desarrollo genético, así como también el sistema inmunológico y nervioso, varios de los COPs son disruptores endocrinos. Por estas razones y debido a la persistencia de las sustancias químicas, el Convenio insta a las Partes a adoptar medidas precautorias.

Las Partes comprometidas con la Convención de Estocolmo deben tomar las siguientes medidas:

- Prohibir la producción, uso, importación y exportación de los COPs listados en el Anexo A, para reducir o eliminar las liberaciones de la producción y uso intencionales.
- Restringir la producción y utilización de los COPs del Anexo B, como es el caso del DDT, ya que este producto es usado en los países en desarrollo para combatir la malaria; o de los PFOS que son utilizados como retardante de llama en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Cuando se construyan nuevas plantas o instalaciones, se deben tomar medidas para minimizar la posible producción de COPs no intencionales;
- Las existencias y residuos que sean o estén contaminados con COPs deben ser registrados en un inventario y disponer de ellos de una manera adecuada para el medio ambiente;
- El uso de equipos que contengan PCB está permitido hasta el 2025, sólo si están en equipos intactos y estancos, en zonas donde el riesgo de liberación al medio ambiente puede reducirse al mínimo y la zona de liberación pueda descontaminarse rápidamente;

A más tardar para el año 2028, se deberá haber eliminado los PCB presentes en los residuos líquidos y equipos contaminados, de una manera segura para el medio ambiente.

### 1.1.3 El Convenio de Róterdam (PIC – Consentimiento Fundamentado Previo)

Los Plaguicidas y otros productos químicos peligrosos significan un gran riesgo ya que pueden matar o enfermar seriamente a miles de

personas cada año. Ellos además contaminan el medio ambiente y dañan muchas especies de animales silvestres. Los gobiernos empezaron a afrontar este problema en la década de los ochenta, así en 1985 la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) elabora el Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas y en 1987, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) establece las Directrices de Londres para el Intercambio de Información acerca de Productos Químicos Objeto de Comercio Internacional y en el año 1989 se añadió el procedimiento denominado Consentimiento Fundamentado Previo (CFP) para contribuir al control de la importación de productos químicos que han sido prohibidos o rigurosamente restringidos y que el país no desea recibir. Se establece una lista de sustancias peligrosas sujetas al CFP. Este Consentimiento requería que los exportadores que comercializaban las sustancias peligrosas listadas debían obtener el consentimiento previo de parte de los importadores antes de proceder con el negocio.



## CONVENIO DE ROTTERDAM

En 1998, los Gobiernos decidieron fortalecer el procedimiento adoptando el Convenio de Rotterdam, lo cual hizo que el CFP sea legalmente obligatorio. El Convenio establece una primera línea de defensa dando a los países importadores, los instrumentos e información que ellos necesitan para identificar riesgos potenciales y excluir los productos químicos que no puedan manejar en forma segura, denominado Documento para la Adopción de Decisiones (DOAD).

Si un país acepta importar productos químicos, el Convenio promueve el uso seguro de ellos a través de estándares de etiquetados, asistencia técnica, y otras formas de apoyo. Además, asegura que los exportadores cumplan con los requisitos.

La Convención de Rotterdam entró en vigor el 24 de febrero de 2004. Las partes involucradas deben tomar medidas para:

- Establecer un procedimiento de notificación oficial ej.: para informar a los países importadores que una exportación de un producto químico que figure en la lista de CFP se llevará a cabo antes que ocurra el primer embarque,
- Informar al país importador, antes que ocurra el primer embarque, que una exportación de un producto químico que está prohibido o severamente restringido para su uso dentro de su territorio se llevará a cabo, e
- Informar a otros países las medidas adoptadas de prohibición o restricción de un producto químico a nivel nacional.

El Convenio de Rotterdam se adoptó el 10 de setiembre de 1998 y entró en vigor el 24 de febrero de 2004. Paraguay lo ratificó el 18 de agosto del 2003. A marzo de 2023, 165 países son Parte.

## 1.2 Marco normativo paraguayo

En el marco de la implementación del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo en 2008 (PNI2008) se dictaron las siguientes regulaciones:

- La Resolución 1190/08 establece medidas para la gestión de PCB y de cumplimiento para todas las personas físicas o morales que posean equipos, líquidos, materiales y residuos peligrosos que contengan o estén contaminados con PCB, así como para las empresas que presten servicios de manejo y transporte de PCB.
- El 1° de setiembre de 2011, se promulgó la Resolución N° 1402/11 de la Secretaría del Ambiente del Poder Ejecutivo que establece que el poseedor de PCB deberá contar con licencia ambiental, con un Plan de Gestión Integral de PCB.
- El 17 de febrero del 2023, se promulgó la Resolución N°138 por el cual se establecen medidas para la gestión de bifenilos policlorados (PCB) en la República del Paraguay y se dispone su reglamentación en el marco de la Ley N° 2333/2004 "Que aprueba el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes".



# CAPÍTULO 2

## INFORMACIÓN GENERAL DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS

### 2.1 Los Contaminantes Orgánicos Persistentes y los Bifenilos Policlorados

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) son sustancias químicas que significan una amenaza para la salud humana y el ambiente por sus características de toxicidad, persistencia, transporte a gran distancia, bioacumulación y biomagnificación. Por ello, el Convenio de Estocolmo es consciente de la necesidad de adoptar medidas para prevenir los efectos adversos de los COPs, reconociendo la importancia de concebir y emplear procesos alternativos y productos químicos sustitutivos ambientalmente racionales.

La presencia de los PCB en el ambiente puede significar, serios efectos sobre la salud humana, los cuales pueden incluir los cancerígenos, alteraciones neuroconductuales, problemas reproductivos, cambios en el sistema inmunológico, entre otros efectos. También representan riesgos para la fauna y flora y pérdida de diversidad biológica.

### 2.2 Definición e historia de los PCB

Los PCB son líquidos incoloros y una clase de compuestos clorados orgánicos formados por adición de Cloro al Bifenilo, el cual conforma una estructura constituida por dos anillos de benceno conectado a un enlace de carbono. Dependiendo del número de átomos de cloro en sus moléculas, sus propiedades físicas, químicas y toxicológicas varían considerablemente. Es posible encontrar un total de 209 compuestos con PCB con la misma estructura orgánica básica, pero con un número variable de sustitutos de Cloro, pero solo aproximadamente 50 de estos compuestos se han



encontrado en mezclas comerciales. Los PCB son resistentes al fuego, tienen una baja volatilidad y son estables y persistentes, que los hacen muy apropiados para el uso industrial, aunque son por otro lado problemático para el medio ambiente.

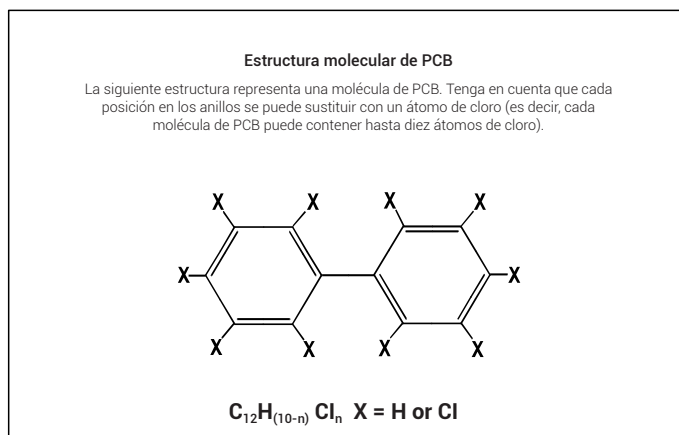


Figura 1: Molécula de PCB

Desde el punto de vista técnico, las características físicas de los PCB eran bastante ventajosas para la industria, sobre todo en el sector de electricidad donde la necesidad de fluidos con alta capacidad de aislamiento y buena conducción de calor favorece la alta eficiencia de los equipos de transformación y otros.

**TABLA 1: CARACTERÍSTICAS VENTAJOSAS DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS (PCB)**

|                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------|
| Alta estabilidad al calor                                                      |
| Difícilmente inflamable (completa combustión solo a $> 1000^{\circ}C$ )        |
| Relativamente buena resistencia al ácido, alcalinos y químicos                 |
| Estable contra la oxidación e hidrólisis (en sistemas técnicos)                |
| Levemente soluble en el agua, pero muy soluble en el aceite y la materia grasa |
| Buen conductor de calor                                                        |
| Baja presión de vapor                                                          |
| Muy poca conductividad eléctrica (buen aislante)                               |

A pesar de que los PCB fueron sintetizados en 1866, la producción comercial recién comenzó en 1929 por la empresa química norteamericana Swann y más tarde por Monsanto bajo el nombre comercial de "Askarel".

Después de la 2da. Guerra Mundial, la producción empezó en Europa y a finales de los 60s se alcanzó los límites máximos de producción con más de 60.000 toneladas producidas por año. Después de 1983, dejó de producirse PCB en la mayoría de los países, excepto en algunos países de Europa Oriental y probablemente Asia. La Federación Rusa, por ejemplo, paró la producción entre 1987 y 1993 [AMAP, Oslo, 2000]. El total de PCB producido a nivel mundial está estimada en aproximadamente 2 millones de toneladas. La siguiente tabla muestra algunos de los nombres comerciales usados para las varias aplicaciones de PCB.

**TABLA 2: NOMBRES DE MARCAS PARA LOS PCB (SOLO UN EXTRACTO)**

|                                |                                     |                               |
|--------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| Abestol (t, c)                 | DP 3, 4, 5, 6.5                     | Phenoclar DP6 (Alemania)      |
| Abuntol (USA)                  | Ducanol                             | Phenoclor (t, c) (Francia)    |
| Aceclor (t) (Francia, Bélgica) | Duconal (Gran Bretaña)              | Phenoclor DP6 (Francia)       |
| Acooclor (Bélgica)             | Duconol (c)                         | Phyrallene (Francia)          |
| Adkarel                        | Dykanol (t, c) (USA)                | Physalen                      |
| ALC                            | Dyknol (USA)                        | Plastivar (Gran Bretaña)      |
| Apirolio (t, c)                | E(d)ucaral (USA)                    | Polychlorinated biphenyl      |
| Areclor (t)                    | EEC-18                              | Polychlorobiphenyl            |
| Aroclor (t, c) (USA)           | EEC-IS (USA)                        | Pryoclar (Gran Bretaña)       |
| Aroclor 1016 (t, c)            | Elaol (Alemania)                    | Pydraul (USA)                 |
| Aroclor 1221 (t, c)            | Electrophenyl (Francia)             | Pydraul 1 (USA)               |
| Aroclor 1232 (t, c)            | Electrophenyl T-60                  | Pydraul 11Y (USA)             |
| Aroclor 1242 (t, c)            | Elemex (t, c) (USA)                 | Pyralene (t, c) (Francia)     |
| Aroclor 1254 (t, c)            | Elexem (USA)                        | Pyralene 1460, 1500, 1501 (F) |
| Aroclor 1260 (t, c)            | Eucarel (USA)                       | Pyralene 3010, 3011 (Francia) |
| Aroclor 1262 (t, c)            | Fenchlor 42, 54, 70 (t, c) (Italia) | Pyralene T1, T2, T3 (Francia) |
| Aroclor 1268 (t, c)            | Hexol (Federación Rusa)             | Pyramol (USA)                 |
| Arubren                        | Hivar (c)                           | Pyranol (t, c) (USA)          |
| Asbestol (t, c)                | Hydol (t, c)                        | Pyrochlor                     |
| ASK                            | Hydrol                              | Pyroclar (Gran Bretaña)       |
| Askarel (t, c) (USA)           | Hyvol                               | Pyroclor (t) (USA)            |
| Auxol (USA)                    | Hywol (Italia/USA)                  | Pyromal (USA)                 |
| Bakola                         | Inclar (Italia)                     | Pyronal (Gran Bretaña)        |
| Bakola 131 (t, c)              | Inclor (Italia)                     | Pysanol                       |

|                                |                               |                                  |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Bakolo (6) (USA)               | Inerteen 300, 400, 600 (t, c) | Saf(e)-T-Kuhl (t, c) (USA)       |
| Biclor (c)                     | Kanechlor (KC) (t, c) (Japón) | Safe T America                   |
| Chlorextol (t)                 | Kanechor                      | Saft-Kuhl                        |
| Chlorinated Diphenyl           | Kaneclor (t,c)                | Sanlogol                         |
| Chlorinol (USA)                | Kaneclor 400                  | Sant(h)osafe (Japón)             |
| Chlorintol (USA)               | Kaneclor 500                  | Sant(h)othera (Japón)            |
| Chlorobiphenyl                 | Keneclor                      | Sant(h)othern FR (Japón)         |
| Chloroecxtol (USA)             | Kennechlor                    | Santosol                         |
| Chorextol                      | Leromoli                      | Santoterm                        |
| Clophen (t, c) (Alemania)      | Leromoll                      | Santotherm (Nippon)              |
| Clophen Apirorlio              | Leronoll                      | Santotherm FR                    |
| Clophen-A30                    | Magvar                        | Santovac                         |
| Clophen-A50                    | Man(e)c(h)lor (KC) 200,600    | Santovac 1                       |
| Clophen-A60                    | Manechlor (Nippon)            | Santovac 2                       |
| Cloresil                       | MCS 1489                      | Santovec (USA)                   |
| Clorinol                       | Montar (USA)                  | Santowax                         |
| Clorphen (t)                   | Nepolin (USA)                 | Santvacki (USA)                  |
| DBBT                           | Niren                         | Saut(h)otherm (Japón)            |
| Delorene                       | No-Famol                      | Siclonyl (c)                     |
| Delor (República Checa)        | NoFlamol                      | Solvol (t, c) (Federación Rusa)) |
| DI 3,4,5,6,5                   | No-Flamol (t, c) (USA)        | Sorol (Federación Rusa)          |
| Diachlor (t,c)                 | No-flanol (t,c) (USA)         | Sovol (Federación Rusa))         |
| Diaclor (t, c)                 | Líquido no inflamable         | Sovtol (Federación Rusa)         |
| Diaconal                       | Líquido no iflamable          | Terpenylchlore (Francia)         |
| Dialor (c)                     | PCB                           | Therainol FR (HT) (USA)          |
| Diconal                        | PCB                           | Therminol (USA)                  |
| Disconon (c)                   | Pheneclor                     | Therminol FR                     |
| Dk (t, c) (decachlorodiphenyl) | Phenochlor                    | Therpanylchlore (Francia)        |
| DI(a)conal                     | Phenochlor DP6                | Ugilec 141, 121, 21              |

## 2.3 Aplicación y probables fuentes de los PCB

Debido a sus características, las mezclas con PCB (ya sea puro o con otras sustancias) han sido usadas en sistemas abiertos y cerrados:

**TABLA 3: APLICACIONES EN SISTEMAS CERRADOS**

Aislante y/o fluidos refrigerantes en transformadores

Fluidos dieléctricos en capacitores

Fluido hidráulico en equipos elevadores o grúas, camiones y tuberías de alta presión (especialmente en la industria minera)

Aún más, los PCB fueron usados además en “sistemas abiertos” tales como en pinturas, en la industria automotriz, sellamientos y juntas en la industria de la construcción.



Figura 2: Transformador

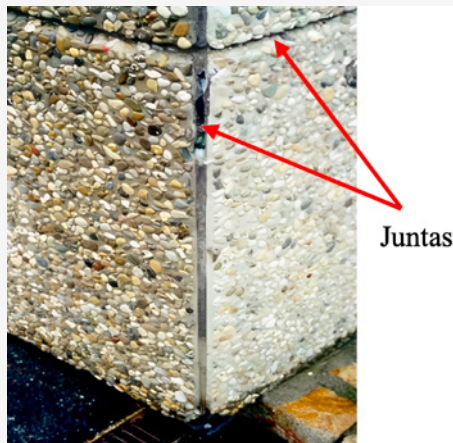


Figura 3: Juntas de construcción

**TABLA 4: APLICACIONES EN "SISTEMAS ABIERTOS"**

|                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Fluido lubricante en aceites y grasas                                                              |
| - Agente impregnante, repelente al agua y retardador de fuego usado en madera, papel, telas y cueros |
| - Agente usado en laminaciones en la producción de papel                                             |
| - Aditivos en gomas, selladores y barnices protectores de la corrosión                               |
| - Como aditivo en formulaciones para insecticidas                                                    |
| - Soporte catalizador de polimerización para petroquímicos                                           |
| - Aceites de inmersión para microscopio                                                              |

Las probables fuentes de PCB son los equipos, productos e instalaciones que fueron fabricados o contuvieron PCB hasta antes de 1983.

En el sector electricidad los equipos que fueron fabricados con PCB son:

- Transformadores de tensión (alta, media y baja tensión).
- Condensadores o capacitores.
- Otros equipos fabricados antes de 1983 como cables con protección de plomo con papel impregnado en aceite, interruptores con pequeño volumen de aceite, transformadores de tensión capacitivos.

Otros equipos y productos que podrían contener PCB en la industria en general son:

- Intercambiadores de calor.
- Sistemas hidráulicos de poder.
- Pinturas.
- Sellantes.

Asimismo, algunas instalaciones que pudieron haber sido inadecuadamente gestionadas y por lo tanto, consideradas probables fuentes de PCB, son:

- Almacén de transformadores sin protección de suelos
- Talleres o instalaciones donde se realizó mantenimiento de transformadores sin protección de contaminación con PCB.

## 2.4 Movilización de los PCB

Como estos materiales, al final de su vida útil, no fueron usualmente definidos como residuos peligrosos en el momento de su eliminación, los PCB contenidos en ellos, se liberaron en el medio ambiente a nivel global, donde fueron detectados por primera vez en 1966 por el Dr. Soren Jensen en el Laboratorio Ahrenius de la Universidad de Estocolmo Suecia, puso en evidencia que los PCB tenían la capacidad de bioacumularse en los tejidos grasos. Otros estudios realizados a mediados de los 70, en el Lago Michigan, EEUU, y los grandes lagos, hallaron PCB en los peces

A pesar de que la liberación de PCB dentro del medio ambiente ha tenido lugar en áreas muy limitadas, las corrientes atmosféricas y oceánicas globales han dispersado la sustancia a todo el planeta. Los PCB pueden ser encontrados en el aire, agua, suelo, plantas, animales y humanos.

Debido a su estabilidad química y bioquímica y su alta solubilidad en tejidos grasos, la sustancia ha entrado en la cadena alimenticia por bioacumulación. Como resultado, los animales en el nivel superior de la cadena alimenticia ej.: depredadores o seres humanos a menudo muestran una contaminación mucho más elevada que las plantas o el agua.

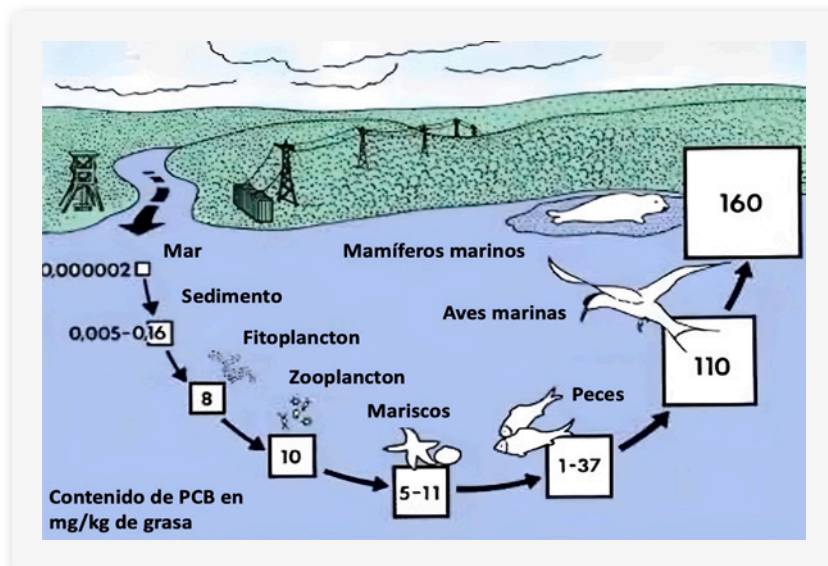


Figura 4: Bioacumulación



5: Contaminación de PCB en glaciares

## 2.5 El impacto de los PCB sobre la salud humana y el medio ambiente

Los PCB tienen una larga y documentada historia de efectos adversos para la vida silvestre. Se les ha asociado con alteraciones en la función reproductiva y supresión de la función inmunológica. Un ejemplo de esto se puede observar en focas que están en cautiverio en el Ártico. Una gran inundación en la desembocadura del Río Saginaw en Michigan en 1986 hizo que los contaminantes de PCB se esparcieran a través del ecosistema y al año siguiente el nivel de reproducción de las golondrinas "Caspian" en el área disminuyó en más del 70 por ciento; las crías que nacieron mostraban deformidades en su desarrollo, y ninguna sobrevivió más de cinco días (WFPHA, 2000). En Suiza, las nutrias se han extinguido debido a la infertilidad ocasionada por los PCB (BUWAL, 1989).

*¿Como los PCB ingresan en el cuerpo humano?*

Los PCB se encuentran principalmente en el tracto estómago-intestino. En Suiza, el promedio de PCB ingerido a través de la boca (alimento y bebida) es de 3-4  $\mu\text{g}$  por día por persona. La ingestión diaria tolerable (IDT) establecida por la OMS (Organización Mundial de la Salud) para humanos



es de 30-60 µg PCB, por ejemplo: aún si la ingestión es de 30-60 µg PCB durante toda la vida, los PCB no deberían causar ningún daño (si nos basamos en una persona que pesa 60 kg). Aún más, los PCB son absorbidos a través de la piel y los pulmones. Casi todo el mundo ha estado expuesto a los PCB ya que se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente; por lo tanto, es posible tener cantidades detectables de PCB en la sangre, la grasa corporal y la leche materna.

### *¿Son los PCB muy tóxicos?*

Generalmente, es muy raro encontrar efectos inmediatos con los PCB, ya que no son extremadamente tóxicos, ej.: para que los efectos inmediatos puedan notarse deben ser ingeridos en grandes cantidades. Debido a que los PCB son bioacumulables en el cuerpo humano, su evacuación se produce en pequeñas cantidades a lo largo de muchos años. Es por eso que se deben tomar medidas de seguridad cuando se manejan los PCB.

### *¿Cuáles son los riesgos ocultos (latentes) de los PCB?*

Es difícil estimar los efectos a largo plazo de una exposición crónica con PCB en pequeñas dosis, se discute si ejercen influencia sobre las hormonas tiroideas y sus posibles efectos en el desarrollo del cerebro. Grandes dosis de PCB en el cuerpo humano pueden causar daño en el hígado, riñones, y el cerebro. Además, se ha observado que los PCB afecta el sistema reproductivo y causa deformaciones en los fetos.

### *¿Son los PCB cancerígenos?*

El año 2014, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer de los Estados Unidos (International Agency for Research - IARC) elevó los PCB a la categoría 1A en función de las evidencias halladas en los estudios de investigación, por tanto, los PCB son cancerígenos.

### *¿Cuáles son los síntomas de una intoxicación aguda?*

En el año 1968, en la ciudad de Yusho, Japón, sucedió un incidente; la población se intoxicó al ingerir, aceite de arroz contaminado con Kanechlor 400 (una mezcla de PCB con aproximadamente 48% de contenido de

Cloro). Los intoxicados manifestaron los siguientes síntomas: Párpados hinchados, cloracné, pigmentación de la piel, queratosis en la vista, entumecimiento en brazos y piernas, debilidad y cansancio. Posteriormente, también se pudo observar ceguera, hepatitis, diarrea, cambios en el ciclo menstrual, dolores de cabeza y pérdida de cabello.

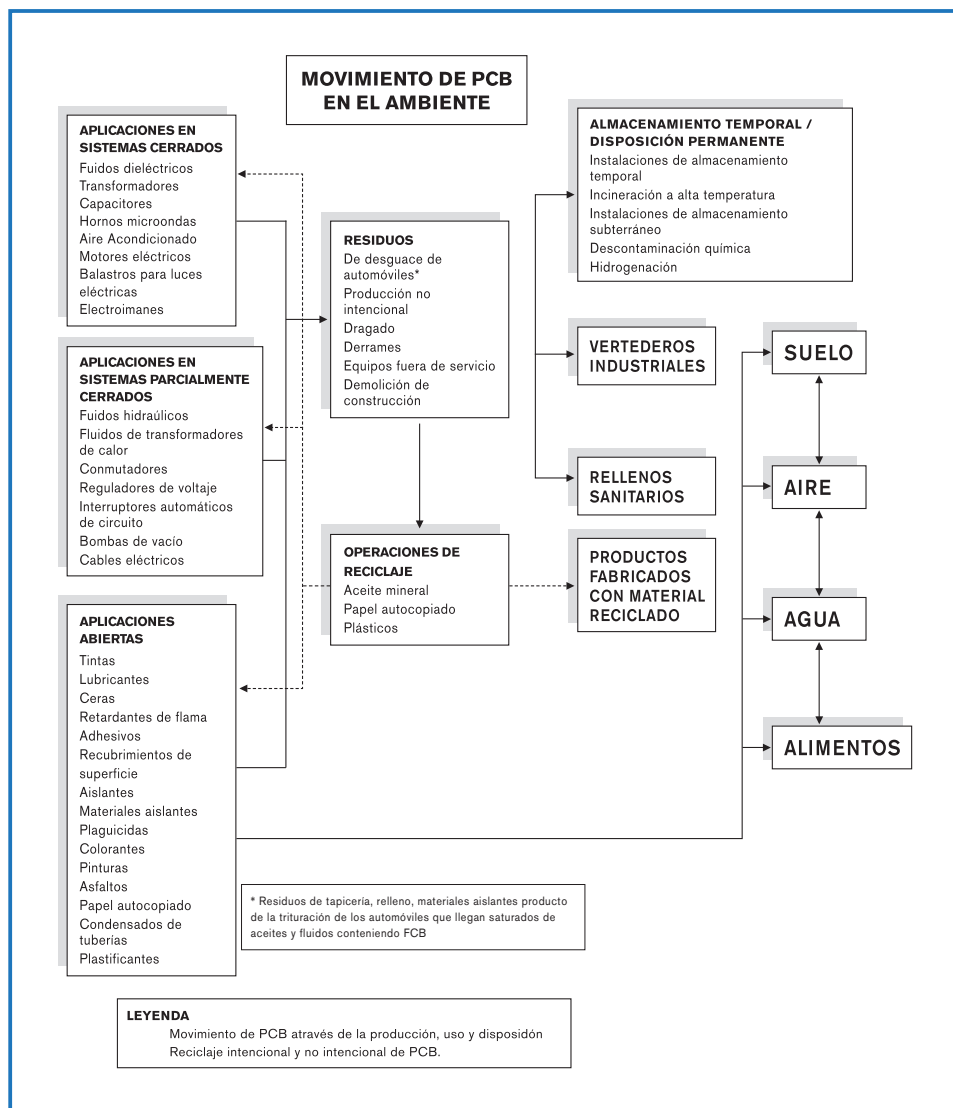


Figura 6: Movimiento del PCB en el ambiente



Figura 7: Cloracné Típico



Figura 8: Síntoma de pérdida de pelo

*Otro resultado del incidente fue un porcentaje más alto de abortos y malformaciones.*

Cabe señalar que la absorción a través de la piel y la inhalación de vapores de PCB y partículas de polvo contaminado generalmente no causan tales síntomas inmediatos, como sucede en casos de exposición ocupacional. Ellos son, sin embargo, la principal causa de posibles daños a largo plazo.

*¿Por qué los incendios son particularmente peligrosos?*

Las personas están particularmente en riesgo si los PCB están expuestos al calor o al fuego. Las Dioxinas y los Furanos (Dibenzodioxinas policloradas –PCDD, y Dibenzofuranos Policlorados– PCDF) son accidentalmente formados y liberados de los procesos termales que involucran a los PCB como resultado de una combustión incompleta o reacciones químicas. Estas sustancias son altamente tóxicas aún en muy pequeñas dosis (también conocido como veneno Seveso).

Como resultado de procesos de fabricación, aún ciertas aplicaciones con PCB pueden estar ligeramente contaminadas con PCDF (Furanos). Esto se aplica a los fluidos refrigerantes en capacitores y PCB que contienen las pinturas.

## 2.6 Dioxinas y Furanos (Dibenzodioxinas Policloradas y Dibenzofuranos Policlorados)

*¿Qué son las Dioxinas?*

Estas sustancias químicas son producidos accidentalmente debido a una combustión incompleta, así como también durante la fabricación de ciertos plaguicidas y otros productos químicos. Además, ciertos tipos de procesos de reciclado de metales y de blanqueo de pulpa de papel pueden liberar Dioxinas, entre otros muchos procesos industriales. Las Dioxinas también han sido encontradas en gases de combustión de automóviles, humo del tabaco y humo producido por la combustión de la madera y el carbón, en los incendios forestales, y durante la quema de la basura.

Dioxina es un término general que describe a un grupo de cientos de sustancias químicas que son altamente persistentes en el medio

ambiente. El componente más tóxico es 2,3,7,8 –tetraclorodibenzo– para dioxina o TCDD. La toxicidad de otras Dioxinas y sustancias químicas como los PCB que actúan como Dioxina es moderada en relación con el TCDD. Las Dioxinas fueron los primeros componente tóxicos del Agente Naranja, fueron encontradas en el Canal Amor en las Cataratas del Niagara, NY y fue lo que hizo que se procedieran a las evacuaciones en Times Beach, MO y Seveso, Italia.

### *¿Cómo estamos expuestos a las Dioxinas?*

Las mayores fuentes de Dioxina están en nuestra dieta. Como la Dioxina es soluble en grasas, es bioacumulable, escalando en la cadena alimenticia.

En el informe sobre Dioxinas de la EPA se refieren a la Dioxina como un hidrofóbico y lipofílico. Esto significa que la Dioxina, cuando se instala en los cuerpos acuáticos, se acumula rápidamente en los peces antes que permanecer en el agua. Esto mismo ocurre en otras vidas silvestres. La Dioxina trabaja en su camino hacia el nivel más alto.

### *Fuentes de Dioxinas y Furanos*

Las Dioxinas y los Furanos así como también el Hexaclorobenceno (HCB) y los PCB son formados y liberados de manera no intencional por procesos térmicos que involucran materia orgánica y Cloro como resultado de una combustión incompleta o reacciones químicas.

En el Anexo C del Convenio de Estocolmo se establecen categorías de fuentes. En particular, la Parte II señala que las siguientes categorías de fuentes industriales tienen un potencial relativamente elevado de formación y liberación de estas sustancias químicas en el medio ambiente:

- Incineradores de desechos, incluyendo las co-incineradoras de desechos municipales, peligrosos o médicos o de fango cloacal
- Desechos peligrosos procedentes de la combustión en hornos de cemento
- Producción de pulpa de papel usando Cloro elemental o productos químicos que producen Cloro elemental para blanqueamiento

■ Los siguientes procesos térmicos en la industria metalúrgica:

- Producción secundaria de Cobre;
- Plantas sintetizadoras en la industria de hierro e industria siderúrgica
- Producción secundaria de Aluminio
- Producción secundaria de Zinc

La Parte III, indica que las Dioxinas y los Furanos, así como también los HCBs y PCB pueden también producirse y liberarse en forma no intencional a partir de las siguientes categorías de fuentes:

- a) Quema a cielo abierto de desechos, incluyendo quemas en vertederos
- b) Procesos térmicos de la industria metalúrgica no mencionados en la Parte II
- c) Fuentes de combustión residenciales
- d) Combustión de combustibles fósiles en centrales termoeléctricas o calderas industriales.
- e) Instalaciones de combustión de madera u otros combustibles de biomasa
- f) Procesos específicos de producción de productos químicos que liberan de forma no intencional COPs formados, especialmente producción de clorofenoles y cloranil
- g) Crematorios
- h) Vehículos de motor, particularmente aquellos que utilizan gasolina con plomo
- i) Destrucción de carcasas de animales
- j) Teñido de textiles y cueros (con Cloranil) y terminaciones (con extracción alcalina)
- k) Plantas de desguace para el tratamiento de vehículos en desuso
- l) Combustión lenta de cables de Cobre
- m) Desechos de refinerías de petróleo

### *¿Producen cáncer las Dioxinas?*

Sí, el informe de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos del año 2000 confirmó que las dioxinas son causantes de cáncer para las personas. Ya en 1997, la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC) –parte de la Organización Mundial de la Salud– publicó su investigación sobre Dioxinas y Furanos y anunció el 14 de febrero de 1997, que la Dioxina más potente TCDD, está ahora considerado como cancerígeno del Grupo 1, que significa un “cancerígeno humano conocido”.

Además, en enero de 2001, el Programa Nacional de Toxicología de los Estados Unidos ha elevado al TCDD de “Razonablemente previsto a ser un cancerígeno humano” a “Conocido como Cancerígeno Humano”.

Un estudio realizado en julio del 2002 muestra que la Dioxina está relacionada al aumento de casos de cáncer de mamas. Otros estudios lo reconocen como inductor múltiple de cáncer. Se asocia la presencia de pancreatitis crónica y de carcinoma pancreático con la exposición a compuestos clorinados, se ha demostrado también que las dioxinas inducen neoplasia gingival a nivel del epitelio con los molares.

### *¿Qué otros problemas de salud están relacionados con la exposición a la Dioxina?*

Además del cáncer, la exposición a la Dioxina también puede causar severos problemas de fertilidad y desarrollo (a niveles 100 veces menor a aquellos asociados con sus efectos causantes de cáncer). La Dioxina es bien conocida por su habilidad para dañar el sistema inmunológico e interferir con los sistemas hormonales, predominantemente a nivel reproductivo. Se ha demostrado la alteración en la producción de testosterona y un efecto antiendrogénico que representa alteraciones en la calidad espermática (conteo reducido de espermias), esto es un efecto disruptor endocrino, también sus efectos están ligados a la endometriosis y la diabetes.

Igualmente, se han observado efectos mutagénicos y de alteraciones del desarrollo. La exposición a la Dioxina ha sido ligada a defectos en el nacimiento (paladar hendido, hidrofrenosis, disminución en el crecimiento de los huesos largos), dificultad para mantener el embarazo, deficiencia en el aprendizaje, supresión del sistema inmunológico, problemas

pulmonares, desórdenes de la piel, bajos niveles de testosterona y muchos más.

Son hepatotóxicas e inducen a la fibrosis cardíaca e hipertrofia uterina. Producen efectos adversos a nivel del tracto gastrointestinal. Se consideran neurotóxicas ya que la exposición a dioxinas en temprana edad o fase placentaria puede alterar el aprendizaje y la conducta, pudiendo llevar al deterioro del rendimiento mental.

Tiene también efectos de inmunotoxicidad ya que pueden causar daños en el sistema inmunológico y provocar la disminución de anticuerpos.



# CAPÍTULO 3

## IDENTIFICACIÓN Y MONITOREO DE PCB



### 3.1 Inventario

El inventario preliminar de PCB en Paraguay realizado entre el 2006 y 2007 comprendido dentro del marco de la elaboración del Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo (PNI) brindó un panorama cualitativo y parcialmente cuantitativo de la situación, con cifras preliminares, con una cantidad de aceite con posible contenido de PCB de 115,000 litros y material contaminado sumado a equipos en desuso que totalizaron 48 toneladas. El mismo incluyó:

- Poseedores de equipos conteniendo PCB,
- Equipos que contienen PCB en general,
- Cantidad de fluidos refrigerantes conteniendo PCB,
- Sitios potencialmente contaminados,
- Residuos usados, depositados y ubicados inapropiadamente conteniendo PCB,
- Existencia de mercaderías y depósitos obsoletos.

El inventario realizado para la actualización del PNI2017 dio los siguientes resultados:

- La cantidad total de transformadores de distribución en el país es de aproximadamente 115,000 equipos
- El 74% pertenece a la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), es decir, 113,987 unidades.
- El 26% de los equipos restantes (30,008) pertenecen a particulares.

En 2015 se generó un incendio en el Depósito de Laurelty de la ANDE en San Lorenzo. En total se encontraban 22,229 equipos, de los cuales el 98,18% estaba en depósito abierto, y sólo el 1,82% en depósito cerrado. El 38 % de los equipos ubicados en el depósito abierto (8,477) fue siniestrado en el incendio y se estimó que a raíz del incendio se generaron 8,824 toneladas de residuos (3000 t de metales, 500 t de aceite, 320 t de arena, 5,000 t de suelo contaminado y 4 t de EPP), 935 t de PCB (>50 ppm) entre metales y aceite y 12 t de PCB (> 500 ppm). Más detalles sobre este incendio se puede ver en la sección 12.2.2

La empresa argentina Centro de Investigaciones Toxicológicas S.A. (CITSA) realizó análisis a 195 muestras (4% de los equipos afectados por el incendio), obteniendo valores de PCB por encima de los 500 ppm, habiendo estimado que, de la población total de los 115,000 transformadores, 4,600 transformadores estaban contaminados con PCB por encima de 500 ppm y que el 12% presentó niveles de PCB en el rango de 50 y 500 ppm, lo que representaba 13,800 equipos. Para todos estos equipos se debía realizar el tratamiento y disposición final que corresponda.

Asimismo, de las visitas de campo realizadas a empresas de mantenimiento de equipos se pudo advertir que existe un desconocimiento generalizado en la gestión de los aceites minerales y equipos eléctricos y sobre los riesgos que representan para la salud y el ambiente. Hay también un desconocimiento mayoritario de las normas emitidas por la Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES) y, por tanto, un no cumplimiento de estas.

La ausencia de prácticas analíticas a aceites y superficies de transformadores eleva la probabilidad de contaminación cruzada durante los trabajos de mantenimiento de los equipos.

## 3.2 Chequeo visual

### 3.2.1 Transformadores

A pesar de que la expectativa normal de vida de un transformador con PCB es de aproximadamente 40 años o más, condiciones tales como sobre-carga, operación a altas temperaturas, y abuso físico pueden reducir su vida útil y llevar hacia riesgos potenciales operacionales y ambientales.

Un mantenimiento preventivo para evitar estos riesgos es de vital importancia.

El propósito primario de un transformador es convertir una potencia eléctrica de un voltaje a otro. Durante esta conversión se genera una gran cantidad de calor, la cual debe ser disipada. Una inmersión del núcleo y bobina de montaje del transformador en un líquido proporciona un enfriamiento efectivo. El líquido usado para este propósito no sólo debe ser un buen refrigerante sino también un buen aislante eléctrico (dieléctrico), tales como aceite mineral o PCB.

Dentro de un transformador se producen chispas, como resultado de sobrecarga de interruptores y condiciones de falla transitorias de la línea eléctrica. Estos eventos normalmente duran sólo una fracción de segundos y el flujo de corriente es tan pequeño que la interrupción a menudo no es detectada por los dispositivos de protección del sistema eléctrico. Estos fenómenos transitorios y sus efectos peligrosos pueden ser eliminados o mayormente reducidos por pararrayos de tamaño apropiado ubicados cerca de las terminales primarias del transformador.

Un problema en la identificación de transformadores con PCB es la larga lista de diferentes tipos de transformadores que han sido diseñados y vendidos y que ahora son utilizados en todo el mundo. Desafortunadamente no hay ningún método absoluto de identificación externa de un transformador tipo PCB. Sólo es posible dar orientación general de donde los lectores pueden acceder a información relevante de los tipos particulares de equipos.

Usualmente los transformadores eran unidades convencionales que se llenaban con aceite. Posteriormente se desarrollaron diseños como unidades totalmente herméticamente cerradas sin tapas de drenaje o instalaciones para acceder a ellos. La razón fue que los PCB tenían la reputación de ser fluidos muy estables, y por lo tanto no se degradaría como un aceite normal, luego los transformadores permanecerían sellados de por vida. Sin embargo, la experiencia demostró que este no era el caso.

Muchos fabricantes de transformadores pusieron el nombre del fluido refrigerante en las placas de identificación de los transformadores. Estas placas de identificación usualmente indican que el Transformador contiene PYROCLOR, ASKAREL (ver lista detallada en el capítulo 2.2).

**IMPORTANTE:** La experiencia ha demostrado que numerosos transformadores que fueron vendidos como equipos libres de PCB realmente sí contienen PCB. En los años 70 los fabricantes de transformadores y proveedores de aceites a menudo no eran informados acerca de los riesgos y potencial contaminación cruzada de PCB por el uso de depósitos comunes, contenedores de transporte, sistemas de tuberías y accesorios para aceite mineral y PCB. Algunos transformadores fueron también contaminados por sus usuarios durante el rellenado o los trabajos de mantenimiento.

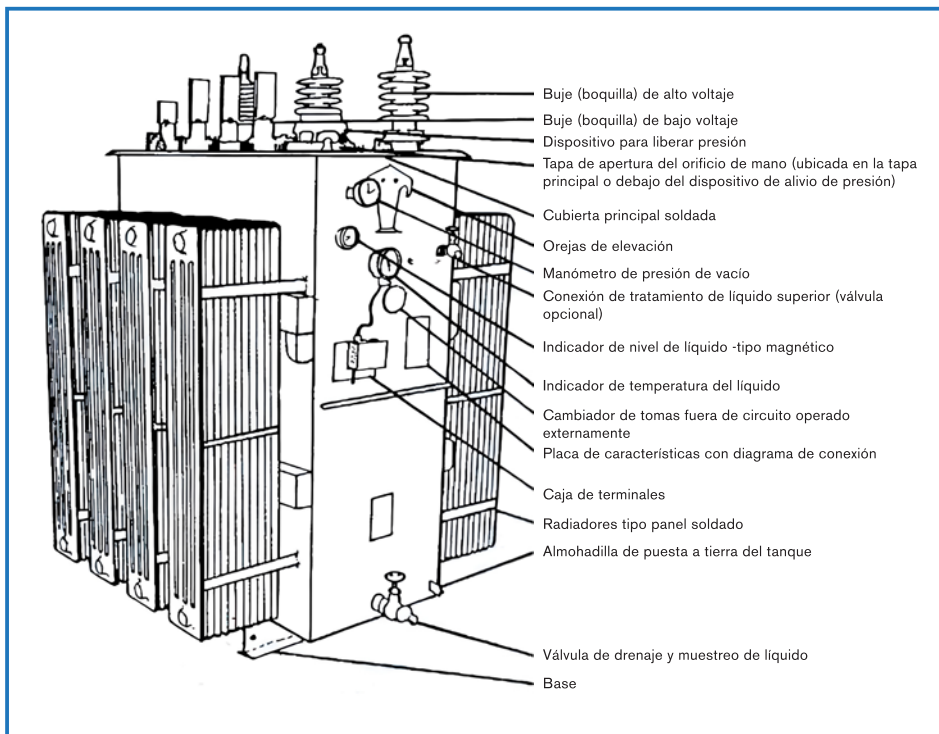


Figura 9: Un transformador PCB típico

### 3.2.2. Capacitores

En muchos casos, el fabricante provee información acerca del tipo de líquido dieléctrico, ya sea con identificación en la placa (ver Figuras 10 de

un capacitor conteniendo PCB) o con un rótulo separado confirmando que el contenido es dañino para el medio ambiente (ver Figura 11). Tales capacitores no necesitan una investigación posterior. Ellos definitivamente contienen PCB y deben ser tratados como tal.

Después de prohibir el PCB para equipos eléctricos, la mayoría de los capacitores de energía fueron declarados libres de PCB/no PCB; tanto en la placa del nombre o en un rótulo separado, y ellos pueden si fuera necesario, ser dispuestos como un residuo normal conteniendo aceite.



Figura 10:  
Identificación del fluido del capacitor

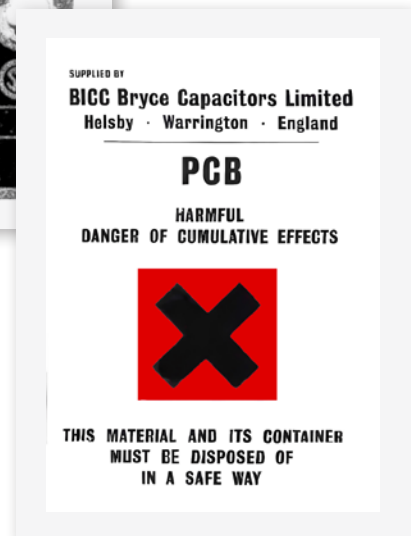


Figura 11:  
Rótulo informativo de un capacitor

Como los capacitores son sellados, la contaminación cruzada después de su fabricación y durante la fase de operación, debe ser excluida. Considerando el hecho de que después de 1993 no se produjo más PCB en ningún lugar de los países de occidente, se puede asumir que los capacitores fabricados después de esta fecha están libres de PCB, si su origen se comprueba que sea de estos lugares.

En algunos casos, una lista con información acerca del contenido de PCB en capacitores se puede usar para determinar si un capacitor contiene PCB o no.

En el documento *"Guidelines for the identification of PCB and Materials containing PCB"* preparado por el PNUMA se puede hallar nombres de algunas compañías fabricantes de transformadores y de capacitores conteniendo PCB, y se encuentra disponible en línea<sup>1</sup>.

Desafortunadamente, no hay muchos catálogos disponibles para instrumentos y equipos fabricados en lo que fue Europa Oriental y China.

Figura 12:  
Capacitores en  
ANDE San Lorenzo



Figura 13:  
Rótulo en capacitor  
Siemens (SIN PCB)

<sup>1</sup> <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8221/-Guidelines%20for%20the%20Identification%20of%20PCBs%20and%20Materials%20Containing%20PCBs-19991778.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

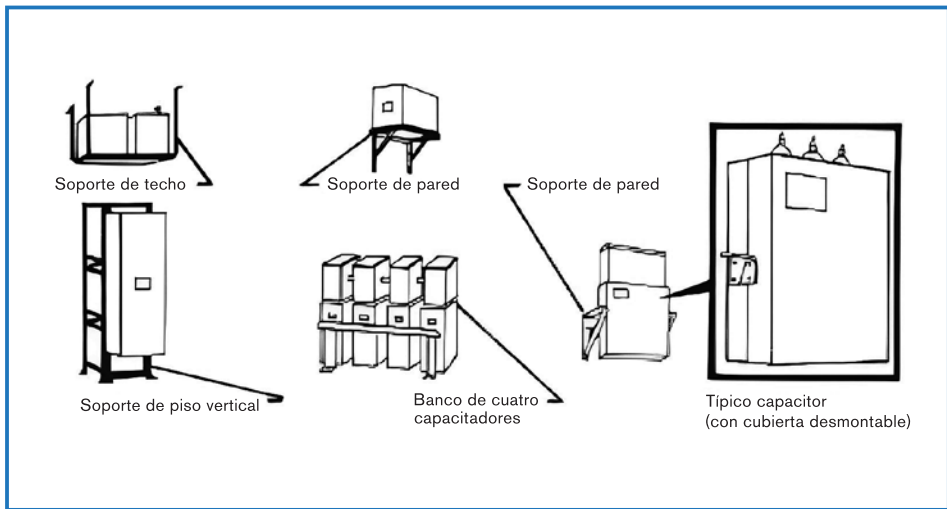


Figura 14: Lugares típicos en interiores donde se encuentran Capacitores

Los capacitores que no portan información acerca del fluido dieléctrico deben ser muestreados y analizados (una vez que cumplan su vida útil o los compromisos establecidos en el Convenio de Estocolmo). Debido a que los capacitores fueron construidos dentro de contenedores herméticamente cerrados y no hay acceso directo al líquido refrigerante, no es posible tomar muestras para análisis sin destruir la cubierta del equipo (ver además capítulo 3.3.3).

Por consiguiente, las muestras sólo pueden ser tomadas y analizadas una vez que el capacitor haya sido desmontado y haya cumplido su tiempo de vida útil. Solamente después del análisis, la opción de eliminación puede ser evaluada. Sin embargo, se tiene también la opción de considerar al capacitor sin información y con una antigüedad mayor a los 30 años, como equipo con PCB y por tanto decidir por su adecuada disposición, toda vez que implica un mayor riesgo.

Para la toma de muestra de un condensador se debe realizar un agujero con lo cual se inutiliza el equipo, los resultados servirán para la adecuada disposición final del equipo.



### 3.3 Muestreo de transformadores, capacitores y materiales de Construcción

#### Preparación de muestreo

Para este trabajo se aconseja preparar una caja de muestreo que contenga el equipamiento básico para actividades de muestreo. Esto asegura el acceso inmediato al equipo esencial en el momento que fuera requerido.



Figura 15: Vista interior de la caja con posible equipo de muestreo

No hay una lista estandarizada de materiales. El material elegido siempre depende de los objetivos específicos de la actividad de muestreo. Generalmente se recomienda llevar consigo más equipamiento del que normalmente se necesita, en caso de que surjan circunstancias imprevistas en el sitio.

Normalmente los frascos de vidrio son usados para muestras líquidas y contenedores de vidrio o plástico de alta densidad para suelos y sólidos. Sin embargo, si se espera un alto contenido de PCB (ej.: en caso de PCB puro) siempre se debe optar por frascos de vidrio de color ámbar, porque el PCB puede filtrarse a través de contenedores plásticos.





Figura 16: 20mL Frascos de vidrio



Figura 17: 30mL Botellas de Vidrio Hexavis

Los frascos y contenedores deben ser de un material que no permita que ocurra absorción de contaminantes dentro y en las paredes de estos y que las muestras no puedan contaminarse con sustancias que contienen los materiales empaquetados.

Se debe considerar que los frascos y contenedores NO deben ser reutilizados, a menos que el testeo y/o los resultados de laboratorio prueben que la muestra está libre de PCB y que el contenedor de la muestra pueda ser limpiado profesionalmente, lo cual es usualmente posible solo en laboratorios equipados para tal efecto.



Figura 18: 101 PE Contenedor

Figura 19: 250mL PE-HD Cont.



Figura 20: 750mL PE-HD Cont.



Los contenedores de muestreo deben estar absolutamente limpios. Si los contenedores de muestras son transportados a distancias largas la demanda de la calidad del vidrio (irrompible) obviamente se incrementa.

Cuando se vayan a preparar las cajas de muestreo, se debe tener en cuenta el número y la cantidad mínima que se tenga la intención de muestrear. Esto depende del tipo de análisis de PCB y los posibles análisis posteriores (ej.: calidad del aceite en caso de que el resultado de negativo).

Considerando que las muestras deben ser transportadas algunas veces distancias largas y al final del ejercicio, las muestras deben ser eliminadas como usualmente se hace con los residuos peligrosos, las cantidades de muestra deben ser pequeñas (también tener en cuenta los procedimientos de reducción de masa de muestra en el capítulo 3.3.6). La Tabla 5 muestra algunas indicaciones acerca de las cantidades mínimas de muestras para efectuar la prueba de detección y/o análisis de Laboratorio para contenido de Cloro, o de PCB.

**TABLA 5: CANTIDADES MÍNIMAS DE MUESTRAS Y CONTENEDORES PARA MUESTREO**

| Método                                          | Matriz                                        | Cantidad mínima                | Contenedor                                                                      |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Descarte de PCB con determinación Colorimétrica | Aceite                                        | 30 mL                          | - Frascos de vidrio de 50 mL                                                    |
| Descarte de PCB con determinación Colorimétrica | Sólidos (ej.: suelo, polvo de concreto, etc.) | 100 g                          | - Frascos de vidrio de 250 mL<br>- Recipiente PE-HD de 250 mL (plástico,)       |
| Descarte de PCB por medición electroquímica     | Aceite                                        | 30 mL                          | - Frascos de vidrio de 50 mL<br>- Botellas de vidrio de 30 mL Hexavis           |
| Descarte de PCB por medición electroquímica     | Sólidos (ej.: suelo, polvo de concreto, etc.) | Mínimo 10 g, si es posible más | - Frascos de vidrio de 60 mL<br>- Contenedores PE-HD de 250 mL (plástico)       |
| Cromatografía Gaseosa (Lab.)                    | Aceite                                        | 20 mL                          | - Botellas de 20 mL a ½ litro                                                   |
| Cromatografía Gaseosa (Lab.)                    | Sólidos (ej.: suelo, polvo de concreto, etc.) | 10 g                           | - Frascos de vidrio de 60 mL<br>- Contenedores PE-HD de 250 ml PE-HD (plástico) |

Para la muestra por perforación, las cantidades mínimas son suficientes debido a los procedimientos de muestreo usualmente dificultosos (procedimiento que se detalla más adelante, numeral 3.3.3).

Si la calidad de los fluidos de enfriamiento de transformadores debe ser determinados al mismo tiempo (análisis físico químicos), será necesario tener al menos 500 mL del aceite y se deberá seguir el protocolo

establecido para estos casos. Este debería ser cargado en una botella de vidrio de 500 mL (color ámbar).

En el caso de muestras de suelos se deberá realizar el análisis no después de 7 días de extraída la muestra y mantenida a temperaturas debajo de 4°C.

### 3.3.2 Procedimientos generales de muestreo

La mayor fuente de error es el proceso mismo de muestreo. Es por eso que los siguientes puntos deben particularmente ser considerados:

#### *Riesgo de contaminación cruzada*

La contaminación es fácilmente esparcida de una muestra a otra. Cuando se usa material descartable (ej.: pañuelos de papel tipo Kleenex, pipetas, cucharas o paletas de metal) se debe asegurar que se use un nuevo producto para cada muestra nueva.

#### *Confusión de muestras*

Para prevenir una confusión de muestras, es crucial marcar claramente los frascos de muestras de forma inmediata cuando haya sido tomada la muestra. Igualmente, los datos deben ser registrados en un informe de muestreo. La etiqueta debe ser adherida al frasco de muestreo, esta etiqueta debe relacionar inconfundiblemente las características del equipo con la muestra que se analizará (considerar incluir el Número de Serie del transformador y Fabricante).



Figura 21: Etiqueta (modelo)

## Informe de muestreo

El informe o registro de muestreo debe ser llenado de inmediato luego de la extracción de las muestras. Si se completa recién en la última etapa, se puede perder u olvidar información importante.

Las directrices en relación con el transporte con respecto a embarque transfronterizo de muestras PCB son agregadas en los Anexos 14.6, 14.7 y 14.8

### 3.3.3 Muestreo de capacitores

Los capacitores de energía son construidos dentro de contenedores herméticamente cerrados y no hay un acceso directo al líquido refrigerante. Si un dato como se describe en el capítulo 3.2.2 se omite o se extravía y no está disponible información relevante del fabricante, la única manera de testear el líquido dieléctrico es perforando un agujero en la parte superior o cortando el aislador.

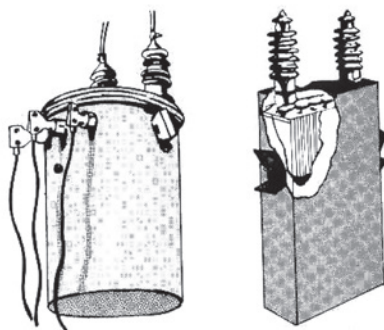


Figura 22: Esquema de un Capacitor

Esto se puede hacer usando una pipeta sólo una vez. Luego de esta operación el capacitor es inservible y como está dañado, debe ser almacenado en contenedores apropiados (ej.: en un tambor de acero aprobado por las NU). Es por eso por lo que se aconseja sacar muestras sólo de los capacitores que ya están fuera de servicio. Si hay una serie de los mismos capacitores, es suficiente sacar una muestra de dos equipos de la serie.

Preferentemente una mezcla de muestras de los dos capacitores con el número de serie más bajo y/o el más bajo y el más alto número de serie deberían ser analizadas. Los procedimientos específicos dependen del presupuesto disponible y posibles sospechas y conocimiento del equipo.

Se debe tener precaución si el análisis revela la presencia de PCB, aún si es una ligera contaminación. Dicha contaminación pudo haber sido causada durante la fabricación, por ejemplo, al usar las mismas bombas para aceite mineral y aceite PCB. En tales casos, todos los capacitores de una serie deben ser analíticamente testeados.

#### *Equipo de Protección Personal (EPP)*

El EPP para estas actividades consiste en guantes y gafas protectoras. La protección para la respiración no es necesaria cuando se toman muestras simples. Si se toman varias muestras en intervalos cortos se recomienda usar una ligera protección respiratoria (ver capítulo 11.2).

### 3.3.4 Muestreo de transformadores

#### *Contenedor de Muestra*

Si solo se va a analizar el contenido de PCB del aceite in situ, pueden usarse frascos de vidrio ámbar de 30 a 50 mL. Si el resultado es positivo, la misma muestra debe ser sometida a análisis cromatográfico para confirmar y determinar la concentración de al menos cuatro Arocloros (1242, 1248, 1254 y 1260). Si el análisis se realiza en otro lugar, las muestras deben ser transportadas protegidas y herméticamente cerradas para evitar derrames.

#### *Precauciones de Seguridad*

Para prevenir que la piel entre en contacto con los PCB, se deben usar guantes de protección desechables. Los ojos deben protegerse contra posibles salpicaduras de aceite usando gafas de protección (ver capítulo 11.2).

### *Posición de Muestreo*

La muestra puede ser sacada usando la llave o canilla de drenaje, que normalmente está ubicada en la parte inferior del transformador. Si un transformador ha sido desconectado de la electricidad por más de 72 horas, la muestra debería ser tomada de la parte inferior ya que el PCB se hunde al nivel más bajo debido a su densidad más alta.

Alternativamente, los transformadores pueden ser muestreados a través de la tapa de llenado del aceite usando un tubo de mano (considerar: se debe usar un nuevo tubo de mano para cada transformador). Las muestras de aceites del tanque de expansión no siempre pueden ser consideradas como representativas, porque el aceite no circula y por lo tanto no está realmente mezclada.

Usualmente los transformadores son muestreados cuando están en uso y por lo tanto cuando ellos están "vivos" (muestreo en caliente). Las medidas apropiadas de protección y las regulaciones de seguridad deben ser conocidas y aplicadas en cualquier momento. El muestreo está solamente permitido en presencia de un profesional local debidamente entrenado.

### *Tamaño de la muestra para el análisis*

Si un inventario de PCB demanda un análisis del fluido refrigerante, el poseedor tiene la posibilidad de testear la calidad del aceite al mismo tiempo. Esto depende de la antigüedad y la condición del equipo. Tal medida de mantenimiento preventivo permite una evaluación de la condición técnica del transformador y por ende ayuda a prevenir posibles daños o fallas.

Los análisis de calidad del aceite deben ser hechos solamente después de obtener un resultado negativo de PCB, de lo contrario el equipo del laboratorio será contaminado con PCB.

### *Pasos para el muestreo de transformadores*

Cuando se hace un muestreo de un transformador se deben seguir los siguientes pasos:

- Seguir los procedimientos e instrucciones de seguridad del sitio respectivo,
- Hacer el muestreo solo en conjunto con el profesional responsable local que debe verificar las medidas de seguridad eléctrica y un encargado de verificar las medidas de protección ambiental,
- Preparar el equipo de muestreo con personal capacitado (mínimo dos técnicos),
- Colocar una bandeja de goteo debajo de la llave de drenaje,
- Drenar la cantidad requerida de aceite dentro del frasco de muestreo, la cantidad dependerá de lo que se intenta analizar, y
- Ajustar cuidadosamente la tapa.
- Luego adherir una etiqueta tanto en el frasco de muestreo como en el transformador con el mismo número de serie que se encuentra en la placa. La placa usualmente contiene la siguiente información:
  - Sitio (Subestación)
  - Fabricante del transformador
  - Potencia (kVA)
  - Número de Serie
  - Año de fabricación
  - Fecha de muestreo
  - Nombre de la persona a cargo del muestreo
- Adicionalmente uno puede usar la misma etiqueta también para el informe y –si es aplicable– para los frascos de muestra para el análisis de detección (screening) o análisis de laboratorio.

El procedimiento de muestreo de aceite puede ser hecho como se visualiza en las siguientes imágenes:



Figura 23:  
Ubicar la bandeja de  
goteo debajo de la llave  
de drenaje

Figura 24:  
Llave de drenaje abierta



Figura 25:  
Sacar la muestra

Figura 26:  
Fijar una etiqueta que la  
muestra ha sido extraída



Si también se va a verificar la calidad del aceite, deben considerarse los siguientes pasos adicionales:



- Muestreo vía llave de drenaje: Drenar de 1 a 2 litros de aceite para limpiar el drenaje de partículas que se pueden haber acumulado en esa área,
- Cantidad de aceite requerido: 0,5 a 1 litro,
- Dejar en reposo el aceite por 24 horas, de manera a permitir que las impurezas y el agua se asienten,
- Sacar la muestra de aceite de la tercera parte superior del frasco para el análisis usando una pipeta, y
- Devolver la cantidad previamente drenada de 1 a 2 litros de aceite al transformador.

Todos los residuos deben ser eliminados de una manera segura para el medio ambiente, considerar que el método de disposición o eliminación siempre depende de los resultados del análisis y también puede estar en función del costo.

### 3.3.5 Muestreo en concreto y paredes de ladrillo en centrales con transformadores

En centrales con transformadores a menudo ocurren fugas o derrames durante su operación o mientras se hace el trabajo de mantenimiento en el sitio. Aunque hoy en día, podría haber un transformador en servicio libre de PCB, es posible que en tiempos pasados una unidad conteniendo PCB haya estado en operación. Es por eso, si hay una sospecha o en caso de incidentes, el muestreo de los escombros de construcción posiblemente sea necesario.



Figura 27:  
Detalle del piso de una  
planta de tratamiento de  
aceite



Figura 28:  
Derrame de un  
transformador sobre una  
pila de concreto

Se puede usar un taladro sin cable para sacar muestras. Taladros (mechas) con un diámetro de entre 20 mm y 22 mm pueden ser usados para hacer los hoyos en las áreas que se sospecha tengan PCB. El polvo del concreto recogido luego de taladrar conforma la muestra para el análisis.

### *Precauciones de Seguridad*

El procedimiento de taladrar produce polvo que debe ser considerado como contaminado. Consecuentemente, las precauciones de seguridad durante el muestreo deben ser seguidas estrictamente y es esencial usar:

- Guantes de cuero y/o de nitrilo,
- Gafas de protección,
- Máscaras de respiración con un filtro para vapores y polvos orgánicos,
- Protección para los oídos mientras se taladra.

Si las muestras son tomadas de una pared de ladrillo, se debe evitar la contaminación cruzada siguiendo ciertos pasos, tales como, cubriendo el piso con una manta de plástico o alfombra industrial. Estos materiales tienen que disponerse también como residuos peligrosos.

*Definiendo la extensión del área que se sospecha como contaminada*

Cuando se tiene una pérdida, el primer paso es una inspección visual del sitio. En la mayoría de los casos, las partes con aceite pueden distinguirse visualmente. La extensión de la contaminación debe ser investigada y se debe rastrear la fuente del derrame.

Estas primeras impresiones deben ser verificadas por medio de muestras bien elegidas. La primera muestra será tomada de un centro estimado, para determinar si el derrame contiene PCB. Si la primera muestra indica que el PCB está presente, las próximas muestras serán tomadas en orden para delinear el área contaminada. No sólo es importante el tamaño de la contaminación en superficie, pero es además esencial conocer la profundidad de la penetración dentro del material.

El límite permitido de concentración de PCB para ser considerada como contaminada está definido en la legislación vigente de Paraguay (actualmente: Aceite – menos de 50 mg/kg, Suelos – Agrícola 0,5 mg/kg, Residencial 5 mg/kg, Industrial 25 mg/kg) por lo tanto, todas las muestras que indiquen por debajo de los máximos límites permitidos pueden ser consideradas como libres de PCB.

Una estrategia para ahorrar costos es delinear el área contaminada con un pequeño número de muestras. Esto puede realizarse de varias maneras. La estrategia apropiada será determinada por la situación específica. La estrategia elegida puede ser adaptada u optimizada considerando los resultados de un análisis in situ de las muestras. Si se presume que un área relativamente grande está libre de PCB, hay una forma de reducir los gastos de muestreo recogiendo muestras mezcladas para verificarlo. En vez de tomar un número de muestras "individuales" y analizarlas por separado, una muestra con una mezcla igual de varios sitios de muestreo puede ser analizada de una sola vez. Si el resultado demuestra que está por debajo del límite de permitido, se puede asumir que todos los sitios están libres de PCB. Si el resultado muestra una contaminación por encima del límite máximo permitido, la fuente de la contaminación debe ser localizada para tomar muestras individuales posteriores.

Figura 29:  
Estrategia Propuesta – Horizontalmente

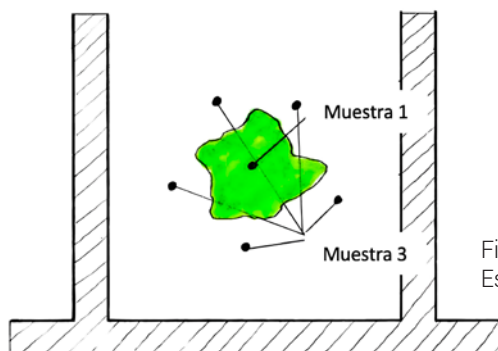
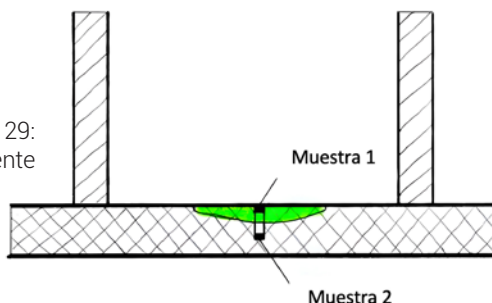


Figura 30:  
Estrategia Propuesta - Verticalmente

Si la extensión de la contaminación no es visible en el sitio, se debe aplicar una estrategia específica para el problema. El área, donde la contaminación no pueda ser excluida, podría ser sub-dividida dentro de una grilla en partes iguales con una recolección de muestra (mezclada) en cada campo.

Después de preparar la estrategia de muestreo y de considerar las precauciones de seguridad antes mencionadas, la perforación puede ser ejecutada. El registro del muestreo debe ser llenado correctamente y los contenedores de las muestras deben ser marcados adecuadamente.

Antes de perforar, el taladro o broca debe ser limpiado, por ejemplo, con acetona industrial o solvente orgánico, de manera a prevenir cualquier contaminación de perforaciones anteriores.

Para propósitos de análisis de campo, 10 gramos de polvo de concreto o de ladrillo son necesarios para el descarte de PCB, por lo tanto es aconsejable tomar más de manera que los resultados puedan ser doblemente

chequeados o verificados por Cromatografía Gaseosa (CG), en total puede ser entre 20 gramos a 25 gramos. Recuerde que tiene que considerarse que la contaminación varía con la profundidad del agujero taladrado.

Es por eso aconsejable taladrar no más de 1.5 cm. en una muestra. Si la cantidad necesaria de polvo no puede ser obtenida de este hoyo, se recomienda taladrar otro agujero justo cerca del anterior, en vez de taladrar más profundo.

El polvo obtenido por el taladro puede ser recogido usando una cuchara de poliéster (Figura 31) y ponerlo dentro del contenedor de muestra. Después del muestreo, cualquier resto de polvo tiene que ser recolectado con un cepillo y un plato de báscula y disponer todo como residuo peligroso.

Figura 31:  
Muestreo de  
Concreto



Figura 13:  
Rótulo en capacitor  
Siemens (SIN PCB)

Cuando se hace un muestreo de una pared de ladrillo la asistencia de otra persona es necesaria para recolectar el polvo resultante del taladro con un plato apropiado.

Lo más importante es hacer un informe apropiado en relación con todos los detalles del muestreo de manera a permitir al laboratorio a llegar a conclusiones firmes.

### *Muestreo a profundidad*

Dependiendo de la estrategia elegida para definir la extensión de la contaminación, los límites de la contaminación en profundidad tienen que ser verificados tomando muestras.

Seguidamente se da una explicación de los procedimientos para un muestreo a profundidad considerando una penetración de contaminación de 10 cm:

- Primero: cubrir el área en evaluación con un paño o trapo para aceite (aprox. 30 x 30 cm, con un hoyo en el medio del tamaño de broca del taladro).
- Segundo: taladrar un agujero con una profundidad de 10 cm, recolectar el polvo y limpiar el agujero.
- Luego retirar el paño para aceite y disponer juntamente con el polvo como residuo peligroso.
- Cubrir el lugar con un nuevo paño para aceite como fuera descrito previamente y colocar una etiqueta engomada sobre el hoyo para hacer la recolección de polvo más fácil. Continuar con el taladrado en el agujero hasta la profundidad requerida para la muestra. El polvo recolectado no debe estar en contacto con la superficie contaminada o la muestra se mezclaría e indicaría resultados erróneos.
- Finalmente, el paño para aceite debe ser removido y dispuesto como residuo peligroso.

### 3.3.6 Muestreo de suelo

El objetivo de un muestreo de suelo es el de registrar una contaminación tan confiable como sea posible. Por consiguiente, una planificación

y muestreo apropiados, así como un registro del procedimiento son de gran importancia. Hay métodos disponibles en relación con el monitoreo de sitios contaminados, usualmente incluyen el pre-tratamiento de muestras. Sin embargo, este manual se refiere sólo al tema del PCB y por lo tanto los procedimientos pueden no ser completamente iguales con los procedimientos para el muestreo de contaminantes orgánicos e inorgánicos.

Se debería considerar también que, opuesto a los procedimientos de laboratorio, no hay estándares disponibles para la planificación y el muestreo, simplemente porque las circunstancias y los problemas que se enfrentan son múltiples.

El primer paso en el muestreo de suelo es obviamente una investigación preliminar cuando hay sospecha de contaminación. Puede ser de gran utilidad el tener algunas entrevistas a largo plazo con los empleados que sepan acerca de la historia del sitio, así como también de los incidentes. Los resultados de la investigación preliminar pueden ser usados también para definir la necesidad de los Equipos de Protección Personal (EPP) para la actividad de muestreo. También, en caso de contaminación desconocida se recomienda usar durante las actividades de muestreo:

- Guantes desechables (Nitrilo o Vinilo), y
- Botas de trabajo que sólo serán usadas para este tipo de trabajo.

Si un sitio está altamente contaminado, el uso de lo siguiente es recomendable:

- Máscara respiratoria con un filtro para vapores y polvo orgánicos,
- Mameluco o "Tyvek", y
- Botas Wellington (botas impermeables de jebe).

La definición de la extensión del área contaminada opera bajo los mismos principios que con el muestreo de concreto y paredes de ladrillo (ver capítulo previo). Sin embargo, en caso de muestreo de suelo, debería haber un conocimiento del suelo (ver figura 33).

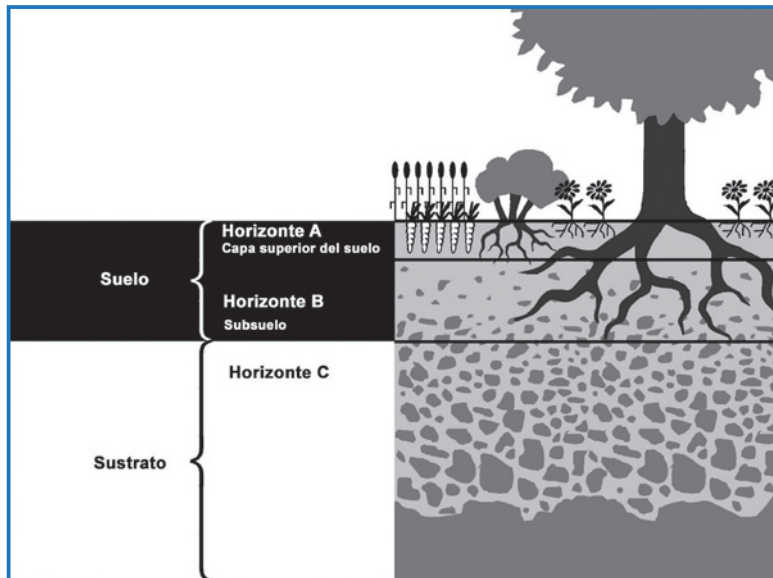


Figura 33: Establecimiento de los diferentes horizontes bajo tierra

Las áreas sospechosas de estar contaminadas son sitios donde están o fueron instalados o depositados transformadores conteniendo PCB, o transformadores contaminados y/o capacitores conteniendo PCB. En algunos casos, son visibles las manchas de aceite resultantes de pérdidas o fugas o almacenaje inapropiado. El suelo o la superficie de empedrado en tales áreas necesitan una atención especial. Puede además ocurrir que el equipo que contenga PCB fue enterrado bajo la superficie del suelo.



Figura 34:  
Típica área de depósito  
de aceite con pérdidas  
o fugas





Figura 35: Lugar con sospecha de suelo contaminado

Si no hay manchas visibles en las áreas mencionadas, el suelo debería ser muestreado tomando muestras mezcladas de la superficie y más abajo. Al igual que se mencionó en la sección 3.3.5, también debería prepararse una estrategia para delinear el área contaminada.

Es de extrema importancia que las muestras mezcladas sean representativas y sean tomadas TODAS del mismo nivel en un área designada y reconocible. Las muestras de la superficie pueden ser tomadas con una cuchara limpia de polyester o pala pequeña. Después de la actividad, el equipo de muestreo debe ser limpiado con solventes (acetona industrial o solventes orgánicos) de manera a prevenir cualquier posibilidad de contaminación cruzada.

También es importante generar un registro de muestreo y tomar fotos. El registro de muestreo tiene que ser llenado correctamente y el contenedor de la muestra tiene que ser marcado apropiadamente. Frascos de vidrio o contenedores de plástico PE-HD son usados como fuera explicado previamente.

Las piedras grandes no son apropiadas para un análisis ya que la solución de extracción para extraer el PCB para el análisis no penetra profundamente en la piedra. Se debería elegir material con piedra partida (piedras más pequeñas), suelo o arena.

Figura 36:  
Muestreo en  
profundidad  
(hoyo o zanja de  
excavación)



Figura 37:  
Muestreo de  
Superficie

En ciertos casos, es aconsejable trabajar con hoyos o zanjas de excavación. Esto podría proveer de información útil tales como contaminación olfativa o visual. Obviamente, es de suma importancia tener claro antes de la excavación si hay cables o cañerías bajo la superficie.

En caso de muestras mezcladas o compuestas, será importante seguir ciertos procedimientos estándares para minimizar el volumen de muestras ya que probablemente no sea posible transportar muchas muestras al laboratorio. Es por eso por lo que se aconseja usar el procedimiento de cono o cuartos para obtener muestras representativas en porciones transportables.

Usualmente tales muestras contienen 10 kg, pero esto posiblemente sea todavía demasiado para transportarlas largas distancias hasta los

laboratorios y por tanto el procedimiento de separación debe ser aplicado repetidamente hasta que se obtenga la cantidad requerida por el laboratorio. (ej.: 1000 g).

En cualquier caso, la contaminación cruzada debe evitarse. Después de usar la cuchara y todos los otros instrumentos que estuvieron en contacto directo con el suelo, tienen que ser limpiados con acetona, solventes orgánicos o dispuestos como residuos tóxicos.

### 3.4 Detección y análisis de PCB

#### 3.4.1 Detección y análisis de laboratorio

El análisis de PCB puede ser dividido en dos categorías: métodos específicos y no-específicos. Los métodos específicos incluyen Cromatografía Gaseosa (CG) el cual analiza moléculas particulares de PCB, mientras que los métodos no específicos identifican clases de componentes tales como Hidrocarburos Clorados, al cual los PCB pertenecen. Los métodos no específicos incluyen testeos de detección o descarte de PCB con determinación colorimétrica (cualitativa) o mediante medición electroquímica (cuantitativa).

En general los métodos específicos para PCB son más exactos que los métodos no específicos, pero son más costosos, lleva más tiempo hacerlos, se necesita un equipo calificado de gente, y ellos no pueden ser realizados en el sitio.

El análisis cromatográfico se deberá realizar a todas las muestras que en el descarte de PCB haya dado resultado positivo, para ello se utilizará la misma muestra que se utilizó en la prueba de descarte (para esto se deberá utilizar frascos de vidrio para evitar interferencias en este proceso). La finalidad de este análisis es de confirmar el resultado del descarte y determinar que no se trate de un falso positivo y principalmente para conocer la concentración de PCB que se encuentra en la matriz.

Para este análisis se usarán las versiones actualizadas de las normas ASTM D4059-00-2005 y ASTM D6160-98; y deberá ser realizado por un laboratorio que tenga el método de ensayo para PCB acreditado.

Con este procedimiento se determinará la concentración de PCB como Arocloros en la matriz (aceite dieléctrico, suelos, agua o superficies no porosas) utilizando columnas capilares tubulares abiertas con detectores por captura de electrones determinando la presencia y cuantificación de la concentración de al menos los siguientes Arocloros y la suma total de PCB en la muestra ya que una gran mayoría de PCB fueron elaborados utilizando estos Arocloros como los aceites dieléctricos con Askarel que fueron de varios tipos (A, B, C, D etc.) que contenían hasta 60% de Aroclor 1260, 70% del Aroclor 1254 y 100% de Aroclor 1242 o el Pyranol con 60% de Aroclor 1260, Interteen con 70% de Aroclor 1254 (Crime, 1988) como también los aceites dieléctricos Clophen que contenía los Arocloros 1242, 1248, 1254 y 1260 (fabricado por Bayer, GFR), Phenoclor que contenía los Arocloros 1242, 1254 y 1260 (fabricado por Caffaro, Italia), Fenclor que contenía los Arocloros 1242, 1254 y 1260 (fabricado por Prodelec, Francia) (Erickson, 1986).

**TABLA 6:**

**AROCLORES QUE DEBEN REPORTARSE COMO RESULTADO DEL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE PCB**

| Componente   | Nº de Registro CAS |
|--------------|--------------------|
| Aroclor 1242 | 53469-21-9         |
| Aroclor 1248 | 12672-29-6         |
| Aroclor 1254 | 11097-69-1         |
| Aroclor 1260 | 11096-82-5         |

### 3.4.2 Pruebas de campo de detección o descarte de PCB

#### *Equipo de prueba de detección de Cloro*

Hay una variedad de diferentes marcas de equipos de prueba de detección de cloro disponibles tanto para muestras de aceite dieléctrico como para suelos o agua. Es por eso por lo que este Manual se refiere solamente a estos métodos de prueba.

Las pruebas de PCB con determinación colorimétrica se basan en el mismo principio: los átomos de Cloro son químicamente separados del PCB, la concentración total de Cloro se determina e indica por una reacción colorimétrica. Tres diferentes niveles de prueba están disponibles - 20 ppm, 50 ppm y 500 ppm. Para estos casos los kits están calibrados al Aroclor 1242 para evaluar de la forma más conservadora.

Cada equipo es usado en la misma forma, el punto final de cada uno ha sido ajustado de manera a que cambia el color al nivel requerido. El equipo del tipo de prueba de "VA / NO VA", donde el resultado es o positivo o negativo.

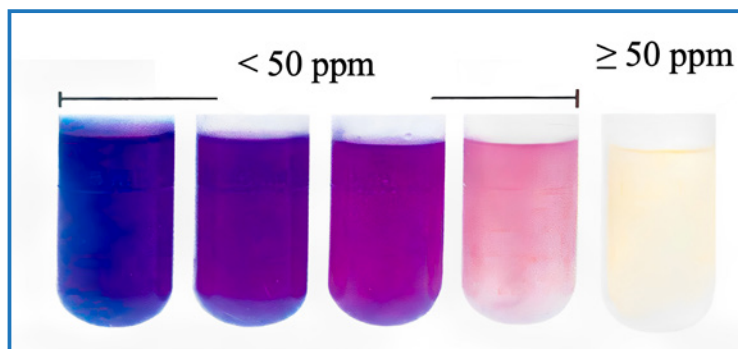


Figura 38: Resultados cualitativos (negativos y positivo)

#### *Detección instrumental o por medición electroquímica de concentración de Cloro*

Las detecciones instrumentales de la concentración de Cloro son métodos que utilizan instrumentos o analizadores para determinar la concentración de Cloro en las muestras. El analizador de PCB con medición electroquímica se basa en el mismo principio como los kits descartable de PCB. Sin embargo, en lugar de una reacción colorimétrica, el analizador de PCB con medición electroquímica usa un electrodo específico de ión para cuantificar la concentración de Cloro y mediante un cálculo interno podemos tener la concentración para el Aroclor que deseamos tener. En los casos de desconocer el Aroclor se optará por calibrar el equipo al Aroclor 1242. El rango de medida usado para aceite y suelo es de 2 a 2000 ppm y 10 ppm a 2000 ppm para agua.

Figura 39:  
Detección con el  
L2000 por  
el PNI en Paraguay



Figura 40:  
L2000DX PCB /  
Analizador de Cloro

**TABLA 7: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE PRUEBAS DE DETECCIÓN DE CAMPO**

| Ventajas                                                                                                                     | Desventajas                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Tiempo: En minutos se conoce si la muestra contiene $\geq 0 < \text{de } 20/50/100 \text{ ppm PCB}$                        | - Puede proporcionar resultados falso-positivos (pero nunca falso-negativo si es utilizado correctamente) |
| - Fácil de usar: Las pruebas siguen un procedimiento simple que puede ser hecho por cualquiera en el campo o el laboratorio. | - No puede identificarse el Aroclor específico de PCB                                                     |
| - No es costoso: una determinación de PCB por equipos de prueba es menos costoso que un análisis en el laboratorio.          |                                                                                                           |
| - Económico: no será necesario analizar muchas muestras por CG.                                                              |                                                                                                           |
| - No se requiere personal especializado                                                                                      |                                                                                                           |
| - Mejor manejo y selección de muestras en campo                                                                              |                                                                                                           |
| - No se requiere de infraestructura especial, se puede aplicar en campo                                                      |                                                                                                           |

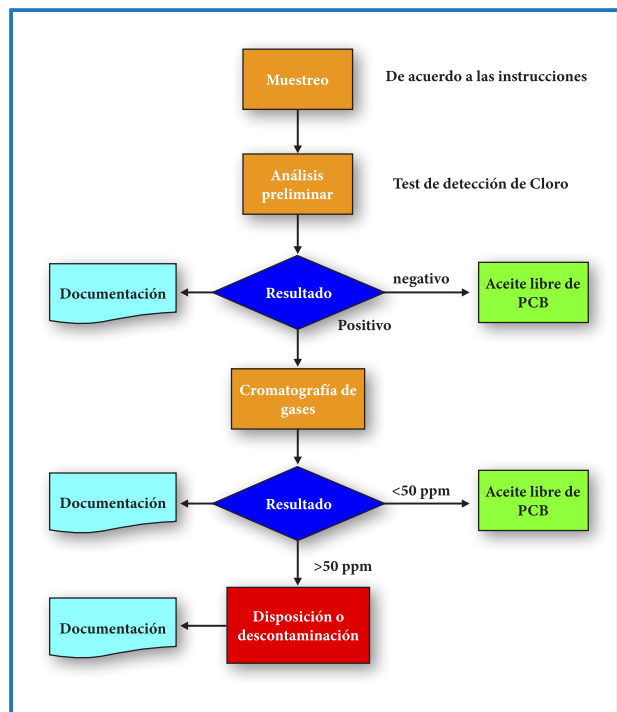
### 3.4.3 Procedimientos de descarte

Para ahorrar los costos del análisis y tiempo se aconseja usar pruebas de detección cuando sea aplicable. Sin embargo, se debe considerar que estos métodos testean o detectan la presencia de Cloro en la muestra que está siendo examinada. Como resultado, otros compuestos clorados, que pueden ser parte de la muestra, pueden causar resultados falsos positivos porque el método de análisis asume que todos los compuestos clorados son PCB. Los resultados falso-negativos no son posibles ya que, si no hay presencia de Cloro, los PCB no pueden estar presentes tampoco.

Por tanto, si una prueba de detección muestra un resultado negativo (PCB por debajo de 50 ppm), este debe ser verdadero, entonces no es necesario hacer una verificación por otro método.

Si un equipo de prueba muestra un resultado positivo de detección (PCB  $\geq 50$  ppm) siempre es necesaria una verificación por Cromatografía Gaseosa.

Figura 41:  
Procedimiento  
de detección





Si los resultados de un análisis de CG muestran un resultado significativamente más bajo que el de las pruebas de detección (screening) no hay razón para alarmarse. Las pruebas están estandarizadas por Aroclor 1242 con contenido de cloro de 42%. Los análisis con muestras de PCB con más alto grado de clorinación (ej.: Aroclor 1260 con contenido de Cloro de 60%) por consiguiente muestran un resultado con mayor nivel que el contenido verdadero de PCB. Entonces las pruebas de detección siempre están del lado seguro.

A pesar de que los resultados falso-positivos obtenidos de las pruebas de detección pueden causar un testeo secundario innecesario. Los métodos no específicos pueden ser muy económicos cuando son usados en muestras tales como aceite de transformadores, en los cuales pocas fuentes de Cloro que no sean PCB existen. Sin embargo, los aceites del cárter y de corte siempre contienen alguna parafina clorada y casi todas las pruebas no específicas producen resultados falso-positivos. Para estos aceites con contenido de cloro es aconsejable realizar el análisis en laboratorio para confirmar los resultados de detección de PCB.

### 3.4.4 Análisis por Cromatografía Gaseosa (CG)

La Cromatografía Gaseosa separa los componentes de una mezcla y permite a un detector de captura de electrón que detecte cualquier compuesto que contenga Cloro, incluyendo los PCB. Debido a su tiempo de retención único, los PCB pueden usualmente ser separados individualmente de otros compuestos clorados usando esta técnica. Si los compuestos clorados muy relacionados están presentes en la muestra, entonces un detector de espectrometría de masa puede "sacar las huellas" de los PCB y confirmar su identidad.

**TABLA 8: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CROMATOGRFÍA GASEOSA**

| Ventaja                                  | Desventaja                                   |
|------------------------------------------|----------------------------------------------|
| - Resultado Exacto                       | - Relativamente alto costo                   |
| - Identificación posible del tipo de PCB | - Largo tiempo de espera para los resultados |
|                                          | - Se requiere una infraestructura especial   |
|                                          | - Se requiere de personal especializado      |



Figura 42:  
Análisis por CG en el  
Laboratorio de ETI

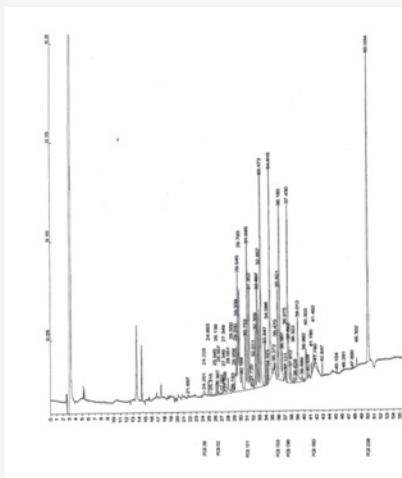


Figura 43:  
Huella digital del Aroclor 1254

### 3.5 Banco o base de datos del PNI

La información obtenida sobre equipos conteniendo PCB y sus propietarios, debe ser compilada en el curso del Inventario nacional, y registrada en un banco o base de datos administrado por las autoridades y rellenado por las empresas.

- La base de datos es una herramienta ideal para estimar la cantidad total de PCB en Paraguay.
- La información que cada empresa tenga, le permitirá planificar la eliminación de los PCB en sus equipos y realizar una adecuada gestión tanto de los equipos en uso contaminados con PCB como de los equipos en condición de residuos.

- Esta información es esencial en relación con las propuestas de posible planificación de proyectos o instalaciones para la planta de descontaminación o eliminación de PCB en el país.
- El banco de datos permite a las autoridades controlar al equipo de PCB en relación con el tiempo límite para la eliminación, y
- Como están registradas todas las direcciones de los propietarios de los equipos conteniendo PCB, el banco de datos puede además ser usado si las autoridades tienen que mandar correspondencia a los propietarios.

The screenshot shows a software window titled "Capacitor data". It contains a form with various input fields and buttons. The fields are organized as follows:

- Top section:** "Enter item to edit: (ID or name)" with a text box containing "10064" and a button "F4". To the right, "Name:" with a text box containing "AERODROM 37 NO 1071" and a button "F4".
- Below top section:** "Belongs to Station: (ID or name)" with a text box containing "00064" and a button "F4". To the right, "Name:" with a text box containing "AERODROM 37 NO 1071" and a button "F4", and a button "Edit stations...".
- Below that:** "Belongs to Branch: (ID or name)" with a text box containing "01" and a button "F4". To the right, "Name:" with a text box containing "SKORJE" and a button "F4", and a button "Edit branches...".
- Change Item ID:** A text box containing "10064" and a button "F4".
- Surrounding code:** A text box.
- New Item Name:** A text box containing "AERODROM 37 NO 1071".
- Type:** A text box containing "TKU-33.3" and a button "F4". To the right, a button "Edit types...".
- Manufacturer:** A text box containing "MINEL-BELGRAD" and a button "F4". To the right, a button "Edit manufacturers...".
- Country of origin:** A text box containing "SRBUA" and a button "F4".
- Serial number:** A text box containing "28906".
- Year of manufacture:** A text box containing "1991" and a button "F4".
- Voltage:** A text box containing "400" and a button "F4". To the right, a button "Edit voltages...".
- Capacity (kVA):** A text box containing "33.3" and a button "F4". To the right, a button "Edit capacities...".
- Total weight including oil (kg):** A text box containing "35.00".
- Width (mm):** A text box containing "429.00".
- Length (mm):** A text box containing "120.00".
- Height (mm):** A text box containing "515.00".
- Status of operation:** A group of checkboxes: "Empty - In use" (checked), "Empty - Not in use", "Condition / shape: Empty - Good" (checked), "Empty - Bad", "Leakage: Empty - No" (checked), "Empty - Leaks", "Label: Empty - Exists" (checked), "Empty - Not Exists".
- Photo date:** A text box containing "29.06.2004" and a button "F4". To the right, a button "Pictures...".
- Photo time:** A text box containing "12:40" and a button "F4". To the right, a button "Pictures...".
- DeadLine:** A text box.
- Remark:** A text box.
- Bottom right:** Two buttons: "Save" (with a green checkmark icon) and "Cancel" (with a red X icon).

Figura 44: Ejemplo de formulario de ingreso de datos del banco de datos

El formulario de ingreso de datos para la base de datos debería coincidir con el formulario del Inventario. Toda información del formulario debería ser registrada en la base de datos. La extensión de la información a ser declarada por las personas involucradas en el formulario del Inventario debe considerar; información general sobre la propiedad, los detalles del equipo y además la información que podría ser esencial en relación con la futura eliminación y la gestión ambiental que se deba realizar hasta el 2028. Dependiendo del criterio para las fechas límites (ver además capítulo 4.3) la siguiente información debería ser considerada:

- ¿Está o no está en uso el equipo?
- ¿Es la concentración de PCB  $\geq 50$  mg/kg (ppm)?
- ¿Es buena o mala la condición técnica del equipo? y
- ¿Está el equipo ubicado cerca de lugares de alto riesgo (ej.; hospitales, centros médicos, industrias alimenticias, servicios de agua y sanitarios, edificios altamente frecuentados, entre otros)?

Idealmente el criterio arriba mencionado está relacionado a una función de investigación o de resultado en la base de datos, la cual permite al usuario controlar y monitorear cada pieza del equipo que tiene que ser eliminado a cierto tiempo límite. Las autoridades deben incluir en el formulario toda la información necesaria para tener un inventario nacional actualizado periódicamente, así como para realizar las acciones de vigilancia y control ambiental que les permita conocer el avance que vienen realizando las empresas en la eliminación de los PCB que poseen. Asimismo, cada país Parte del Convenio de Estocolmo está obligado a informar a la Conferencia de las Partes (COP) cada cinco años sobre el progreso en la eliminación de PCB. Por eso una función del banco de datos debería ser permitir el registro de todos los equipos eliminados en cierto período de tiempo.

Un banco de datos de PCB no debería ser considerado solo como una vía de almacenaje de toda la información recogida, sino además como un instrumento que deberá ser actualizado, evaluado y adaptado, hasta que el último equipo sea eliminado en un cierto período de tiempo.

## 3.6 Etiquetado del equipo

### 3.6.1 Etiqueta para equipos que contengan PCB de acuerdo con la concentración de PCB que presente (menos de 0,05%)

En base al Convenio de Estocolmo, todo equipo que contiene PCB debe ser etiquetado mostrando su condición respecto a la concentración de PCB que presenta. Esta etiqueta debe recoger la información de los resultados de descarte o análisis a que fue sometido el equipo en cuestión.

Este etiquetado es válido en tanto el equipo no haya sido sometido a intervención o mantenimiento que comprometa la posibilidad de contaminación cruzada del equipo. Cuando un equipo es sometido a mantenimiento con apertura de cuba, cambio de aceite o rellenado con aceite, el equipo debe ser sometido a un descarte de PCB o análisis cromatográfico reemplazando la etiqueta con el nuevo resultado.

Los poseedores de existencias (equipos que pueden ser, contener o estar contaminado con PCB) se deben etiquetar con las consideraciones descritas en este acápite cuando se trate de:

- a) Existencias libres de PCB
- b) Existencias con concentraciones debajo de 50 ppm (cuando son sometidos a descarte con determinación colorimétrica).
- c) Existencias con la concentración que resulte del análisis con medición electroquímica (en este caso los que resulten 50 ppm o más deben ser sometidos CG para su confirmación y descartar falsos positivos).
- d) Existencia con concentraciones mayores al límite permitido de PCB ( $\geq 50$  ppm), mostrando la concentración como resultado de su análisis confirmatorio por CG.

Adicionalmente se debe considerar que la etiqueta que se debe colocar en los equipos que contengan PCB en volúmenes que excedan 5 L, debe tener una altura mínima de por lo menos 23 cm y un ancho de 17 cm y debe estar dividida en dos partes de la cual la parte superior (8 cm de alto). En ambas partes la indicación requerida debe estar escrita en color negro.

Adicionalmente se debe etiquetar como “sospechosos” a aquellos equipos que por sus características técnicas no se puede extraer muestra hasta su desmantelamiento al final de su vida útil (por ejemplo, condensadores o capacitores).

### 3.6.2 Etiqueta de fácil reconocimiento para un equipo que contiene PCB

Las etiquetas que se coloquen en los equipos deben ser suficientemente identificables legibles y de material que soporte las inclemencias y cambio de del clima, así como suficientemente indelebles para que perduren por largo tiempo.

### 3.7 Monitoreo del sitio

El objetivo de monitoreo del sitio es identificar todos los materiales que podrían haber sido contaminados por el equipo que contenía PCB durante su ciclo de vida como resultado de filtrados, prácticas inadecuadas de trabajo, derrames, mal almacenaje o incidentes. Los lugares que investigar incluyen pisos de concreto o de piedra partida bajo el equipo que anteriormente contenía PCB, pisos de concreto en talleres y sitios de almacenaje, suelos en el área de incidentes anteriores o lugares de residuos.

El monitoreo del sitio que cubre el área completa en el área de influencia directa puede ser considerado como el último paso después de la disposición o descontaminación de todo el equipamiento que contenga PCB en la empresa. Sin embargo, es también recomendable efectuar un monitoreo del sitio en menor escala después de la disposición o descontaminación de una pieza simple del equipo. En este caso, el monitoreo cubriría solamente el área del equipo en cuestión. Los niveles de concentración deberán ser cotejados con los límites máximos permitidos vigentes que a la fecha y dependiendo del uso del suelo son:

- Zona agrícola: 0.5 mg/kg (ppm)
- Zona residencial: 5 mg/kg (ppm)
- Zona industrial: 25 mg/kg (ppm)

#### 3.7.1 Registro de áreas con posible contaminación de PCB

En un registro de áreas contaminadas con PCB debe incluir todos los lugares donde el PCB o equipos conteniendo PCB fueron usados, reparados o almacenados y por lo tanto son considerados como potencialmente contaminados. También se debe investigar, en que localidades o circunstancias el PCB ha sido utilizado en el pasado, incluyendo los archivos de la compañía sobre flujo de material o documentos de equipos antiguos, esta puede ser una fuente útil de información.

Vale la pena también entrevistar a los empleados de la compañía quienes están o estuvieron a cargo de la adquisición o mantenimiento de equipos con potencial contenido de PCB. Las entrevistas deberían cubrir los tipos de equipos comprados, prácticas de mantenimiento, posibles rellenados, tambores almacenados con PCB en pilas, lugares de almacenamiento y talleres,

e incidentes. La información obtenida debe ser chequeada visualmente para confirmar la sospecha del PCB. Los lugares que tienen que ser visitados son:

- Sitios antiguos y actuales donde están los equipos que potencialmente puedan contener PCB (verificar el terreno bajo el equipo especialmente en caso de filtrados),
- Talleres actuales y antiguos,
- Sitios de almacenamiento actuales y antiguos de equipos que potencialmente puedan contener PCB o fluidos aislantes de repuesto,
- Sitios de incidentes (derrames, fallas internas, entre otros), y
- Sitios de residuos.

### 3.7.2 Evaluación del riesgo

Para optimizar los procedimientos posteriores es aconsejable evaluar los riesgos asociados a los sitios que están listados en el ítem anterior. Las preguntas que se deben considerar son:

- ¿Se tiene la seguridad de que hay contaminación por PCB o está actualmente derramándose todavía?
- ¿Hay peligro de que la contaminación llegue a alguna fuente de agua potable (agua subterránea)?
- ¿Es el lugar altamente frecuentado por trabajadores o peatones (área residencial)?
- ¿Es el lugar altamente frecuentado por animales?
- Cantidad: ¿Cuál es el tamaño de la contaminación potencial?
- ¿Podría existir contaminación de alimentos? y
- Almacenamiento: ¿Están los alimentos que se sospecha contienen PCB, almacenados apropiadamente (en tambores o bandejas, localizados, bajo llave) o en forma inexperta (sin una bandeja que lo contenga, al aire libre)?

Los sitios que presentan un riesgo incrementado para los seres humanos o el medio ambiente tienen que ser asignados con una categoría más alta para su acción inmediata.

## Análisis

En el próximo paso, la sospecha concerniente a una posible contaminación de PCB debe ser probada o desechada tomando muestras específicas y analizándolas. Es importante notar que, aunque un visible derrame no contenga PCB es muy posible que sí contenga hidrocarburos u otras sustancias químicas peligrosas, que también pueden representar un riesgo para el medio ambiente, que tendría que ser remediado o tratado.

### 3.7.3 Extensión de la contaminación

Cuando un sitio ha sido confirmado como contaminado con PCB la extensión de la contaminación tiene que ser delineada tomando muestras específicas como se describe en el capítulo 3.3. Además, se necesita clarificar las condiciones que rodean al sitio en términos de accesibilidad a las maquinarias, disponibilidad de agua y energía. En base a la información obtenida se puede preparar la descontaminación del sitio.

El siguiente diagrama de flujo proporciona una idea general de los procedimientos para un monitoreo del lugar.

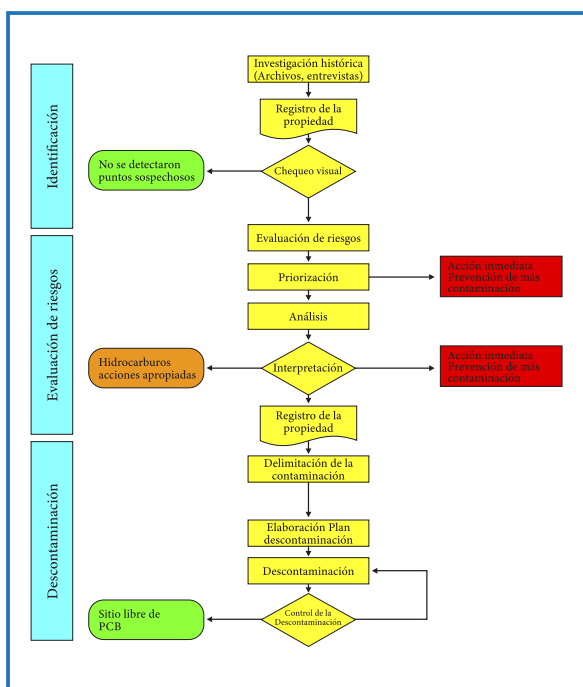


Figura 45:  
Monitoreo del  
Sitio – Procedimientos

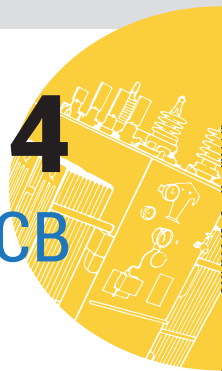






# CAPÍTULO 4

## GESTIÓN DE PCB



### 4.1. Plan de Gestión del PCB

Debido a las propiedades nocivas de los PCB, cada uno de los propietarios de equipos que contengan PCB deberán preparar un Plan de Gestión del PCB. Éste debe cubrir el ciclo completo de vida de dichos productos (Detección, uso, manejo, almacenamiento y eliminación).

Un plan de gestión del PCB debe incluir los siguientes componentes:

#### 4.1.1 Designación de un responsable del PCB

Cada compañía tiene que designar a una persona o representante (o varias personas de acuerdo con el tamaño de la empresa) quien estará a cargo de la implementación de los procedimientos descritos más abajo. En caso de un incidente con PCB, el representante de PCB guiará los procedimientos de emergencia.

#### 4.1.2 Entrenamiento e Instrucción del Equipo de Trabajo

Los miembros del equipo deben ser instruidos periódicamente acerca de los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que poseen estos productos y las medidas de seguridad que están descritas en el capítulo 4.2. Se deben tomar precauciones a fin de prevenir una contaminación de los transformadores libres de PCB (ej.: rellenando con aceite no testeado) y se deberían revisar periódicamente las medidas a tomar en caso de un incidente.

### 4.1.3 Inventario

Todos los equipos en y fuera de uso que puedan contener PCB tienen que ser evaluados (también ver capítulo 3.1 Inventario). Todos los equipos que hayan sido muestreados y pasados por descarte y/o análisis de PCB deben ser correctamente etiquetados como se describe en el capítulo 3.6

#### 4.1.4 Registro de sitios con PCB

Tal como se describió en el punto 3.7.1, es necesario tener un registro de áreas o sitios contaminados con PCB. Los resultados del inventario de áreas o sitios contaminados con PCB pueden ser visualizados en un catastro, el que servirá para la planificación de la remediación o descontaminación de estos sitios con PCB, así como la estimación del costo de estas actividades. Este registro ayudará a tomar decisiones rápidas en caso de un incidente.



Figura 46: Registro de sitios con PCB

#### 4.1.5 Plan de Mantenimiento

El mantenimiento, como está básicamente descrito en el capítulo 5, tiene que planificarse y llevarse a cabo regularmente. Para controlar la frecuencia, se debe mantener un registro que incluya todos los equipos con PCB de la compañía y en el cual, cada actividad de mantenimiento llevada a cabo sea registrada.

#### 4.1.6 Plan de prevención de derrames, control y contingencias (PDCC)

Un plan PDCC tiene que prepararse para prevenir derrames de PCB que afecten el medio ambiente y también para poder actuar adecuadamente ante una situación si esta ocurriera. Más información sobre el plan PCDD se da en el capítulo 4.2.

#### 4.1.7 Plan de Eliminación

El equipo conteniendo PCB y residuos debe ser descontaminado o eliminado solamente por compañías que sean aprobadas para tales tareas por el Ministerio o Secretaría del Ambiente. Debido a que la descontaminación o eliminación de equipos que contengan PCB usualmente implica un gran gasto para una empresa, es aconsejable formular un plan de eliminación, que incluya los datos de la descontaminación o eliminación y reemplazo de cada equipo o instrumento. Además, se puede incluir un planeamiento financiero para los costos de eliminación, así como también para el reemplazo con un nuevo equipo.

### 4.2 Plan de Prevención de Derrames, Control y Contingencias (PDCC)

El Plan PDCC tiene que ser elaborado para eliminar o minimizar el riesgo ambiental potencial de un derrame de PCB, el cual podría por ejemplo resultar de operaciones de una subestación. El Representante de PCB en la compañía estará a cargo de la correcta implementación de los siguientes componentes:

#### 4.2.1 Prevención

Todas las puertas de las salas donde están los equipos conteniendo PCB o residuos localizados o almacenados deben estar claramente identificadas en el exterior. El cartel indicador debe ser grande e informar acerca de la presencia de PCB en la sala. El uso o almacenamiento de transformadores con PCB está prohibido en cualquier ubicación donde los alimentos de consumo humano o productos de alimentos para animales puedan estar expuestos a emisión o liberación de PCB desde los transformadores.

Está prohibido el almacenamiento de materiales inflamables próximo a un equipo que contiene PCB o residuos con PCB. Las mejores prácticas de trabajo que están descritas en el capítulo 5.1 tienen que ser implementadas.

#### 4.2.2 Control

Bajo cada transformador se debe colocar un sistema de retención o contención para prevenir cualquier diseminación de PCB al medio ambiente en caso de un derrame o fuga. La mejor solución es una bandeja de acero, sin embargo, también es aceptable, un muro de concreto o ladrillo alrededor del transformador, el que debe ser de recubierto con pintura epóxica o mejor aún con una geomembrana.

Tanto la bandeja o contenedor deberán tener un volumen de retención por lo menos un 110 % mayor que el volumen del líquido en el transformador. Los equipos de repuesto o equipos fuera de uso u otros residuos con PCB deben ser almacenados en tambores de acero o bandejas de acero como se describen en el capítulo 8.



Figura 47: Sistema de retención hecho de acero



Figura 48: Señalización de una puerta de una sala conteniendo un Transformador

El piso de los talleres para actividades de drenaje y desmantelamiento de transformadores tiene que ser de material impermeable al PCB, resistente a la carga y abrasión y relativamente fácil de ser descontaminado (puede ser cemento con barniz epóxico o cubierto con geomembrana). Las entradas tienen que ser elevadas y todas las otras aberturas cercanas al piso deben estar selladas para prevenir la diseminación del PCB al medio ambiente en caso de derrame. Se recomienda que el piso tenga una pendiente adecuada para permitir el drenaje a pozas de colección en caso de derrames.

#### 4.2.3 Contingencias

Los planes de respuesta a emergencias como son descritas en el capítulo 14.1 y 14.2 tienen que ser conocidos por el personal responsable del área o lugar donde se ubican los equipos con PCB, particularmente en las zonas de almacenamiento o áreas de mantenimiento. El documento del plan de emergencias y contingencias debe estar disponible y cerca del equipo que contiene PCB en un lugar fácilmente visible, de manera que se pueda reaccionar inmediatamente en caso de algún incidente se recomienda mantener materiales e instrumentos apropiados para acciones inmediatas en un lugar de fácil acceso (guantes de protección, bandeja de goteo, material de reparación, absorbentes para sellar filtraciones).

El personal a cargo de las operaciones deberá recibir capacitación periódica y simulación de respuesta a eventos de contingencias.

## 4.3 Prioridades para la eliminación

De acuerdo con el riesgo para los seres humanos o el medio ambiente, que significa un equipo que contiene PCB hay tres niveles de prioridades a tenerse en cuenta, como fue estipulado en la Convención de Estocolmo:

- 1) Los PCB que están almacenados tales como aceite de repuesto, como residuos o como equipos eléctricos fuera de servicio, tienen que ser eliminados no más tarde de diciembre del 2028,
- 2) Los equipos que contienen PCB:
  - Con concentraciones de PCB más altas que 500 ppm
  - En malas condiciones técnicas
  - Situado cerca de lugares de riesgo más alto para las personas (hospitales, centros médicos, centros comerciales, escuelas y universidades, industrias alimenticias, agua y servicios sanitarios, edificios altamente frecuentados) tienen que ser descontaminados o eliminados antes del año 2025, y
- 3) Todos los otros equipos eléctricos con una concentración de PCB entre 50 ppm y 500 ppm pueden permanecer en servicio hasta el final de su vida útil, pero no más allá del año 2025 y deberán eliminarse a más tardar hasta el 2028.

# CAPÍTULO 5

## MANTENIMIENTO DE UN EQUIPO QUE CONTIENE PCB

El mantenimiento de un equipo debería llevarse a cabo de acuerdo con los procedimientos emitidos por el fabricante y por los correspondientes manuales estándar de las asociaciones de las industrias eléctricas. A continuación, se presenta una vista general de los elementos claves del mantenimiento de transformadores y capacitores conteniendo PCB.

### 5.1 Las mejores prácticas de trabajo

Cuando se lleva a cabo una reparación leve o un trabajo de mantenimiento en un equipo que contiene PCB, se deben tomar las siguientes precauciones de seguridad para la protección de los empleados y el medio ambiente:

- Se debe evitar el contacto directo de la piel con materiales contaminados con PCB usando guantes (nitrilo) y gafas de protección. De acuerdo con el tipo de trabajo a realizarse, se debe disponer de ropa de protección y máscaras de respiración (ver también capítulo 11.2 equipo de protección personal),
- El área de trabajo debe estar adecuadamente ventilada,
- Se deben prevenir los derrames realizando inspecciones periódicas a los equipos que estén en uso o en mantenimiento o en almacén, si ocurriera el derrame, se debe evitar su liberación al ambiente usando bandejas de goteo o contención o adecuadas lonas de plástico,
- El contacto de PCB con una llama o cualquier otra fuente de combustión por encima de 300 °C debe ser evitado (riesgo de emisión de Dioxinas y Furanos),
- Todas las herramientas y otros materiales de trabajo contaminados con PCB deben ser dispuestos como residuos contaminados con

PCB de una manera ambientalmente adecuada o bien ser descontaminados con un solvente apropiado (acetona o solventes orgánicos). Los únicos materiales para descontaminar son acero, vidrio y cerámica. Los materiales usados para la descontaminación se convierten en residuos con PCB que deberán ser eliminados adecuadamente.

- Las operaciones que involucren drenaje o rellenado de aceite, deben ser realizadas por compañías autorizadas para el efecto por la autoridad ambiental.

## 5.2 Mantenimiento de transformadores conteniendo PCB

En general, es deseable que los equipos que contengan PCB con 50 mg/kg o más de concentración deben ser reemplazados y programas su eliminación. Sin embargo, si deben ser reparados o ir a mantenimiento, se deberá asegurarse que se los equipos materiales y herramientas sean utilizados solamente para equipos con PCB y evitar la contaminación cruzada de otros equipos que este libres de PCB.

Cualquier otro equipo que esté libre de PCB deberá ser entregado a la empresa de servicios con un descarte que muestre la condiciones de este en cuanto al contenido de PCB. De igual manera luego del servicio deberá volver a la empresa previo análisis de descarte de PCB para asegurarse que no se ha producido contaminación cruzada durante esa actividad.

**TABLA 9: PROBLEMAS TÍPICOS CON LOS TRANSFORMADORES**

| Problema                                                                                                                                   | Qué puede pasar                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relámpagos y otras sobrecargas de electricidad.                                                                                            | Chispas de alto voltaje ocurre dentro del transformador, causando una acumulación de presión interna. Presión excesiva fuerza al PCB a salir a través de una válvula de liberación de presión o a través de juntas débiles.<br>- Posible contaminación ambiental.                                         |
| Contaminación gradual del líquido del transformador por humedad, suciedad, carbón o productos químicos como resultado de un arco voltaico. | Calidad aislante del PCB líquido se deteriora. Se forman arcos eléctricos dentro del transformador y generan una acumulación de presión interna. Exceso de presión fuerza al PCB salir a través de una válvula de liberación de presión o a través de juntas débiles.<br>Posible contaminación ambiental. |



| Problema                                                                                                                             | Qué puede pasar                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Debilitamiento de los sellos y juntas del transformador debido al paso del tiempo.                                                   | Filtraciones o pérdidas.<br>Sobrecalentamiento o quemaduras del transformador debido a pérdidas del PCB.<br>Arcos eléctricos ocurren dentro del transformador debido a que ya no es un buen aislante.<br>Puede ocurrir falla catastrófica.              |
| Daño físico u oxidación de los radiadores de enfriamiento.<br>Daño estructural de los tanques de los transformadores.                | Desarrollo de filtraciones.<br>Sobrecalentamiento o quemaduras del transformador debido a pérdidas del PCB.<br>Arcos eléctricos ocurren dentro del transformador debido a que ya no es un buen aislante.                                                |
| Sobrecalentamiento porque el transformador es de un tamaño menor al requerido para su aplicación (sobrecarga), o por pérdida de PCB. | Aislamiento de los bobinados eléctricos y deterioro de los materiales aislantes, propician cortos circuitos y chispeado interno que ocurre entre los bobinados.<br>Disminución en la expectativa de vida y posible pérdida de PCB en el medio ambiente. |

**TABLA 10: INDICADORES DE ALARMA**

| Instrumento                           | Mecanismo                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Alarma de temperatura                 | Cuando la temperatura se eleva por encima del límite establecido.                                                                                                  |
| Alarma de nivel del líquido           | Cuando el aceite dieléctrico cae por debajo del límite establecido.                                                                                                |
| Alarma de la presión de la aspiradora | Los contactos permanecen cerrados bajo condiciones normales.                                                                                                       |
| Válvula de liberación de presión      | Los contactos se cierran cada vez que la válvula opera.                                                                                                            |
| Relé de presión repentina             | Los contactos se cierran cuando hay un rápido crecimiento anormal en la presión interna la cual no causaría que se cierren los contactos de liberación de presión. |
| Indicador de temperatura del bobinado | Varias series de contactos se cierran cuando aumenta la temperatura preestablecida.                                                                                |

### 5.2.1 Chequeo o prueba visual

La más simple y más económica de las pruebas de un transformador en servicio o en almacenamiento es la prueba visual. Los transformadores con PCB deberían ser visualmente inspeccionados periódicamente entre una o dos veces al mes por el propietario, quién es además responsable del mantenimiento de registros de inspección.

Los siguientes aspectos deberían ser inspeccionados:

- Manchas de aceite cerca del equipo,

- Manchas de aceite o marcas de derrames sobre el equipo (soldaduras, juntas, válvulas),
- Daño físico grave, y
- Estrechez de la bandeja de goteo

Figura 49: Transformador en servicio

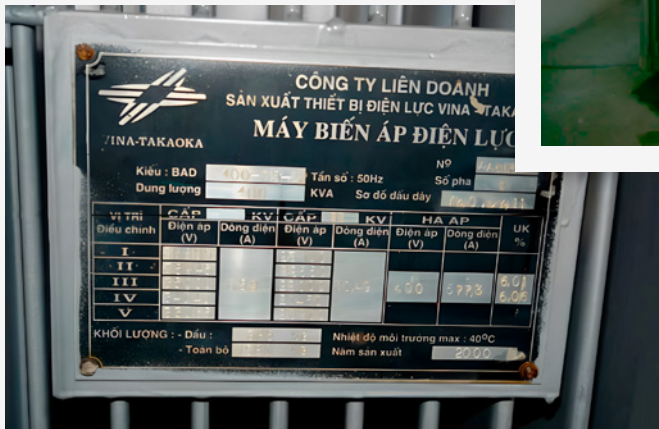


Figura 50:  
Información  
del fabricante

TABLA 11: INSPECCIONES DE RUTINA PARA LOS TRANSFORMADORES

| Inspección                                       | Qué buscar (y acción correctiva)                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Condición de los calibradores                    | Plaquetas agrietadas o cascadas, o calibradores dañados (instalar una lámina de Plexiglas sobre los calibradores para protección).                                                                                                                                           |
| Lectura de los calibradores                      | Cambio en las lecturas desde la última inspección. Lectura dentro de un rango seguro o aceptable (si no están, considere agregar un fluido de reparación).                                                                                                                   |
| Corrosión en el tanque y las aletas del radiador | Condición de las aletas. Ellas son fabricadas de fino acero para obtener un enfriamiento máximo y se oxidará más rápidamente que el resto del transformador, especialmente en un medio ambiente caústico (limpio para un metal desnudo o en puro y pintado si está oxidado). |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pintura de cobertura final del tanque y aletas del radiador                                                                                                                                                                                                                                                                    | Pintura para protección del clima (repintar tan a menudo como sea necesario).                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Filtraciones de PCB desde: <ul style="list-style-type: none"> <li>- El tanque</li> <li>- Las aletas del radiador</li> <li>- La cobertura superior (si tiene juntas)</li> <li>- La cobertura de la boca o abertura</li> <li>- El pico de drenaje superior e inferior</li> <li>- Los cojinetes de alto y bajo voltaje</li> </ul> | Pulido mojado y residuo gomoso.<br>Juntas o sellamientos deteriorados (Importante – si hubo una filtración, siga los pasos de limpieza rápidamente y reporte a la autoridad competente. Todos los materiales usados para la limpieza de la filtración de PCB deben ser almacenados en forma segura como residuo contaminado con PCB.) |
| Válvula de liberación de presión                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Válvula inapropiadamente asegurada debido a juntas desplazadas.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Cojinetes de alto y bajo voltaje                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Grietas, rajaduras o descascarados (reemplace los cojinetes agrietados o rajados.)                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Color del PCB                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | El color cambia.<br>Tome una muestra pequeña. Si el color está cambiando de uno claro a azul, verde, rojo o negro, el PCB está comenzando a contaminarse (considere una prueba de laboratorio para chequear su calidad).                                                                                                              |

## 5.2.2 Filtraciones de los transformadores

Cuando se haya detectado una filtración o derrame en o cerca de un transformador, es necesario observar la causa de la filtración y preparar acciones de corrección. Las filtraciones más comunes son, en los sellamientos o juntas. Aquí existen algunas posibilidades de llevar a cabo reparaciones efectivas sin afectar el cuerpo principal del transformador. Sin embargo, sólo los especialistas experimentados en electricidad quienes son conscientes del peligro de PCB deberían ser los que lleven a cabo dicho trabajo.

Una situación más seria ocurre cuando una filtración o fuga se produce debido al daño en la estructura metálica del transformador. Tales filtrados pueden ser causados por daño mecánico o accidental del casco del transformador. En estos casos se recomienda sellar la filtración temporalmente con una pasta de sellado y colocar una bandeja de goteo debajo de la filtración por razones de seguridad. Como ésta es solo una solución temporal, se debe llevar a cabo una apropiada reparación tan pronto como sea posible.

La filtración también puede ser causada por una lenta degradación del fluido de enfriamiento que incrementa su corrosión. Si la corrosión ya está muy avanzada y causa filtraciones entonces el transformador debe

ser sellado inmediatamente con una pasta selladora, desmontado tan pronto como sea posible y reemplazado por un nuevo dispositivo.

### 5.2.2 Nivel de aceite de los transformadores

La mayoría de los transformadores tienen un dispositivo directo o indirecto que permite que el nivel del fluido refrigerante sea controlado. Antes de llevar al tope el nivel del fluido refrigerante, es vital verificar el contenido del PCB del transformador, así como también el fluido refrigerante adicional para evitar una posible contaminación (ver también capítulo 3.3).

### 5.2.2 Calibrador de temperatura

El calibrador de temperatura indica la temperatura del fluido dieléctrico dentro del transformador. Temperaturas excesivas llevan a un sobrecalentamiento del transformador, posiblemente debido a pérdida de líquido dieléctrico. Se debe accionar inmediatamente para detectar la causa del sobrecalentamiento ya que el nivel de deterioro de los materiales aislantes en el transformador puede aumentar rápidamente por encima de la temperatura normal de operación. Como medida general los transformadores de PCB no deberán operar a más del 80% de su carga nominal para evitar cualquier sobrecalentamiento.

### 5.2.2 Calibrador del relé de presión

El calibrador del relé de presión mide los cambios de presión en el espacio entre el líquido dieléctrico y la tapa del tanque. Una presión alta anormal indica que posiblemente hayan ocurrido cortos circuitos o arcos voltaicos. En este caso una prueba de funcionamiento tiene que efectuarse lo antes posible. Una lectura inusualmente baja de presión indica un nivel bajo de fluido dieléctrico. Se deben tomar acciones inmediatas para identificar la causa de pérdida del líquido dieléctrico.

### 5.2.2 Corrosión del tanque y las aletas del radiador

La condición del tanque y las aletas del radiador tiene que ser verificados regularmente cuando ellos muestran una corrosión. Si la corrosión ocurre, el área afectada debe ser limpiada hasta el metal y pintada.

## 5.2.2 Pruebas de funcionamiento

Los transformadores deben ser periódicamente verificados para detectar cualquier cambio que pueden ser los primeros signos de degradación en el comportamiento de un transformador, y por lo tanto de la posibilidad de riesgos. Entre otras, las siguientes características:

- Funcionamiento de todos los dispositivos de seguridad,
- Comportamiento eléctrico del transformador, y
- Calidad del aceite (pruebas físicas y químicas)

## 5.3 Mantenimiento de capacitores que contienen PCB

Las pruebas visuales son fáciles de realizar y pueden ser llevadas a cabo frecuentemente si las condiciones en la subestación así lo requieran.

Las pruebas visuales permiten detectar los siguientes daños en los capacitores:

- Filtraciones en la carcasa
- Hinchazones o deformaciones en la carcasa
- Oxidación de la carcasa, y

En los dos primeros casos, los capacitores deben ser desmantelados inmediatamente y eliminados de una manera ambientalmente segura.

El hinchado o forma convexa de la carcasa es una indicación clara de un inminente corto circuito en el capacitor

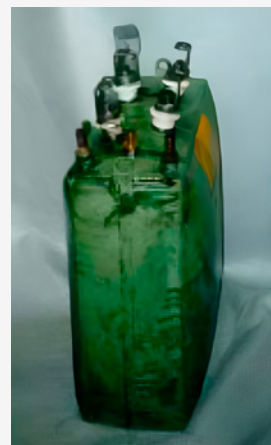


Figura 51:  
Capacitor de forma  
convexa o hinchada

La verificación visual debe ser complementado con inspecciones técnicas que requiere un equipo de trabajo calificado. Dependiendo de la condición del equipo, se puede determinar la frecuencia de las inspecciones técnicas (Al menos una vez al año).

## 5.4 Fluidos sustitutos

Los aceites con PCB en los transformadores han sido a menudo reemplazados por aceites minerales comunes tales como "Shell Diala B". Sin embargo, otros fluidos sustitutos también han sido utilizados. En la siguiente tabla se listan los fluidos substitutos para transformadores nuevos juntamente con sus ventajas y desventajas.

**TABLA 12: FLUIDOS SUSTITUTOS PARA TRANSFORMADORES**

| Fluido                                                                                                                                                          | Ventajas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Desventajas Sustituto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Siliconas                                                                                                                                                       | Bajo punto de derrame<br>Alto punto para incineración<br>Bajo grado de liberación de calor en la combustión<br>Bastante baja viscosidad en el rango completo de temperatura de su operatividad                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | No es compatible con algunos materiales usados para las juntas, tales como gomas siliconadas y algunos materiales de aislamiento. La gravedad específica de fluidos es tal que el agua se asentará en el fondo del transformador mientras que cristales de hielo flotarán hacia la superficie superior. Los cristales de hielo derretidos podrían migrar a través del fluido y reducir su fuerza dieléctrica<br>El costo es relativamente alto<br>PCB son soluble en siliconas solo hasta en un 8 % |
| Hidrocarburos Alifáticos<br>(ej.: R-Temp, producido por un extenso refinamiento de aceite crudo y mezclas de anti- oxidantes, estabilizadores y otros aditivos) | Bajo grado de degradación cuando está en servicio<br>Compatibilidad con todos los materiales de construcción normalmente usados en equipamiento eléctrico<br>El fluido es compatible con todos los fluidos dieléctricos<br>Gravedad específica está por debajo de la del agua y el hielo<br>El fluido no es un riesgo serio ambiental (mismos efectos que otros aceites minerales), es biodegradable y puede ser eliminado fácilmente.<br>El costo es el más bajo de todos los substitutos del PCB y hay mucha existencia de materia prima | Alta viscosidad a bajas temperaturas<br>Alto nivel de calor liberado durante la combustión<br>Aditivos mezclados (registrado por el proveedor) se requieren para disminuir el punto de derrame y mejorar la estabilidad térmica y la de oxidación<br>La tendencia a volverse gas bajo estrés eléctrico es igual o mayor que los aceites convencionales (naphthenic) de los transformadores que por el contrario es más alta que todos los otros fluidos substitutos del PCB                         |

| Fluido                                                                                                     | Ventajas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Desventajas Sustituto                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Poliiolefinas<br>(hidrocarburos sintéticos)                                                                | Compatibilidad con todos los otros materiales usados para la construcción de transformadores y todos los otros fluidos de hidrocarburos<br>Punto de derrame más bajo y ligeramente mejor viscosidad a más baja temperatura que los hidrocarburos alifáticos naturales<br>Gravedad específica por debajo del agua y del hielo<br>No produce gas bajo estrés eléctrico | Relativamente alto nivel de liberación de calor durante la combustión<br>Relativamente alto costo                                                          |
| Benzenos Clorados<br>(Tri-tetraclorobenzenos son componentes del PCB pero pueden ser usados solos también) | Las propiedades físicas son similares a las propiedades del PCB<br>Transformadores diseñados para PCB son generalmente adecuados para TTCBs                                                                                                                                                                                                                          | No adecuado para su uso en ambientes de muy baja temperatura debido a su alto punto de derrame<br>Exhibe cierta toxicidad y no es fácilmente biodegradable |
| Ésteres (mezcla de pentaeritritol y ácidos grasos)                                                         | Fuerza dieléctrica alta<br>Baja combustión Inflamabilidad<br>Bajo punto de derrame<br>No se generan sustancias tóxicas durante las condiciones de arco voltaico<br>Compatible con la mayoría de los materiales usados en transformadores                                                                                                                             | Ninguna desventaja significativa excepto un costo más alto que el fluido R-Temp                                                                            |







# CAPÍTULO 6

## RETIRO DE CIRCULACIÓN O DE USO



### 6.1 Retiro de circulación de transformadores

El retiro de circulación práctico de los transformadores empieza con el procedimiento de desconexión que debe seguir las reglas de seguridad locales para trabajar con equipos eléctricos, así como también (si están disponibles) las instrucciones del fabricante.

Antes de que se pueda empezar con cualquier manipulación sobre el transformador, se debe asegurar que el mismo haya sido desconectado del alto voltaje así como también del lado de bajo voltaje de manera de asegurar que las líneas de entrada y salida no produzcan un corto circuito y que estén visiblemente conectadas a tierra en el lugar de trabajo, y que el panel de operaciones del disyuntor del circuito y las llaves de conexión de bajo voltaje estén marcados con una señal clara y visible "no encender, se está trabajando". Además, se debe asegurar que el acceso al transformador sea posible sin ningún riesgo remanente.

El área de trabajo debería estar cercada con una cinta de plástico blanco y rojo para evitar un acceso no autorizado. Se debe colocar un extintor en un lugar adecuado en el sitio, listo para ser usado en caso de peligro de incendio.

Primeramente, se debe inspeccionar el transformador en forma detallada para detectar algún daño y filtración, luego para evitar una posterior contaminación cruzada en caso de filtraciones es esencial sellar los lugares de filtración. Además, se debe remover toda contaminación visible en las partes metálicas, ej.: con acetona para permitir un posterior manejo seguro del transformador.

Segundo, para evitar cualquier riesgo de pérdida de fluido refrigerante contaminado con PCB durante el desmantelamiento y transporte, se debe drenar el transformador en su lugar antes de moverlo. Esto debería hacerse de acuerdo con un programa de trabajo bien planificado y la provisión de todo el equipo necesario tales como tuberías para PCB, tambores, equipos de protección personal y herramientas. Este procedimiento tiene una ventaja adicional que es el reducir considerablemente el peso total del transformador durante su transporte. Antes de drenar el aceite, se deben tomar ciertas precauciones considerando un posible derrame, cubriendo el suelo con uno o dos paños de plástico gruesos extras y colocando bandejas de goteo debajo de las partes cruciales tales como tuberías de aceites y uniones de mangueras. También se debe disponer de aconsejable tener a mano ciertos absorbentes como arena, cemento o aserrín.

Debido a la condición de liquidez (viscosidad) del fluido refrigerante de PCB, posiblemente sea difícil abrir la llave del drenaje. Para encontrar la mejor posible solución esto se debe considerar con antelación. En caso de que no sea posible abrir la llave, drenar el transformador por medio de la tapa de llenado de aceite o removiendo un aislador.

Antes de que el transformador sea enteramente drenado, se debería ubicar el mismo en un ángulo de manera a bombear y sacar el máximo fluido refrigerante. Se debe considerar que quedará algún remanente del aceite en el transformador después de su drenaje, el cual en algún momento va a exudar a través de las bobinas. La llave de drenaje debe estar cerrada al finalizar el drenaje, y si es posible el transformador debería llenarse con un absorbente o algún aserrín para absorber el remanente del aceite PCB.

Después de remover el transformador de su recinto, se debe investigar el área visualmente y descontaminar el piso, coberturas de las canaléticas, paredes y cables remanentes si fuera necesario antes de la instalación de un nuevo transformador. Si el transformador está libre de daño, no tiene filtraciones, su superficie está limpia y no se produce ningún drenaje en el sitio, entonces, la remoción puede hacerse en horas normales de trabajo.

Figura 52:  
Drenaje de un  
transformador con PCB



Figura 53:  
Sacar de  
circulación un  
Transformador  
intacto de PCB

Está permitido llenar el mismo tambor con aceite contaminado con PCB de diferentes transformadores si el contenido de PCB es conocido y tiene una concentración similar. Si no se dispone de la información sobre el contenido de PCB en el aceite, éste debe considerarse como contaminado con PCB y los tambores con aceite no identificado tienen que ser marcados como contaminados con PCB.

## 6.2 Retiro de circulación de capacitores

### 6.2.1 Preparación

La práctica de retiro de circulación de capacitores empieza con el procedimiento de desconexión, el cual tiene que seguir las reglas de seguridad

locales para trabajar en un equipo eléctrico, así como también (si está disponible) las instrucciones del fabricante.

Antes de trabajar en un capacitor o un banco de capacitores, se deben llevar a cabo las siguientes operaciones:

- Asegurarse que el disyuntor o llave de encendido de energía y eventuales aisladores en línea del capacitor afectado esté abierto y marcado con una señal que diga "no lo prenda, se está trabajando",
- Cortar el circuito de las líneas que entran al capacitor en los primeros 10 minutos después del apagado,
- Para bancos de capacitores de alto voltaje conectar una jabalina a tierra para cada rejilla del circuito a tierra por medio de trenzados, y
- La mayoría de los capacitores están equipados con resistencia de descarga. Sin embargo, los terminales de las carcasas de los capacitores tienen que ser cortados antes que se lleve a cabo cualquier trabajo, porque los circuitos de descarga pueden estar dañados.

El área de trabajo se debe cercar con una cinta de plástico blanca y roja de manera a evitar un acceso no autorizado. Se debe colocar un extintor en un lugar apropiado en el sitio, listo para usarse en caso de peligro de incendio.



Figura 54: Cercado en el área de trabajo



Figura 55:  
Retiro de circulación de la  
batería de un capacitor

Antes de dismantelar los capacitores se tiene que verificar si tienen filtraciones o si éstos están dañados. Si hay capacitores con filtraciones, éstas tienen que ser selladas con, por ejemplo, pasta de sellamiento. Las superficies contaminadas del capacitor tienen que ser limpiadas con un trapo y acetona. Los restos de fluido dieléctrico tienen que ser extraídos a través de bombes o con absorbentes. Todos los residuos, si hubiera algunos, tienen que ser recogidos y eliminados como residuos peligrosos.

Si ocurriera un derrame en el área donde los trabajadores realizan las actividades de dismantelamiento, el área debe ser cubierta con un paño absorbente de aceite para prevenir que haya un arrastre de la contaminación por la suela de las botas de goma.

Antes de cargar cualquier tambor aprobado por las NU con residuos, los tambores deben ser inspeccionados (daño, pérdidas o filtraciones, aprobación de las NU).

### 6.2.2 Dismantelado

Mientras se dismantelan los capacitores, los aisladores deben ser considerados como las partes "más débiles". Especialmente para capacitores pesados no se permite sostenerlos de los aisladores mientras se los transportan ya que

ellos se pueden desprender o romper y causar un derrame de fluido contaminado con PCB. Los capacitores deben ser empaquetados en forma segura dentro de los tambores aprobados por las NU en el sitio donde se hallan.

Figura 56:  
Cercar el área  
de trabajo

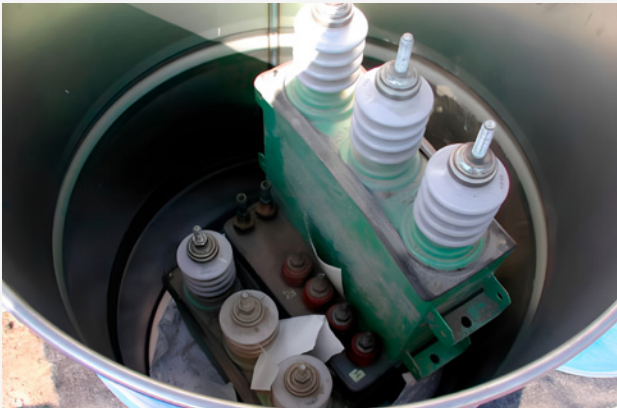


Figura 57:  
Retiro de circulación de  
la batería del capacitor

Si los capacitores tienen que ser almacenados o depositados temporalmente, éstos deben ser ubicados parados en forma vertical (los aisladores arriba). Se recomienda ubicarlos dentro de bandejas de acero o, si no están disponibles, sobre paños absorbentes de aceite para prevenir cualquier derrame.

### 6.3 Retiro de circulación de otros equipos

Otros dispositivos eléctricos tales como disyuntores, contienen en su mayoría pequeñas cantidades de aceite. Durante el retiro de circulación de tales equipos, el aceite debería ser verificado y prueba de descarte de PCB. Si el equipo de testeo muestra una contaminación de  $\geq 50$  mg/kg, el equipo debe ser considerado como contaminado con PCB y eliminado como residuo peligroso.

# CAPÍTULO 7

## EMPAQUE O EMBALAJE

El transporte y empaque o embalaje de productos peligrosos está reglamentado por varias regulaciones para cada medio de transporte (terrestre, ferroviario, o marítimo) (ver capítulo 9). Las instrucciones de embalaje son muy similares para cada uno. Las especificaciones para los diferentes tipos de embalaje o empaque de materiales que contienen PCB de acuerdo con el Acuerdo europeo relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por carretera (ADR) se mencionan más abajo.

### 7.1 Embalaje de acuerdo con la ADR

Debido al fácil manejo, los tambores de acero con abertura en la parte superior o de cabeza abierta son usualmente usados para sólidos y los tambores de acero con la parte superior cerrada o cabeza cerrada son usados para líquidos respectivamente.

**TABLA 13: TIPOS DE EMBALAJE**

| Tipos de embalaje                    | Propósito | Código de Tipo de Embalaje |
|--------------------------------------|-----------|----------------------------|
| Tambores de acero con cabeza cerrada | Líquidos  | 1A1*                       |
| Tambores de acero de cabeza abierta  | Sólidos   | 1A2*                       |

\* Explicación de códigos de tipos de embalaje:

- Los códigos 1A1 y 1A2 describen el tipo de embalaje:
- El primer número especifica la clase de embalaje (1 = tambor)
- La letra describe el material (A = acero)
- El segundo número caracteriza la apertura (1 = tambor de cabezal cerrado, 2 = tambor de cabezal abierto).



El máximo volumen autorizado por la ADR es de 450 litros. Sin embargo, los tambres con un volumen de 220 litros son más fáciles y seguros de manejar y por lo tanto son los usualmente elegidos. Además, para su transporte por vía marítima se permite un volumen de 220 litros (límite IMDG para PCB líquido: 250 litros).



Figura 58:  
Tambor de la tapa  
superior abierta



Figura 59:  
Impresión aprobada  
por las NU

El embalaje debe ajustarse a las instrucciones de construcción y testeo estipulados en las regulaciones de la ADR. Se testea si son fuertes y bien sellados. Los tambres de acero aprobados por las NU tienen un sello impreso que prueba que éstos fueron testeados satisfactoriamente.

Para el transporte de los capacitores que contienen PCB, se debe leer como sigue:

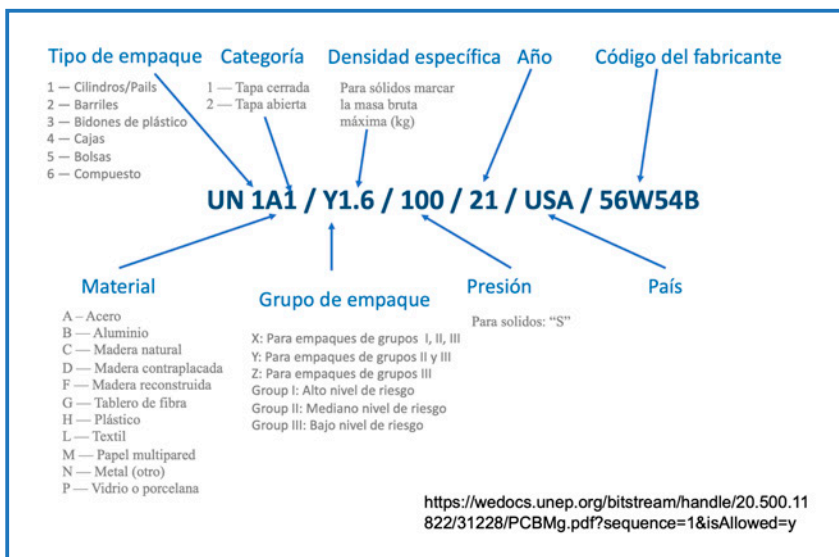


Figura 60: Señalización de materiales con PCB



En caso de PCB líquido, los tambores nunca deben ser llenados por completo. Aproximadamente 50 mm deberían dejarse vacíos para una posible expansión del PCB en caso de temperaturas más altas. Se debería usar un sistema de bombeo para llenar los tambores, ya que verter el líquido de un tambor a otro manualmente no es una opción viable. Como los precios y las técnicas para la eliminación dependen del tipo de residuo, residuos líquidos o sólidos deberían siempre estar separados.

## 7.2 Resumen de los posibles contenedores para el transporte del PCB

Aparte de los tambores de acero comúnmente usados, pueden usarse otro tipo de embalaje, en cuanto y en tanto sean aprobados por las NU y que estén de acuerdo con las especificaciones de la ADR para el transporte de productos.

**TABLA 14: RESUMEN DE EMBALAJES**

| Tipo de residuo                                         | Contenedores                                                                                                           | Dimensiones                                            |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| PCB líquido                                             | Tambores de acero aprobados por las NU para líquidos 1A1<br>Grandes embalajes IBC, 31A., 31B, 31N Tanques-contenedores | 60 a 220 litros<br>500 a 1250 litros<br>Varios tamaños |
| Capacitores con PCB                                     | Tambores de acero aprobados por las NU para sólidos 1A2                                                                | Usualmente de 220 litros                               |
| Transformadores con PCB (solo drenados)                 | Bandejas de acero<br>Cajas-contenedores de 20' con bandeja vertedora                                                   | Altura o arriba de 800 mm<br>Varios                    |
| PCB sólidos, (metales, suelo, escombros)                | Tambores de acero aprobados por las NU para sólidos 1A2                                                                | Usualmente 220 litros                                  |
| Embalajes dañados (ej: tambores de acero de 220 litros) | Tambores recuperados<br>Varios tipos                                                                                   | 307 litros y 427 litros                                |



Figura 61:  
IBC aprobado por las NU



Figura 62:  
Tambores de Acero



Figura 63: Tanques-  
contenedores de 20'

Los capacitores deberían ser embalados dentro de los tambores aprobados por las NU (1A2). En el tambor, deben ser siempre colocados en forma vertical con la tapa hacia arriba. Se debe evitar cualquier movimiento del residuo dentro del tambor, usando por ejemplo absorbentes, madera o alfombras para inmovilizarlos.

Si la altura de los capacitores excede la altura del tambor, posiblemente sea necesario romper los cojinetes cuidadosamente. Esto se debe realizar sólo después de que los capacitores hayan sido colocados dentro de los tambores. Los capacitores colocados en los tambores (en forma vertical) con los aisladores con filtraciones no significan ningún peligro. Como medida de seguridad adicional, se debe añadir una capa de aserrín en cada tambor, de manera a absorber cualquier líquido si fuera necesario.

Figura 64:  
Marcando la  
aprobación de  
las NU



Figura 65:  
Capacitores en  
tambores  
aprobados por las  
NU

En el caso que no haya disponible un embalaje aprobado en el momento del desmantelamiento, los capacitores (y también los transformadores) pueden ser temporalmente ubicados en bandejas de acero, de al menos 1.1 veces el volumen del líquido contenido. Sin embargo, esto sólo puede ser considerado como una precaución de seguridad temporaria pero no como un embalaje final.

Los tambores dañados o con filtraciones, así como tambores no conformes con las regulaciones deben ser almacenados y transportados en tambores de recuperación. Se deben tomar medidas apropiadas para prevenir movimientos del tambor interior.

Si el tambor de recuperación lleva consigo PCB líquido es necesario agregar una suficiente cantidad de material absorbente para que absorba en forma inmediata la posible salida del líquido del tambo interior.



Figura 66:  
Tambor de Recuperación I



Figura 67:  
Tambor de Recuperación II



Figura 68: Tambor de  
Recuperación de Plástico

### 7.3 Etiquetado del embalaje

El etiquetado identifica los peligros que posee el producto embalado y tiene el propósito de llamar la atención de la persona responsable del manejo de los productos a fin de tomar las precauciones necesarias durante el almacenamiento o transporte.

El Reglamentación Modelo para el Transporte de Mercancías Peligrosas de NU o "Libro Naranja" define la identificación de un material o artículo peligroso. Estos números de identificación asignados son también referidos generalmente como "números de las".

**TABLA 15: NÚMEROS DE LAS NU PARA PCB**

|         |                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| UN 2315 | PCB, líquido (aceite de transformador, aceite hidráulico, etc.)       |
| UN 3432 | PCB, sólido (Equipo conteniendo PCB, suelo contaminado con PCB, etc.) |

### 7.3.1 Etiquetado para almacenamiento o transporte

Si el residuo es transportado por vía terrestre (ADR) cada embalaje debe ser marcado claramente y en forma indeleble con el número de las NU del producto que contiene, las letras "UN" vienen primero. Se debe colocar una etiqueta de clase 9 en cada embalaje (figuras 69 y 70). En caso de tambores de recuperación, se debe colocar, además, una etiqueta que indique "SOBRE-EMBALADO".



Figura 69: Etiquetado de acuerdo con la ADR para PCB líquido



Figura 70: Etiquetado de acuerdo con la ADR para PCB sólido

La identificación de los contenedores para un transporte vía marítima es diferente. El IMDG (Código Internacional Marítimo para Productos Peligrosos) se aplica para tales embarques.

Además del número de las NU se debe mencionar el nombre propio del embarque (PCB) y se deben hacer algunas indicaciones acerca de la condición de los contenidos (LÍQUIDO O SÓLIDO). Se debe colocar sobre los contenedores, además de la etiqueta de clase 9, una etiqueta que diga "CONTAMINANTE MARINO", ver figura 71 (etiqueta para residuos líquidos) y 72 (etiqueta para residuos sólidos).

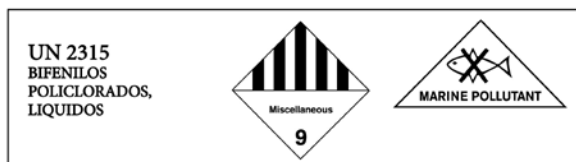


Figura 71: Etiquetado de PCB líquido de acuerdo con IMDG

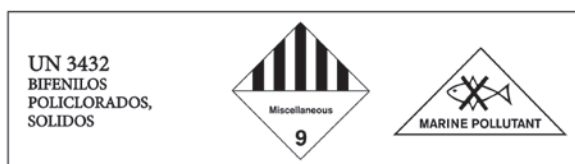


Figura 72: Etiquetado de PCB sólido de acuerdo con IMDG

## 7.4 Manejo de residuo embalado

Es esencial pesar el tambor embalado. Si es posible se puede usar una balanza móvil en el sitio. Esto permite una planificación confiable para el transporte del residuo. La siguiente información debe ser adicionalmente escrita en forma clara en el borde del tambor:

- Contenido,
- Nombre de la ubicación, de donde son los productos embalados,
- Fecha, peso y nombre del titular.

Figura 73:  
Carretillas seguras  
para el transporte  
de tambores



Figura 74:  
Marcado de  
tambores

Los tambores con tapa abierta deben asegurarse con "tablillas". Los tambores llenos deberían ser preferentemente transportados con una carretilla elevadora segura de tambor, elevadora de horquilla o grúa. Si se usa una grúa hay abrazaderas de tambor especiales disponibles para un manejo seguro. Solamente los tambores chequeados y limpios pueden salir para su eliminación hacia un área de almacenamiento temporal.

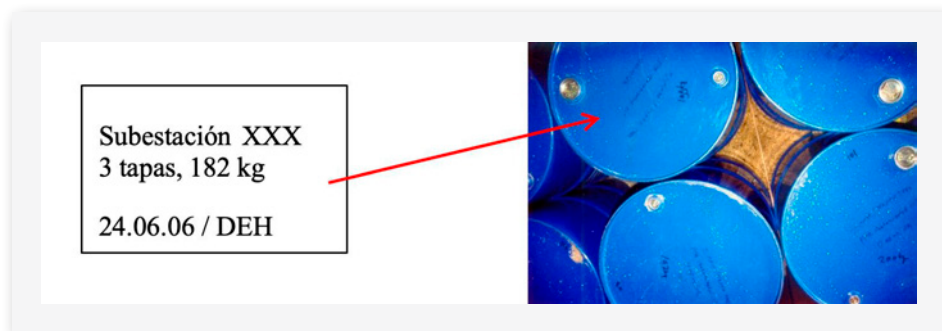


Figura 75: Información útil escrita y tapas con dicha información

# CAPÍTULO 8

## ALMACENAMIENTO TEMPORAL



El almacenamiento de PCB es siempre de carácter temporal, toda vez que cumpliendo con los compromisos de la Convención de Estocolmo, todo residuo con PCB debe ser eliminado antes del 2028.

En este sentido para efecto de una adecuada gestión de PCB se establece la necesidad de contar con:

- Almacenamiento temporal a corto plazo o transitorio: Espacio adecuado para almacenar existencias de PCB por breve plazo (menos de 15 días), son localizados en el sitio de la existencia de PCB y en espera de transporte para su traslado al Almacenamiento Temporal a Largo Plazo, exportación o planta de eliminación de PCB.
- Almacenamiento temporal de largo plazo: Espacio adecuado para almacenar existencias de PCB por largo plazo (menos de un año), son localizados en infraestructuras habilitadas especialmente para este fin y en espera de transporte para su exportación o traslado a la planta de eliminación de PCB).

A continuación, se desarrolla las condiciones técnicas que debe cumplir cada uno de estos almacenes.

### 8.1 Almacenamiento temporal a corto plazo o transitorio

Los residuos contaminados con PCB no deberían ser almacenados en sitios que no son diseñados específicamente para almacenamiento de residuos peligrosos. Usualmente no hay una infraestructura apropiada para garantizar un almacenamiento seguro. Almacenamientos intrínsecos sin control e inexpertos que son mostrados en las figuras 76 y 77 ponen



en peligro a la gente y al medio ambiente y resulta en costos adicionales innecesarios.



Figura 76:  
Mal ejemplo I  
(almacenamiento al  
aire libre)



Figura 77:  
Mal ejemplo II (sin  
bandejas con filtro)

Los dispositivos contaminados con PCB deben ser embalados en forma segura y en concordancia con las leyes aplicables (ver capítulo 7.1) tan pronto como ellos hayan sido sacados de circulación, aún si su eliminación se lleva a cabo en una etapa posterior. Sin considerar las condiciones del almacenamiento temporal, la eliminación final y segura para el medio ambiente del residuo, debe ser programada y coordinada para que el almacenamiento no exceda los doce meses.



## 8.1.1 Requerimientos mínimos para almacenamiento temporal en el sitio

### 8.1.1.1 EMBALAJE O EMPAQUE

- Los capacitores deben siempre estar parados en forma vertical. Los aisladores son las partes más débiles y pueden romperse fácilmente.
- Es posible poner capacitores y sólidos contaminados dentro de tambores que no son aprobados por las NU. Sin embargo, tales tambores deben ser chequeados por si tuvieran daños o filtraciones y que no puedan ser usados para transporte. ¡Después de usar los tambores se los debe considerar como contaminados y también ser eliminados como residuos peligrosos!
- Los dispositivos con pérdidas o filtraciones deberían ser sellados. Si fuera necesario se pueden agregar absorbentes a las bandejas de acero.

### 8.1.1.2 INFRAESTRUCTURA LOCAL PARA EL ALMACENAMIENTO TEMPORAL A CORTO PLAZO

- El piso de un almacén temporal a corto plazo debe ser de material impermeable (cemento con pintura epóxica o cubierto con una geomembrana). El local debe ser protegido contra las inclemencias del tiempo en todos sus lados.
- Todas las entradas al almacén deben tener un aviso apropiado, y el acceso de personas no autorizadas debe estar prohibido.
- Tener a la mano los procedimientos de emergencia y mejores prácticas de trabajo (ver anexos 14.1, 14.2, 14.3)
- El local debe tener una ventilación permanente.
- Eliminar condiciones para riesgo de incendios, no debe haber estructuras de madera, no almacenar productos inflamables en el mismo local o en las cercanías.
- Extintores de incendio (polvo) y absorbentes (ej.: aserrín) deben estar disponibles y de fácil acceso.
- El local no debe estar aledaño a depósito de alimento o compañías procesadoras de alimentos.

### 8.1.1.3 CONTROL

- El almacenamiento temporal en el sitio debe ser autorizado por la autoridad ambiental competente.
- La brigada regional contra incendios debe ser informada acerca de los depósitos temporales y la clase y cantidad de los productos/residuos (por medio de copias de listados del depósito).
- Dependiendo del tamaño del depósito y del tipo y condición de los productos/residuos almacenados diaria, semanal o mensualmente, deberían programarse inspecciones visuales.

Todos los productos/residuos deben estar claramente marcados dando información acerca del tipo de residuo, la fecha de embalaje, el peso, el origen y otros datos importantes. Una lista actualizada del almacén debe estar accesible en cualquier momento.

Si no hubiera una plataforma como fue descrita previamente u otro posible local para el depósito interino, se podría instalar para su uso por corto tiempo un depósito temporal móvil. Dependiendo del monto aproximado total de residuo a alcanzar, las cajas contenedoras de 20' o 40' con bandejas de goteo integradas como medida de precaución de seguridad, podrían ser una opción ideal. Se debería considerar que las típicas cajas contenedora no tienen un piso de acero sino sólo de madera.

Figura 78:  
Típica caja contenedora de 20' con  
bandeja de goteo



Figura 79:  
Depósito Interino con Contenedores

## 8.2 Almacén temporal de residuos de PCB a largo plazo

### 8.2.1 Embalaje y empaque

Los residuos con PCB deben ser embalados de acuerdo a las instrucciones estipuladas en el ADR (ver capítulo 7).

### 8.2.2 Infraestructura

- El piso de la plataforma del Almacén Temporal de PCB a Largo Plazo debe ser de material impermeable (cemento con pintura epóxica o cubierto con una geomembrana). Cualquier rajadura en el piso debe ser sellada.
- El depósito debe ser cerrado por paredes y techo y protegido contra las inclemencias del tiempo por todos sus lados.
- Todas las entradas a la plataforma de almacenamiento deben tener una advertencia apropiada y el acceso a personas no autorizadas debe estar prohibido.
- Por razones de seguridad no debería ser posible el ingreso al área donde la plataforma central de almacenamiento está localizada sin un control previo.
- Tener a la mano los procedimientos de emergencia y las mejores prácticas de trabajo (ver los anexos 14.1, 14.2, 14.3)
- El local debe tener un sistema de ventilación permanente (natural o forzado).
- El área de trabajo debe ser bastante grande donde por ej.: los transformadores pueden ser drenados o donde los residuos puedan ser manejados y embalados. El piso de esta área debería estar preferiblemente cubierto con acero o geomembrana (como una bandeja de goteo) y absolutamente cerrado, opcionalmente se podría aplicar pintura epóxica resistente al PCB.
- Se deben prever ya sea una bandeja grande de acero o varias bandejas de goteo (ej.: para equipos y algunas separadas para los tambores, IBCs, etc.) para el almacenamiento temporal de los residuos.
- Eliminar condiciones para un incremento en el riesgo de incendio (no debe haber estructuras de madera, no almacenar productos inflamables en el mismo local o en las cercanías).
- El local no debe estar aledaño a depósito de alimentos o compañías procesadoras de alimentos.

Una plataforma central de almacenamiento debería proveer el espacio necesario de almacenamiento, donde los dispositivos con PCB y residuos asociados pueden ser recogidos y depositados hasta su eliminación final. Dicha plataforma podría ser usada además como una “zona buffer” para tratamiento / disposición de residuos de plantas de tratamiento y así garantizar la constante operación de sus plantas.

Se debe asegurar que no existan depósitos sin las condiciones adecuadas que puedan presentar altos riesgos para la gente y el medio ambiente. Las siguientes instrucciones deben ser seguidas:

#### 8.2.2.1 SERVICIOS

- Suministro de energía y agua.
- Debe haber apropiadas grúas y elevadoras de horquillas para mover y manipular los transformadores, capacitores de alto voltaje y embalajes.
- El local debe ser accesible para camiones (actividades de carga y descarga).
- También debería haber espacio suficiente para cualquier movimiento de camiones o grúas enfrente del almacén.
- Extintores de incendio (polvo) y absorbentes (ej.: aserrín) deben estar disponibles y de fácil acceso.

#### 8.2.2.2 CONTROL

- La plataforma central de almacenamiento debe estar autorizada por la autoridad ambiental competente bajo el marco regulatorio correspondiente.
- La brigada regional contra incendios debe estar informada acerca de la plataforma, sus actividades, y periódicamente acerca del tipo y cantidad de los productos/residuos almacenados (por medio de copias de listados del depósito o almacenamiento).
- Además de obtener la autorización de la autoridad ambiental, se debe obtener – si fuera necesario – la licencia social de los ciudadanos (una aceptación general del depósito temporal debe ser obtenida).
- La plataforma debe ser chequeada diariamente.

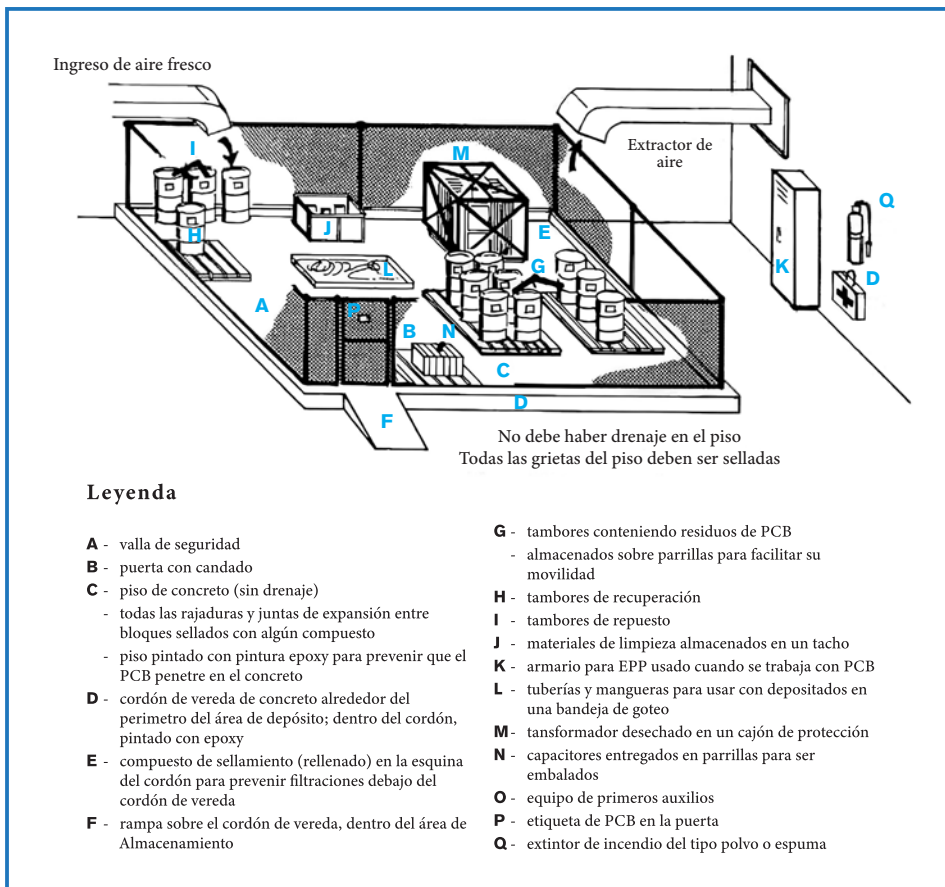


Figura 80: Ejemplo para una plataforma de depósito o almacenamiento seguro



# CAPÍTULO 9

## TRANSPORTE



### 9.1 Regulaciones internacionales para el transporte de productos peligrosos

Dependiendo del medio de transporte para productos peligrosos las siguientes regulaciones son aplicables:

- ADR (Acuerdo Europeo relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera),
- IMDG (Código Internacional Marítimo de Mercancías Peligrosas/transporte vía marítima),
- RID (Regulación para el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por ferrocarril), y
- IATA DGR (Regulaciones de IATA sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas/transporte aéreo).

Se debe tener en cuenta que las varias regulaciones (ADR, IMDG, RID, IATA-DGR) son sustancialmente similares unas de otras. La única diferencia es que el embalaje especial, etiquetas o limitaciones de cantidad son especificadas para los diferentes modos de transporte dependiendo del tipo de producto peligroso.

### 9.2 ADR

El embalaje del equipo que contiene PCB está de acuerdo con el ADR que se describe en el capítulo 7. Algunas regulaciones adicionales que son aplicables para el transporte de productos peligrosos de acuerdo con la ADR son mencionadas más abajo.

## 9.2.1 Obligaciones de los actores principales

Básicamente el ADR distingue entre tres principales actores cuyas obligaciones son descritas a continuación:

### 9.2.1.1 EXPORTADOR

- Chequear que los productos a ser transportados sean clasificados y aprobados para su embarque,
- Suministrar todos los documentos de transporte necesarios, y
- Usar solamente el embalaje aprobado por las NU que están correctamente marcados y etiquetados.

### 9.2.1.2 TRANSPORTADOR

- Asegurarse que todos los documentos necesarios sean llevados consigo en el vehículo,
- Verificar si el flete está en buenas condiciones. Por ejemplo que no se aprecie ningún daño visible como filtraciones o rajaduras,
- Asegurarse que el vehículo no esté sobrecargado,
- Asegurarse que los carteles y etiquetas estén fijadas,
- Asegurarse que el equipo como fuera estipulado en las instrucciones escritas para el conductor, sean transportadas en el vehículo, y
- No transportar el flete si no está de acuerdo con las regulaciones.

### 9.2.1.3 IMPORTADOR

- No demorar la aceptación de los productos sin dar razones, y verificar después de descargado si se han cumplido las instrucciones ADR concernientes a la importación,
- Limpiar y descontaminar los vehículos y contenedores, y
- Asegurarse de retirar cualquier etiqueta, marcas y señales en el contenedor una vez que haya sido completamente descargado, limpiado y descontaminado.



## 9.2.2 Documentación

Los siguientes documentos deben acompañar cada embarque en concordancia con la ADR:

- Documento de Movimiento

La siguiente información de cada producto/residuo individual debe ser mencionada en el documento de movimiento:

- Número de las NU, con las letras "NU" enfrente del número,
- Si los productos a ser transportados son residuos, la palabra "RESIDUO" debe estar escrita enfrente del número de las NU,
- La designación oficial (Bifenilos Policlorados) más el término técnico (PCB),
- Clase NU (9),
- Grupo de Embalaje,
- Tipo de embalaje y número de embalaje,
- Cantidad Total de cada producto peligroso con diferente número de las NU,
- Nombre y dirección del exportador, y
- Nombre y dirección del importador.

### 9.2.2.1 CERTIFICADO DE EMBALAJE DEL CONTENEDOR

Si los productos peligrosos son transportados en contenedores-cajas vía marítima, un certificado de embalaje del contenedor confirma que los productos han sido embalados y cargados de acuerdo con el párrafo 5.4.2 del código IMDG. El certificado de embalaje en el contenedor puede ser integrado en el documento de movimiento. Un ejemplo es mostrado en el Anexo 14.8 del presente documento.

### 9.2.2.2 INSTRUCCIONES ESCRITAS

A fin de tomar acciones en forma inmediata en caso de algún accidente o incidente, el conductor debe tener tarjetas de emergencia de transporte para cada producto peligroso transportado y ser informado brevemente acerca de lo siguiente:

- Designación, clase y número de NU,
- Posibles peligros a los que se puede exponer debido a los productos,
- Equipo adicional necesario, y
- Medidas para tomar.

No solo las regulaciones ADR, pero además los procedimientos y documentos del Convenio de Basilea deben ser consideradas para los transportes internacionales de residuos peligrosos. Las dos regulaciones algunas veces están superpuestas y a menudo es suficiente el Documento de Movimiento del Convenio de Basilea (ver anexo 14.9) para acompañar el transporte.

### 9.3 Movimiento Transfronterizo de Residuos Peligrosos

Cuando se exporta residuos con PCB a otros países, se debe seguir el procedimiento estipulado por el Convenio de Basilea (ver también capítulo 1.1). Una condición importante bajo el Convenio de Basilea es que el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos u otros residuos pueden llevarse a cabo sólo ante notificación escrita a las autoridades competentes de los estados o países involucrados en la exportación, importación y tránsito y ante el consentimiento de sus autoridades permitiendo el movimiento transfronterizo de residuos. Además, cada embarque de residuos peligrosos u otros residuos debe ir acompañado por un documento de movimiento desde el punto en el cual el movimiento transfronterizo comienza hasta el lugar de eliminación (ver anexo 14.6). Para más información, las autoridades locales deben contactarse con las autoridades competentes del país receptor.

### 9.4 Verificación de carga y seguridad antes que el transporte tenga lugar

#### 9.4.1 Carga de un camión para transporte local

Todos los residuos peligrosos listos para ser transportados tienen que ser embalados y etiquetados de acuerdo con el ADR (ver capítulo 7.1 y 7.2).

### 9.4.2 Carga de cajas contenedoras de 20' para transporte internacional

El tipo de embalaje y transporte depende del método elegido de eliminación y puede variar. Se debería considerar que además de las regulaciones de embalaje nacionales e internacionales, las instalaciones de eliminación deberían, además, tener especificaciones especiales.

Antes de cargar, cada tambor debería ser chequeado nuevamente por posibles daños. Los tambores deben ser manipulados cuidadosamente.

Cuando los residuos son transportados en distancias largas es particularmente importante asegurarse que la carga no puede ser cambiada de lugar o moverse (ver figura 81). La carga puede ser idealmente asegurada por medio de una óptima utilización de espacio y mediante medidas de seguridad tales como cintos de ajuste, placas de madera antideslizantes y bolsas de aire (air bags). También es necesario asegurarse que el peso del embalaje individual en camiones o contenedores sea distribuido equilibradamente. Además, el peso bruto total de carga, que varía de país a país, debe ser considerado.

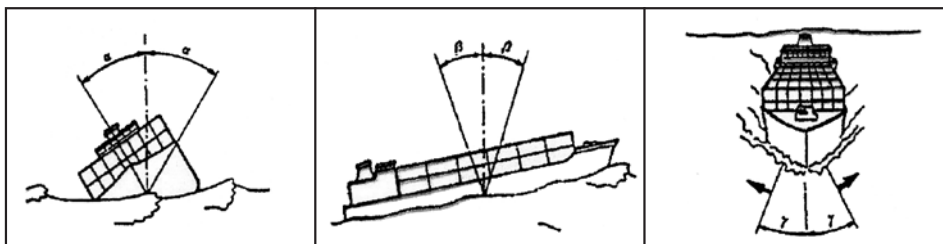


Figura 81: Movimientos de los contenedores ej.: en barcos para tener en consideración

Si se usan las cajas contenedoras de 20' para el transporte, hay espacio para 36 tambores aprobados por las NU en una capa o nivel. Los contenedores deben ser cargados con dos capas o niveles de tambores, por eso, dentro de un contenedor debería cargarse un total de 72 tambores. La próxima lámina ilustra como los tambores son cargados en el contenedor con un piso de tablas de enchapado entre las capas.

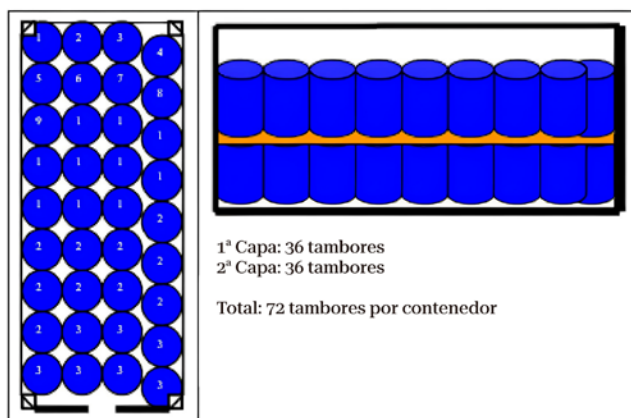


Figura 82: Tambores



Figura 83:  
Carga en el contenedor



Figura 84:  
Elevación del contenedor  
desde el camión

Cuando se transporta transformadores (drenados), los dispositivos deben estar atados o sujetos usando los suficientes cintos fuertes fijados a los ojos del elevador o grúa. La actividad de carga es más fácil si se utilizan contenedores con la parte superior abierta. Sin embargo, tales contenedores deben ser cubiertos con una lona impermeable para protegerlos de la lluvia.

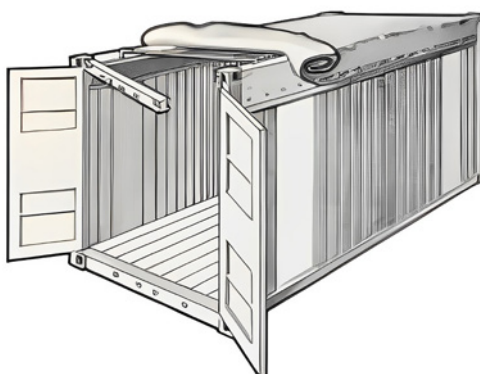


Figura 85:  
Contenedor con  
Apertura Superior



Figura 86:  
Carga de  
Transformadores

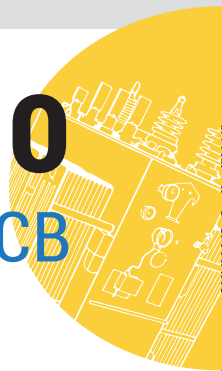
Existen también contenedores especiales para el transporte seguro de transformadores contaminados con PCB que no hayan sido drenados (ver figura 86). Tales unidades sin embargo son bastante costosas.





# CAPÍTULO 10

## ELIMINACIÓN DE PCB



### 10.1 Resumen

Para seleccionar la tecnología más apropiada, se tienen que considerar varios criterios categorizados o con escala de valores y otros sin dicha escala. Entre los criterios no categorizados, o criterio relativo, están incluidos la aceptación pública, los impactos de riesgo ambiental, los cuales dependen de la ubicación del sitio geográfico específico. Los criterios categorizados incluyen la factibilidad del método (de acuerdo con su situación de desarrollo), costo total, concentración mínima alcanzable, tiempo requerido para la limpieza, confiabilidad, mantenimiento, costo del tratamiento posterior y la habilidad para usar el suelo después del tratamiento.

La diferencia entre tecnologías que sólo separan y/o concentran un contaminante (ej.: extracciones de solventes, desorción termal) y se deben considerar aquellos que destruyen al contaminante (ej.: incineración, decoloración o biodegradación). Esas tecnologías que sólo inmovilizan a los contaminantes (ej.: sistemas de llenado de terreno, estabilización y vitrificación) deberían también ser claramente diferenciadas.

Las tecnologías presentadas cubren una amplia variedad de grados de tratamiento y recuperación de los componentes del transformador, un factor que se debe tener en cuenta cuando se comparan tecnologías. La descontaminación nunca es completamente aplicada a todos los compuestos, y esto significa que habrá un residual que debe ser incinerado. En el mejor de los casos esto ocurrirá sólo en las partes porosas (madera y papel) a menos que la técnica con solvente sea aplicada por periodos de procesos largos, y el producto finalmente obtenido el cual debe ser enviado para relleno de terreno si los niveles residuales de PCB son legalmente aceptables. En otras palabras, el costo total del tratamiento, incluyendo el costo de la eliminación final de los residuos se deben tener en consideración.

El último, pero no el menos importante: Cualquiera sea la tecnología elegida, tiene que ser llevada a cabo por una compañía que haya sido aprobada en esta tarea por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADES), y si el residuo con PCB es exportado, debe ser aprobado por la autoridad competente en el país involucrado.

Por otro lado, siendo la eliminación de PCB la última fase en la gestión de PCB en el ciclo de vida del contaminante constituye una base fundamental seleccionar tecnologías y procesos que no solamente eliminen los PCB, sino que además sea económicamente favorable y que esté disponible en el lugar donde esta las existencias con PCB.

En muchos países sin tecnología propia desarrollada, han optado la estrategia que se muestra a continuación:

| Caso                                                 | Fase 1                    | Fase 2                            |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Equipos con 50 ppm o más y menos de 500 ppm de PCB   | Retrolenado               | Declorinación de aceite           |
| Equipos con 500 ppm o más y menos de 5000 ppm de PCB | ---                       | Declorinación de aceite y carcasa |
| Equipos con 5000 ppm o más                           | Empaquetado y exportación | Autoclave y/o incineración        |

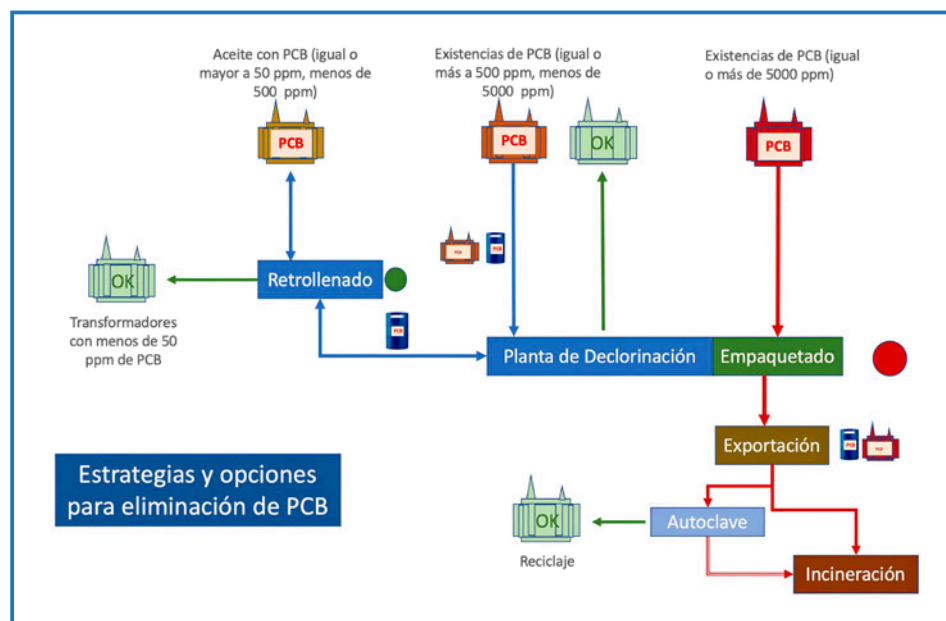


Figura 87: Estrategias y opciones para eliminación de PCB



## 10.2 Situación general de costo

Los costos de eliminación dependen en gran medida de si los tratamientos seguros para el medio ambiente y legalmente están disponibles o si lo estarán en el futuro, o si los residuos tienen que ser exportados para su eliminación final. En el segundo caso, los costos de embarque para los residuos peligrosos tendrían que ser considerados como un importante factor en el presupuesto.

Las nuevas tecnologías hacen básicamente posible la descontaminación de los transformadores en plantas móviles de eliminación de PCB permitiendo por ej.: sólo la exportación de aceite con una concentración de PCB >5000 mg/kg para su eliminación.

## 10.3 Requerimientos legales para el tratamiento de PCB

Mediante la Resolución 138 del 17 de febrero del 2023 que reglamenta el Marco Ley N°2333/2004, la eliminación de PCB deberá ser realizada por un gestor de residuos autorizado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (<https://www.mades.gov.py/gestores-de-residuos-que-cuentan-con-declaracion-de-impacto-ambiental-dia/>), cuando no se proceda a su descontaminación o eliminación. Cuando se lleve a cabo el manejo de PCB incluyendo procesos de reclasificación, retiro de uso, eliminación y descontaminación, deben contar con la respectiva Declaración de Impacto Ambiental.

El poseedor de deberá solicitar la aprobación del Plan de Gestión Integral de PCB, el mismo que contiene el inventario preliminar de existencias y residuos con PCB, un programa de descontaminación y eliminación (que incluye la tecnología a aplicar), un análisis, evaluación y caracterización de riesgos, así como los planes de contingencia y emergencia, de seguridad industrial y de salud ocupacional y de medicina del trabajo.

El operador de la tecnología de tratamiento de PCB también debe obtener su licencia ambiental, debiendo presentar información técnica sobre el sitio donde se ubica la planta de tratamiento, las características de los equipos, de las instalaciones, contenedores de insumos, operaciones de carga y descarga, operaciones de tratamiento de equipos, aceites, y/o materiales sólidos contaminados con PCB, el plan de monitoreo ambiental, además de

los planes exigidos también al poseedor de equipos con PCB (Art. 20 de la Resolución 138 del 17 de febrero del 2023).

### 10.4 Métodos de descontaminación

Existen muchas tecnologías para la eliminación de PCB, en general se pueden clasificar en dos:

- Establecidas
- Emergentes

Las establecidas son aquellas que han logrado un desarrollo suficiente para su aplicación eficiente/económica con resultados satisfactorios.

Con la finalidad de mostrar las principales características en esta guía se desarrollarán las siguientes:

| Rubro        | Proceso                                              | Tecnología                                                                                           |
|--------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Establecidas | Pre-tratamiento o reclasificación de transformadores | Retrollenado                                                                                         |
|              | Declorinación                                        | Proceso en Base a Declorinación Catalizada (BDC)<br>Proceso Eco Logic<br>PCB Gone<br>Tecnología LTR2 |
|              | Eliminación                                          | Incineración a Alta Temperatura<br>Arco de Plasma<br>Vitrificación In Situ                           |
| Emergentes   | Tratamiento                                          | Bio-remediación<br>Solidificación y estabilización<br>Oxidación química<br>Oxidación electroquímica  |

#### 10.4.1 Establecidas

##### 10.4.1.1 PRE-TRATAMIENTO O RECLASIFICACIÓN DE TRANSFORMADORES

###### *Retrollenado*

Similar al proceso PCB Gone (Desaparición de PCB), el Retrollenado está diseñado para reducir concentraciones de PCB a niveles que permitirá

legalmente al transformador permanecer en servicio. El Retrolleado de los transformadores significa vaciar el fluido dieléctrico del equipo y reemplazarlo con aceite nuevo sin PCB. Debido a que la parte interna del transformador es compleja, esta operación puede ser bastante larga. Un problema más serio está relacionado al hecho de que el transformador usualmente contiene componentes de madera y posiblemente de papel. Estos materiales son porosos y retienen el aceite contaminado. Por lo tanto, no es posible, en un tiempo relativamente corto, remover todo el aceite con PCB. El resultado es que cuando el aceite nuevo y limpio es colocado en el transformador hay una filtración gradual hacia afuera del remanente del PCB desde los componentes porosos.

Luego de un período de algunos meses, la concentración de PCB en el aceite nuevo del transformador puede lentamente elevarse nuevamente, quizás por encima de los niveles que se pretendía lograr. El tiempo requerido para que finalice la acción de filtrado, y así parar cualquier pérdida o liberación de PCB dentro del aceite del transformador, depende del tamaño y estructura del equipo. Al cabo de nueve meses que el transformador esté en uso, se realiza un análisis del contenido de PCB después del retrolleado. En algunos casos, posiblemente sea necesario llevar a cabo varias operaciones de retrolleado para lograr el nivel deseado.

Una decisión acerca de la viabilidad de hacer una operación de retrolleado deberá tener en consideración factores locales. Estos son básicamente los costos de llevar a cabo una operación de retrolleado (probablemente sea necesario más de una operación), incluyendo los costos de eliminación de los materiales contaminados producidos por el retrolleado, así como también al final de la vida útil del transformador, a ser considerados comparando con los costos de comprar un nuevo transformador, si el original es descartado. Uno tendrá que considerar también la eficacia más alta del nuevo transformador.

#### 10.4.1.2 DECLORINACIÓN

La declorinación química está basada en reacciones ya sea con un metal alcalino orgánicamente delimitado o un óxido o hidróxido de metal alcalino. Los procesos de declorinación son aplicados para el tratamiento de PCB líquido y aceite contaminado con PCB. El contenido de cloro se convierte en sales inorgánicas las cuales pueden ser removidas de

la fracción orgánica por medio de una filtración. Las reacciones tienen lugar bajo una atmósfera inerte. Algunas compañías proveen plantas de tratamiento móviles, las cuales pueden ser usadas con un transformador de operación en el campo. Existen varios tipos de esta tecnología:

#### *El Proceso en Base a Declorinación Catalizada (BDC)*

El proceso en Base a Declorinación Catalizada (BDC) es un proceso en series operado en etapas y que puede tratar los residuos de PCB hasta 100,000 mg/kg. Se requieren solventes de lavado para los componentes del transformador. Los capacitores deben ser triturados primeramente y luego pueden ser tratados con el proceso de BDC. Es posible lograr una reducción de orgánicos clorados a menos de 2 mg/kg.

#### *Proceso Eco Logic*

La empresa canadiense Eco Logic International Inc. desarrolló la técnica de descontaminación Eco Logic, un proceso que usa la alta temperatura (no de incineración) para producir una reducción química por hidrogeno en fase gaseosa de los compuestos orgánicos a temperaturas de 850° C o mayor. Para compuestos como los PCB, los productos de reducción son el metano y el ácido clorhídrico. Esta reacción se ve reforzada por la presencia de agua, que actúa como un agente reductor y una fuente de hidrógeno.

El proceso se compone de varias etapas. En el primer reactor los productos a ser tratados son preparados en una forma adecuada para su proceso. La reacción de la fase gaseosa ocurre en el reactor principal. La tercera etapa es el sistema de lavado de gases con agente cáustico para mantener un pH entre 6 y 9; el cuarto involucra la compresión de los gases del producto y la unidad de almacenaje.

En el caso de residuos sólidos contaminados tales como equipos eléctricos, éstos deben primero ser abiertos o agujereados para tener acceso. Luego, son tratados en el primer reactor para expeler o expulsar los contaminantes. Esto último es lo que pasa dentro del reactor principal. Los líquidos contaminados pueden ser inyectados directamente dentro del reactor principal para su conversión.

### *PCB Gone (Desaparición del PCB)*

El proceso desarrollado por SD Myers llamado PCB Gone (Desaparición de PCB) es muy específico en los residuos programados que son posibles de tratar, ya que está diseñado para tratar los aceites de los transformadores contaminados con PCB con concentraciones por debajo de 10,000 mg/kg sin la necesidad de remover el transformador o sacar el transformador de servicio. Se obtienen concentraciones por debajo de 2 ppm. Este involucra la circulación del fluido del transformador a través de un sistema de filtración hasta que las concentraciones residuales de PCB estén por debajo de lo requerido. Esta continua re-circulación del fluido a través del transformador en gran medida descarga el PCB desde los bobinados del transformador y otros componentes internos. El aceite tratado está entonces acondicionado para continuar siendo utilizado. Filtraciones de las partes porosas del transformador tales como el aislante de madera y papel pueden ocurrir y entonces el transformador podría requerir otro tratamiento después de un tiempo.

### *Tecnología LTR2*

La tecnología LTR2 (Enjuague a Baja-Temperatura y Re-Utilización/Recuperación) fue desarrollada por ABB y actualmente es promocionado por la empresa alemana ENVIO AG. Luego de drenar el PCB líquido, los residuos remanentes de PCB en el transformador (principalmente en el centro y bobinados) son removidos por medio de fluidos de limpieza bajo condiciones de proceso apropiado y seguro. Cuando el proceso está completo, los materiales secundarios re-utilizables tienen un nivel de contaminación residual de PCB de menos de 5 ppm.

La tecnología LTR2 permite la re-clasificación de muchos transformadores con PCB de manera que puedan ser puestos nuevamente en uso. Los materiales de los transformadores que no van a ser puesto en uso nuevamente son casi enteramente recuperados para ser re-utilizados (chatarras). El fluido y aceite remanente de PCB es incinerado, o destruido en un proceso químico con sodio.

La tecnología es modular y en escala y puede ser instalada en forma económica en pequeñas instalaciones en cualquier país que desee establecer su propia infraestructura de tratamiento del PCB.

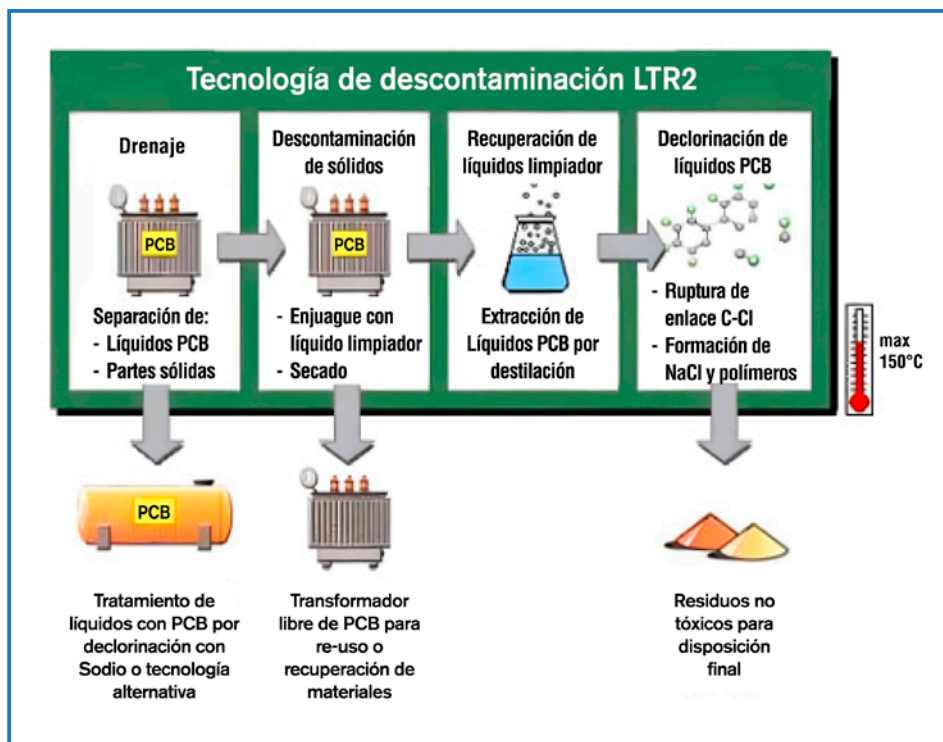


Figura 88: Proceso LTR



Figura 89: Planta de descontaminación LTR

### 10.4.1.2 MÉTODOS DE ELIMINACIÓN

#### *Incineración a Alta Temperatura*

Los incineradores de residuos peligrosos tienen una cámara principal (también llamada cámara primaria) para quemar PCB y otros COPs, así como también plaguicidas indeseables y obsoletos y una cámara posterior de quemado. La cámara secundaria es usada para extender el tiempo de residencia para una máxima destrucción del material y su oxidación termal en gases y sólidos que no se queman.

Seguidamente de la cámara secundaria está el sistema de tratamiento de gas. Este comprende sistemas de enfriamiento rápido que enfría el gas a temperaturas seguras en las que no se forman las Dioxinas y Furanos. Además, los incineradores están dotados con instalación de remoción de Dioxinas tales como un reductor catalítico, precipitadores electrostáticos y otros absorbentes reactivos.

La química de incineración es la oxidación controlada a alta temperatura de los compuestos orgánicos primarios para producir dióxido de carbono y agua. Se pueden producir en el proceso, sustancias inorgánicas tales como sales, ácidos y compuestos. Los procesos de incineración para el manejo de residuos peligrosos son altamente complejos y requieren del control de la cinética de las reacciones químicas bajo condiciones de estado no estable.

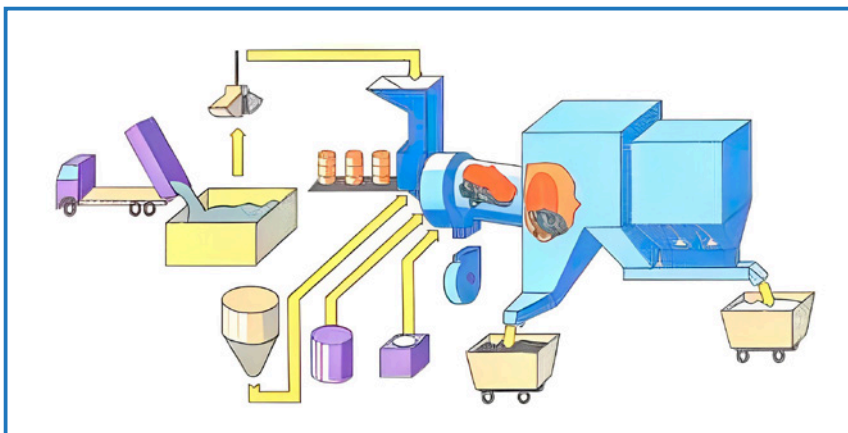


Figura 90: Proceso de Incineración



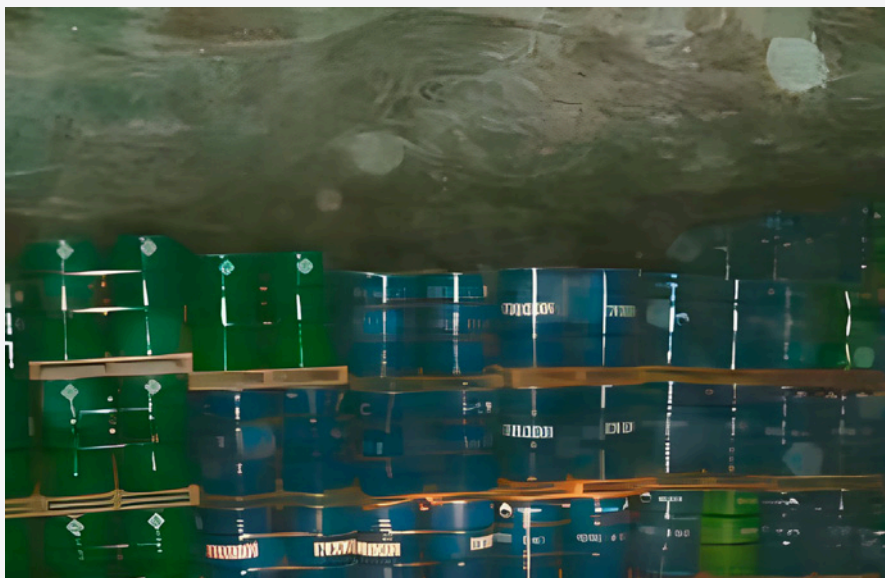


Figura 91: Depósito de residuos bajo tierra de Alemania

### *Arco de Plasma*

La tecnología de sistemas de plasma usa un dispositivo de arco de plasma (a menudo llamado linterna de plasma) para crear temperaturas extremadamente elevadas por arriba de 10,000 °C para la destrucción de residuos altamente tóxicos tales como PCB, COPs y otros. Los sistemas de Arco de Plasma usan energía eléctrica como su fuente de energía y por tanto son costosos.

### *Vitrificación In Situ*

Vitrificación in situ (VIS) es una tecnología disponible comercialmente, usada para tratar sitios contaminados y en el tratamiento de residuos. Es un proceso de tratamiento termal móvil que usa energía eléctrica para calentar y derretir los suelos contaminados, lodo y otros materiales de tierra. Los resultados del tratamiento son la destrucción permanente de contaminantes orgánicos y la inmovilización permanente de los contaminantes inorgánicos dentro del producto vítreo de alta integridad.

## 10.4.2 Emergentes

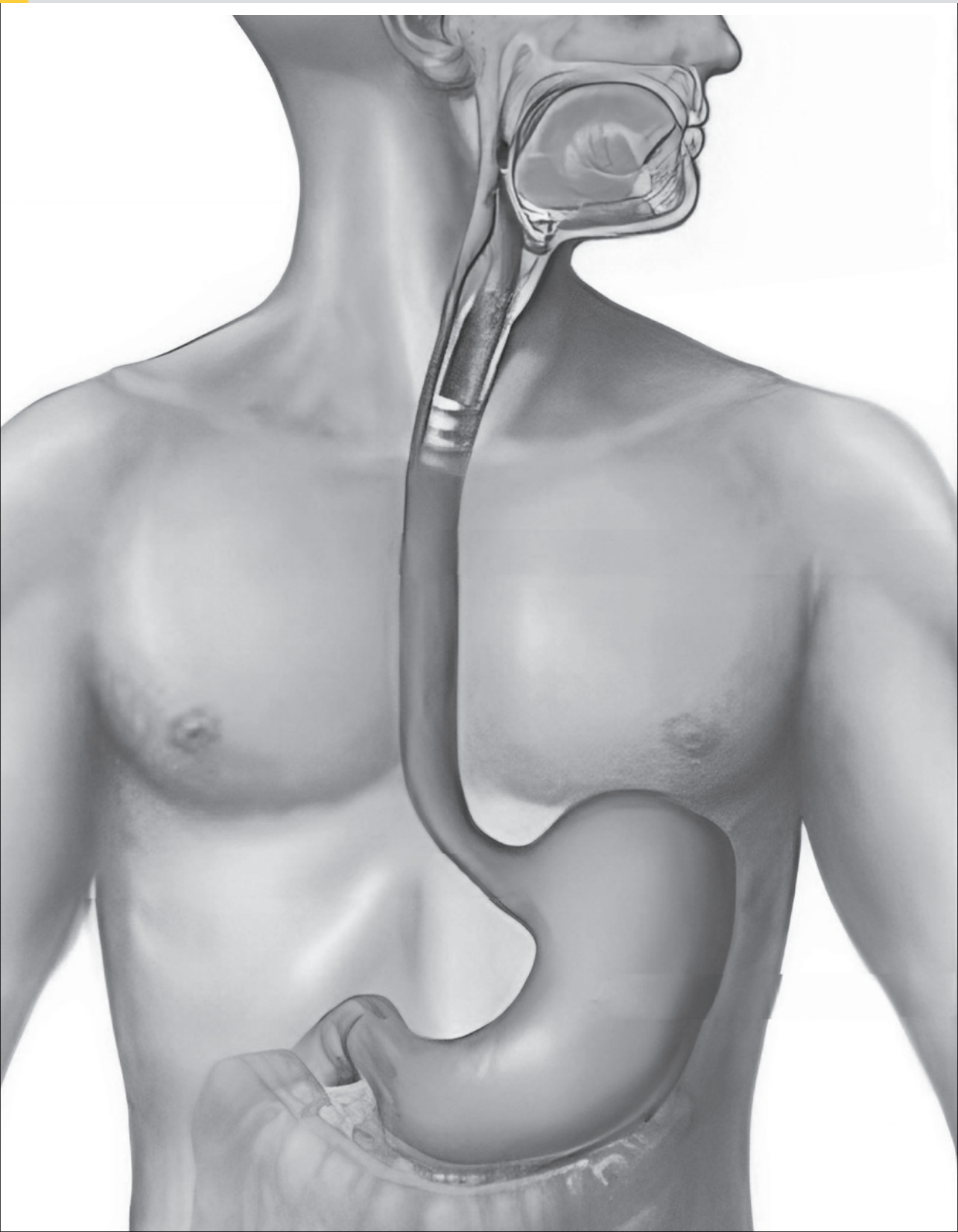
### 10.4.2.1 TRATAMIENTO

#### *Bio-remediación*

La bioremediación se refiere al uso de microorganismos para degradar los compuestos químicos orgánicos que contaminan el suelo. La clave de este proceso es la identificación de un organismo apropiado para llevar a cabo el proceso de bioremediación. Se necesita entender los efectos del contenido de humedad, temperatura, niveles de oxígeno, fuentes de alimentos de manera a lograr una aplicación exitosa. La bioremediación in situ trata el suelo en el sitio y elimina la necesidad de transferir el suelo a otro lugar para su tratamiento. Generalmente este método no es aplicable para sitios altamente contaminados con COPs pero funcionará con bajos niveles de COPs y PCB.

#### *Otras tecnologías en desarrollo*

Existen un número de tecnologías en desarrollo, que no son presentadas en el marco de este manual, que se pueden revisar en las "Directrices técnicas generales sobre el manejo ambientalmente racional de los desechos consistentes en contaminantes orgánicos persistentes, que los contengan o estén contaminados con ellos." (PNUMA, Convenio de Basilea, 2015), y la publicación "Inventory of World-wide PCB Destruction Capacity" (PNUMA, 2004).



# CAPÍTULO 11

## SEGURIDAD

### 11.1 Exposición a los PCB

Hay tres posibilidades por las cuales el PCB ingresa al cuerpo humano: a través de la ingestión ingresa al estómago e intestino, absorción a través de la piel y por inhalación a través de la respiración.

Figura 92:  
Absorción  
por la piel

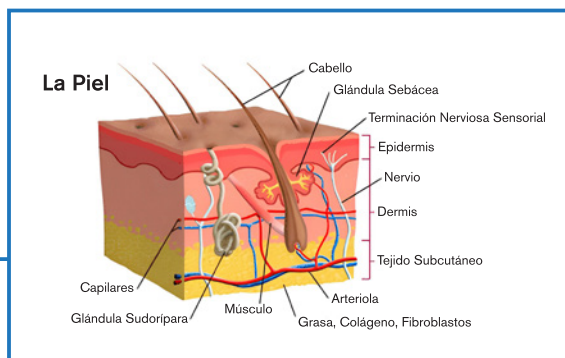
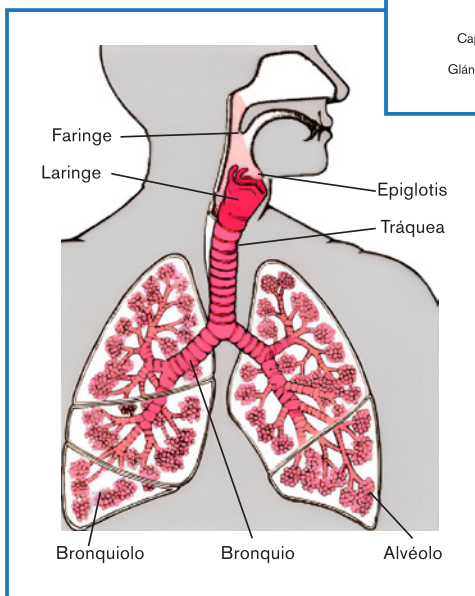


Figura 93:  
Inhalación por  
vía respiratoria

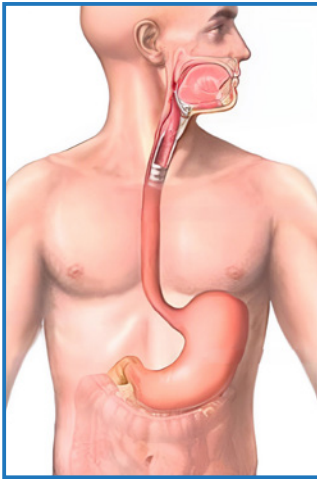


Figura 94:  
Ingestión por  
el estómago/intestino

### 11.1.1 Estómago e Intestino

Como fuera explicado antes, una pequeña cantidad de PCB presente en la comida que ingerimos es absorbida por el estómago y el intestino. Cuando se trabaja con equipos que contienen PCB y materiales contaminados con PCB, es vital obedecer las siguientes reglas para prevenir un incremento en la ingestión de PCB.

Los productos alimenticios no deben ser almacenados o consumidos cerca de equipos que contienen PCB o materiales contaminados con PCB. Después de manejar equipos conteniendo PCB o materiales contaminados con PCB, deben lavarse las manos siempre con agua tibia y jabón.

### 11.1.2 Piel

El riesgo más grande para la gente que maneja el PCB es la exposición a través de la piel, porque ésta absorbe la sustancia muy rápidamente. Es por eso que es importante evitar el contacto directo de la piel con el PCB.

Para proteger la piel del contacto directo con el PCB se debe usar siempre el equipamiento de protección personal apropiado (EPP).

### 11.1.3 Respiración

Los PCB no son muy volátiles. Es por eso que no hay peligro en absorber PCB cuando se está en contacto con pequeñas cantidades, en tanto y en cuanto la ventilación sea suficiente. Si hay un derrame de un tamaño mayor entonces se debe utilizar la máscara de respiración con filtro para vapores y polvo orgánicos.

La protección con máscaras de respiración con filtro para vapores y polvo orgánicos es OBLIGATORIA cuando se enfrentan con derrames más graves o actividades que involucren polvo contaminado.

La protección con máscaras de respiración con filtro para vapores y polvo orgánicos es OBLIGATORIA cuando se enfrentan con derrames más graves o actividades que involucren polvo contaminado.

Un incendio o falla interna de un equipo con PCB puede resultar en la producción de gases altamente tóxicos, Dioxinas y Furanos.

## 11.2 Equipo de Protección Personal (EPP)

La elección de un equipo de protección personal adecuado depende en su mayor parte de las tareas que se van a desempeñar y los riesgos asociados a las mismas.

**TABLA 16: EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

| Tarea                                                           | Equipo de Protección Personal                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Muestreo de líquidos o suelo                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guantes (Vinílico o Nitrilo, no Látex)</li> <li>- Máscara respiratoria ligera (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas voluntario)</li> </ul>                                                                                              |
| Muestreo de un capacitor                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guantes (Vinílico o Nitrilo, no Látex)</li> <li>- Guantes de seguridad, solo mientras la apertura o la perforación.</li> <li>- Máscara respiratoria ligera (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas)</li> </ul>                            |
| Muestreo de concreto o pared de ladrillo (ej.: por perforación) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guantes de cuero</li> <li>- Guantes de seguridad mientras se haga la perforación</li> <li>- Máscara respiratoria ligera (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas)</li> <li>- Protección para los oídos (durante la perforación)</li> </ul> |

| Tarea                                                                                                 | Equipo de Protección Personal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desmantelamiento de capacitores (sin filtración)                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mameluco (overall) de trabajo</li> <li>- Casco (de acuerdo a reglas de seguridad de cada empresa)</li> <li>- Botas con puntera de acero (goma)</li> <li>- Guantes de cuero</li> <li>- Máscara respiratoria ligera solo en caso de liberación o filtración (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas)</li> </ul>                          |
| Desmantelamiento de capacitores (con filtración)                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traje de protección (Tyvek)</li> <li>- Botas (de goma) con puntera de acero</li> <li>- Guantes de Neoprene</li> <li>- Máscara respiratoria ligera (Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas )</li> </ul>                                                                                                                                 |
| Actividades de limpieza (elección de EPP de acuerdo al tipo de contaminación y extensión del trabajo) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traje de Protección (Tyvek)</li> <li>- Botas de goma con puntera de acero</li> <li>- Guantes de Seguridad (trabajo pesado)</li> <li>- Máscara de respiración (liviana o de cara completa, Filtro A2P2; para vapores orgánicos y partículas)</li> <li>- Casco (si fuera necesario)</li> <li>- Protección de oídos (si fuera necesario)</li> </ul> |

Los guantes desechables para el muestreo de líquidos deben ser de Nitrilo o Vinilo. ¡El látex, o guantes de goma Butilo no se deberían usar ya que el PCB podría penetrar a través de ellos!

## 11.3 Protección del medio ambiente

Quando se maneja PCB todas las precauciones de seguridad necesarias se deben tomar para prevenir la contaminación del medio ambiente.

Cuando se toman muestras de un equipo sospechoso de contener PCB o materiales sospechosos de contener PCB, el trabajo se debe conducir en forma ordenada para prevenir derrame del material de muestra. Usar solamente un paño absorbente para aceite como base si fuera necesario.



Todos los materiales de trabajo deben ser limpiados con acetona o eliminados como residuos peligrosos, incluyendo los EPP. Sólo en metal y el vidrio pueden ser limpiados por completo. El material sintético y plástico, madera no pueden ser limpiados y deben ser eliminados como residuos peligrosos.

Cuando uno se enfrenta con equipos con filtraciones o equipos en malas condiciones técnicas durante el inventario, uno se debe asegurar que la filtración puede ser parada o prevenir condiciones que causen contaminación.

En áreas con derrames: El área contaminada debe ser marcada y cercada si fuera posible. Las ropas y los calzados deben ser cambiados en un lugar designado para tal efecto (compartimento) cuando se entre o salga del área contaminada. Si fuera posible, la filtración debe ser localizada y sellada ej.: con una pasta selladora. Además, el equipo con filtraciones debe ser ubicado en una bandeja de acero cuando sea puesto fuera de servicio de lo contrario se debe colocar paños absorbentes alrededor y prever el reemplazo del equipo lo antes posible.

En caso de una filtración debido a un equipo dañado, se debe prevenir que ocurra un derrame sin control colocando una bandeja de acero como medida primaria. Las filtraciones pequeñas deben ser selladas y se debe usar un equipamiento seguro apropiado mientras se lleva a cabo este trabajo. Es por eso aconsejable que el material apropiado (bandeja de acero, guantes de goma, materiales para sellado) se mantenga siempre en la cercanía de dicho equipo.

El suelo o concreto visiblemente contaminado debe ser removido tan rápido como sea posible a fin de evitar una contaminación mayor. Las superficies de los objetos (vehículos, veredas, edificios) deberían ser limpiadas usando materiales absorbentes de aceite y lavando la superficie con solventes. Luego de la limpieza, las superficies deben ser testeadas para verificar el éxito de la limpieza. Los materiales de limpieza usados deberían ser colocados en tambores para su eliminación.



# CAPÍTULO 12

## ACCIONES DE EMERGENCIA Y LIMPIEZA

### 12.1 Acciones de emergencia para incidentes en frío

La filtración de PCB del dispositivo en el medio ambiente se describe como un "incidente en frío".

Los incidentes en frío pueden ser causados por daño mecánico no intencional en la estructura de enfriamiento del transformador o por corrosión en las paredes del transformador. Los derrames además pueden ocurrir durante las actividades de drenaje o en el manejo de aceite almacenado.

En estos casos se deben tomar las siguientes medidas:

#### *Medidas en caso de "incidentes en frío"*

- Si ha filtrado una cantidad importante de PCB del equipo y si hay un riesgo de que el PCB contamine el medio ambiente, la brigada de químicos tiene que ser llamada. Si existen dudas de que el aceite contenga o no PCB, entonces el aceite debe ser considerado como aceite conteniendo PCB hasta que se pruebe lo contrario,
- Informar al doctor a cargo y equipar al equipo químico de respuesta con equipo de protección personal apropiado de acuerdo a lo mencionado en el capítulo 11,
- Apagar la fuente de energía del dispositivo en cuestión y chequear las instalaciones,
- Limitar que se extienda el derrame del aceite sellando la filtración utilizando materiales absorbentes (arena, aserrín, o cemento) o bombeándolo dentro de contenedores apropiados. Si es posible colocar una bandeja de contención de acero por debajo de la filtración,



- Prevenir la contaminación de cursos de agua por causa del PCB. Los drenajes, así como los canales o tuberías que conducen a aguas abiertas deben ser sellados. Además, se debe asegurar que el agua no fluya dentro de las áreas contaminadas (ej.: sistemas de regadíos). A Considerar: Una contaminación de cursos o charcos de agua no necesariamente tiene que ser visible. El PCB es más pesado que el agua y por lo tanto no es visible una película de aceite en el agua,
- Cercar o marcar el área contaminada. Una tienda o carpa con diferentes compartimentos se debe colocar para controlar el acceso de personas y el movimiento del material dentro y fuera de la zona contaminada, de manera de prevenir que áreas limpias se contaminen. El equipo de protección personal se coloca/saca en la tienda cada vez que se entre o salga de la zona contaminada,
- Dentro de la zona contaminada, se debe prestar atención a las suelas de los zapatos. Estos deben estar limpios, de otra manera el piso podría contaminarse con PCB debido a las suelas de los zapatos,
- El piso o concreto contaminado debe ser removido tan pronto como sea posible para prevenir una posterior contaminación cruzada,
- Si el incidente ha ocurrido dentro de un edificio: Evacuar a las personas de todas las salas/edificios involucrados, apagar la ventilación, cerrar las puertas y ventanas, e
- Informar a las autoridades competentes. Todos los detalles acerca del incidente tienen que ser reportados de manera a que la población sea avisada, si fuera necesario (ej.: contaminación del agua potable).

El Plan de respuesta a la emergencia para incidentes en frío se da como una ayuda-memoria para su distribución por separado en el Anexo 14.1. Esta ayuda-memoria debe ser considerada como una lista básica y adaptada a las circunstancias presentes incluyendo direcciones de contacto de las autoridades competentes.

## 12.2 Acciones de emergencia para incidentes en caliente

Los incidentes que involucran a los equipos con PCB pueden además ser causados por cortos circuitos o un incendio en las cercanías del equipo. En caso de un «incidente en caliente» la temperatura en el dispositivo excede el punto de ebullición del PCB (aprox. 300 °C).

Si esto ocurre localmente y solo por un corto tiempo (ej.: corto circuito) los vapores de PCB pueden liberarse y pueden contener Furanos altamente tóxicos (PCDFs). Si el PCB entra en contacto con el oxígeno (fuego) no sólo se formarán Furanos pero además pueden formarse Dioxinas (PCDDs).

### 12.2.1 Incidente causado por una falla interna

Un corto circuito eléctrico (arco) constituye el peligro más grande. En un capacitor, la temperatura puede subir unos miles de grados en fracciones de segundo.

Fallas de este tipo generalmente ocurren en los capacitores. El calor causa exceso de presión en el equipo resultando en la explosión de un capacitor. Una masa negra y viscosa se filtra hacia afuera. Esto es PCB conteniendo carbón negro. Debido al incremento de la temperatura se forma PCB en estado gaseoso el cual se contamina con Furanos. Estos vapores pueden depositar películas de aceite viscoso en instalaciones, pisos y paredes aún a cierta distancia del lugar donde ocurrió el incidente.

Además de las medidas mencionadas en el capítulo previo, los siguientes puntos deben considerarse:

- Equipo de protección personal debe incluir indefectiblemente protección respiratoria,
- Bloquear el edificio inmediatamente y parar la circulación de aire cerrando o sellando las rendijas de ventilación si es posible, y
- Evacuar a la gente de todas las habitaciones en riesgo

Las Figuras 95 y 96 muestran la posición previa de un capacitor que explotó dentro de la batería del capacitor. El aceite se derramó hacia afuera y contaminó la pared detrás del capacitor.





Figura 95: Capacitor incendiado



Figura 96: Incidente en caliente

### 12.2.2 Incendio

Ha sido muy raro ver incendio de transformadores o capacitores. Las causas de los incidentes usualmente fueron por incendios en las cercanías de los equipos que contenían PCB.

Durante un incendio existe peligro de una descomposición del PCB causado por el calor y el efecto del oxígeno. Gases hidroclorados se forman y el proceso de descomposición puede además resultar en Furanos altamente tóxicos (PCDF) y Dioxinas (PCDD).



Figura 97:  
Fuego cerca de una subestación

El 14 de octubre de 2015 tuvo lugar un incendio<sup>2</sup> en un depósito de transformadores de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE), ubicado en el municipio de Laurelty-San Lorenzo (Paraguay). La instalación proporciona electricidad al país y se encuentra en un área metropolitana densamente poblada a 11 km de la capital, Asunción. El sitio<sup>3</sup> cubre aproximadamente 27 ha y el fuego afectó aproximadamente a dos. En el incendio se vieron afectados equipos que incluyen transformadores almacenados, condensadores y otros materiales que pueden contener bifenilos policlorados (PCB), aumentando el riesgo de liberación de Dioxinas y Furanos.

Figura 98:  
Incendio en el  
almacén de  
transformadores de  
ANDE



Figura 99:  
Sitio siniestrado  
es evaluado por  
expertos

2 <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/judiciales-y-policiales/descomunal-incendio-en-subestacion-de-la-ande-1417357.html>

3 [https://www.eecentre.org/Modules/EECResources/UploadFile/Attachment/Reporte\\_Paraguay\\_Final.pdf](https://www.eecentre.org/Modules/EECResources/UploadFile/Attachment/Reporte_Paraguay_Final.pdf)



El 4 de agosto de 2019, un nuevo incendio tuvo lugar, en la subestación de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) ubicada sobre la avenida España y la calle Estados Unidos, límite entre los barrios Ricardo Brugada y San Roque de Asunción. Esto fue ocasionado por la falla de un equipo de maniobra<sup>4</sup> de 66,000 voltios que explotó y ocasionó el incendio<sup>5</sup> posterior.

Figura 100:  
Equipo de maniobra  
de 66,000 voltios  
que se averió



Figura 101:  
Incendio luego  
de la explosión  
del equipo

Como se aprecia, un incendio implica una situación de emergencia donde se deben adoptar medidas inmediatas a fin de controlar la situación, minimizar el accidente y mitigar sus efectos tanto a la salud como al ambiente. Como se ha señalado, si el equipo siniestrado tuviese PCB, la formación y liberación de dioxinas y furanos es lo más probable.

4 <https://www.abc.com.py/nacionales/2019/08/04/falla-en-equipo-de-la-ande-provoco-explosion-e-incendio/>

5 <https://www.ultimahora.com/explosion-e-incendio-subestacion-la-ande-n2835965.html>

El orden de las medidas que deben tomarse en caso de incendio se da a continuación:

Un Plan de Respuesta a una Emergencia para accidentes en caliente tal como una ayudamemoria para su distribución por separado puede ser en-contrado en el anexo 14.5.

Instrucciones para la brigada contra incendios debería incluir:

- Usar CO2 para extinguir el fuego,
- Si no se utiliza agua para nada, entonces sólo usarla para enfriar el ambiente,
- Si se utiliza agua, ésta no debe fluir dentro del sistema cloacal o aguas abiertas (¡cañerías!), y
- Las ropas de protección que hayan estado en contacto con el PCB o los productos de combustión (hollín) deben ser considerados como tóxicos y eliminados apropiadamente.
- Llamar a la brigada contra incendio inmediata y cuidadosamente, describan la situación de manera a que se elija el equipo apropiado para las operaciones contra incendio. Si existiera dudas si los dispositivos contienen o no PCB, entonces ellos deben ser considerados como que sí contienen PCB hasta que se pruebe lo contrario. Llamar a la brigada contra incendios en forma inmediata puede reducir drásticamente los efectos de un incidente,
- Informar al médico a cargo y equipar al equipo de respuesta químico con un equipo apropiado de protección personal. El equipamiento de protección propuesto en el capítulo 6 no es suficiente para áreas donde las Dioxinas y Furanos han sido liberados (y difícilmente puestos a mano en cualquier lugar). Consecuentemente, el equipo de respuesta químico debería aproximarse al área en peligro si fuera absolutamente necesario,
- Apagar o desconectar la electricidad,
- Sellar herméticamente las habitaciones o todo el edificio. Apagar los sistemas de ventilación,
- Evacuar a la gente de todos los edificios involucrados, y a mayor escala en la dirección del viento,
- Informar a las autoridades competentes: Todos los detalles acerca del incidente tienen que ser reportados de manera que la población sea advertida o evacuada, si fuera necesario, y
- Cercar la zona contaminada y controlar estrictamente el acceso. Solamente a las personas que usan equipo de protección personal adecuado se le permite el acceso a la zona. Cuando se cerca el lugar, se debe considerar la dirección del viento.

## 12.3 Primeros auxilios en caso de contacto con el PCB

La siguiente tabla resume las acciones inmediatas que se tienen que tomar después de una exposición al PCB. Adicionalmente, las personas expuestas deberían visitar a un doctor.

**TABLA 17: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS**

| Tipo de Exposición                        | Medida                                                                                                  |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - PCB Líquido sobre la piel               | - Usar agua y jabón para lavar a fondo                                                                  |
| - PCB Líquido en los ojos                 | - Enjuagar los ojos con agua corriente tibia por 15 minutos, siempre manteniendo los ojos bien abiertos |
| - PCB Líquido en la boca y en el estómago | - Enjuagar la boca con agua, no tomar nada más, ver al doctor inmediatamente                            |
| - Vapores con la concentración de PCB     | - Llevar a la gente afectada afuera al aire libre                                                       |

## 12.4 Limpieza luego de los incidentes

### 12.4.1 Evaluación de un incidente

En caso de un incidente, el operador o propietario del equipo debe tratar de obtener la siguiente información en forma inmediata y ponerlo por escrito para permitir una primera evaluación de la situación.

La evaluación del incidente, que está hecho por expertos, depende en gran medida de la calidad de la información y respuestas obtenidas de las siguientes preguntas:

- ¿Hay caminos de acceso usados para posibles operaciones de lucha contra incendios (contaminación cruzada)?
- ¿Cuándo y dónde exactamente ocurrió el incidente (orden de eventos)?
- Si el incidente ocurrió en una habitación cerrada, debe informarse, si la ventilación estaba en uso y cuando se apagó, respectivamente. Adicionalmente, los nombres de todas las personas que estuvieron en contacto con el PCB o humo deben ser listados (para un cuidado médico, si fuera necesario).



- ¿Hay caminos de acceso usados para posibles operaciones de lucha contra incendios (contaminación cruzada)?
- ¿Cuándo y dónde exactamente ocurrió el incidente (orden de eventos)?
- Si el incidente ocurrió en una habitación cerrada, debe informarse, si la ventilación estaba en uso y cuando se apagó, respectivamente. Adicionalmente, los nombres de todas las personas que estuvieron en contacto con el PCB o humo deben ser listados (para un cuidado médico, si fuera necesario).

Los incidentes deben ser informados inmediatamente al MADES y de acuerdo al Plan de Contingencias.

Basado en la información recibida, los expertos toman las muestras que son analizadas para determinar la extensión de la contaminación. Las actividades de limpieza deberían empezar sólo después de disponer de los resultados exceptuando las acciones inmediatas, ej.: controlar el derrame de aceite (para prevenir una posterior contaminación del suelo, concreto y aire).

#### 12.4.2 Métodos de descontaminación

La técnica de descontaminación depende de la extensión de la contaminación, el (los) contaminante(s), la concentración, y el material contaminado propiamente (concreto, suelo, cerámica, plástico).

**TABLA 18: TÉCNICAS DE POSIBLE DESCONTAMINACIÓN EN MATERIALES CONTAMINADOS**

| Material                         |          | Técnica                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Suelo                            | b:<br>a: | Remover hasta que el material esté por debajo del límite máximo permitido por la legislación vigente.<br>Remover hasta que el material esté por debajo del límite máximo permitido por la legislación vigente.                                                                    |
| Pisos de concreto sin protección | b:<br>a: | Usar limpiadores industriales de aspiración con filtros apropiados y lavar en húmedo los pisos<br>Repetir el proceso de raspado con solvente seguido por una limpieza por absorción hasta que el material esté por debajo del límite máximo permitido por la legislación vigente. |
| Paredes, paredes de ladrillos    | b:<br>a: | Usar agua para limpiar o remover el yeso<br>Ver pisos de concreto                                                                                                                                                                                                                 |

| Material                                                |          | Técnica                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Techos interiores                                       | b:<br>a: | Usar limpiadores industriales de aspiración con filtros apropiados para limpiar y lavar (en mojado) los techos<br>Ver pisos de concreto |
| Metales sin tratar, paneles de ventanas                 | b:<br>a: | Usar solventes para limpiar cuidadosamente<br>Ídem                                                                                      |
| Superficies metálicas c/Cobertura (pinturas o barnices) | b:<br>a: | Usar solventes para limpiar<br>Remover completamente la cobertura                                                                       |
| Partes plásticas (material aislante, etc.)              | b:<br>a: | Usar solventes para limpiar<br>Remover, reemplazar                                                                                      |
| Instalaciones                                           | b:<br>a: | Desmantelar completamente y usar solventes para limpiar<br>Limpiar o remover, dependiendo de la concentración y cantidad                |

b: Baja concentración, seca, hollín no pegajoso, película no visible de aceite

a: Alta concentración, visible película de aceite, derrames, charcos, hollín pegajoso

La opción de los solventes apropiados o agentes limpiadores debe hacerse caso por caso. Se recomienda usar acetona técnica para limpiar el hollín, polvo y materiales similares. Los derrames se limpian mejor usando un agente de limpieza biodegradable o solventes orgánicos.

Un suelo o concreto visiblemente contaminado debería ser removido de manera a evitar contaminaciones mayores y posteriores. Las superficies de los objetos (vehículos, veredas, edificios) deberían ser limpiados primeramente usando materiales absorbentes de aceite y luego ya sea utilizando un proceso de raspado con solvente o usando un detergente de limpieza biodegradable. Después de la limpieza, las superficies deberían ser analíticamente testeadas para chequear el éxito de la limpieza. El proceso de descontaminación tiene que ser repetido hasta que la contaminación sea menor que el valor límite permitido (actualmente a 25 mg/kg - Resolución No. 1190/08). Si este procedimiento no es exitoso, la estructura debe ser removida.

Los derrames dentro del agua suponen un dificultoso problema de limpieza y requerirá de una consideración especial. Ya que los PCB puros son más densos que el agua, ellos se asientan en el fondo y será necesario efectuar un drenaje de los sedimentos contaminados.

### 12.4.3 Protección de trabajadores y medio ambiente

En algunos casos serios, el área contaminada debería ser sellada con una tienda o carpa de protección alrededor de la zona. Dicha tienda o carpa debe ser hermética, protegida contra el clima y con acceso de control o un sistema de compartimentos. Se debe ingresar a la zona contaminada sólo a través de este sistema y el personal debe usar equipo de protección personal (EPP) cuando ingresa. El propósito de este aislamiento es para prevenir una contaminación cruzada del ambiente. Un sistema exhaustivo de control instalado en la tienda o carpa recoge y filtra (a través de un filtro de carbono activado) el polvo y las partículas contaminadas que se forman durante las actividades de limpieza.



Figura 102: Rompimiento de un Concreto Contaminado

### 12.4.4 Eliminación

La eliminación apropiada de los residuos es una parte muy importante de las actividades de limpieza después de un incidente con PCB. Desafortunadamente, este aspecto es a menudo sub- estimado durante la fase de planificación. No sólo el suelo contaminado o materiales removidos del edificio contaminado, pero también residuos relacionados tales como bolsas del limpiador aspirador, solventes, equipos de protección personal, material de limpieza, y materiales desechados de sellamientos. todos deben ser eliminados de una manera segura para el medio ambiente. Más detalles acerca de la disposición final o eliminación se detallan en el capítulo 10.

## 12.5 Chequeo de limpieza (Monitoreo)

La supervisión de las actividades de limpieza por un experto independiente y/o representantes de la autoridad competente es un elemento clave de éxito y debería ser considerado como una asistencia útil. Un muestreo representativo durante y al final de las actividades de limpieza puede probar que el remanente de la contaminación no exceda los valores tolerables y acordados.

### 12.5.1 Remanente de contaminación tolerable después de la limpieza

Los valores guía para un remanente de contaminación tolerable debe ser decidida en cooperación con el MADES e involucra a los especialistas. Más aún, el control de la contaminación después de la limpieza debería ser reglamentado. Puede tener sentido determinar los valores límites caso por caso, dependiendo del proyecto. Los siguientes valores límites máximos permisibles establecidos en la legislación:

- Sólidos: 50 mg/kg PCB o ppm PCB
- Aire: 0.2 µg/m<sup>3</sup> PCB

Y puede ser considerado el siguiente valor guía:

- Superficies: 10 ng/m<sup>2</sup> 2,3,7,8 – TCDF



# CAPÍTULO 13

## GLOSARIO

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADR                          | Acuerdo Europeo sobre transporte internacional terrestre para productos peligrosos                                                                                                                                                                                                    |
| Aprobación CSC               | Convención para seguridad de contenedores; La aprobación (placa) confirma que un contenedor está conforme a la Convención para Seguridad de Contenedores                                                                                                                              |
| Aprobado por las NU          | Equipo que cumple los procedimientos específicos de las Naciones Unidas sobre testeos o pruebas                                                                                                                                                                                       |
| Askarel                      | Nombre comercial del aceite con PCB (USA, Monsanto)                                                                                                                                                                                                                                   |
| Banco de Capacitor (LV)      | Capacitores por "grupo" corrección -FE; el(los) capacitor(es) es(son) conectados a la LV-barras de una estación de transformador, la cual alimenta a un número de consumidores con motores individuales, máquinas de soldar, etc.                                                     |
| Banco de Capacitor (General) | Prácticamente hay tres diferentes medios de corrección del factor energía (FE): Capacitores para corrección -FE "individual"; el capacitor está directamente conectado a las terminales de un equipo (motores, máquinas de soldar, etc.) produciendo los "kilovars de revestimiento " |
| BV                           | Bajo voltaje (230/400VAC)                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Caja - Contenedor            | Existen varios tipos disponibles de contenedores de 20' y 40', el más común es la Caja-Contenedor con una puerta frontal, en un contenedor de apertura superior, el techo puede ser removido para actividades de carga y descargas (ej.: ideal para transformadores)                  |
| Capacitor                    | Equipo o unidad para suministrar kilovats para corrección de factor de energía de un sistema eléctrico; Algunos capacitores fueron fabricados con PCB como fluido refrigerante                                                                                                        |
| Banco de capacitores (MV)    | Capacitores por corrección-FE por "central" instalación grande de capacitor conectado a barras de mediano y gran voltaje de una sub-estación donde muchos aparatos eléctricos individuales (motores etc.) de varios tamaños operan en diferentes horarios y periodos.                 |
| CG                           | Cromatografía Gaseosa; Procedimiento para la determinación de sustancias evaporadas                                                                                                                                                                                                   |
| Congénere                    | Dependiendo del número y posición de los átomos de cloro en la molécula del Bifenilo, 209 isómeros y homólogos Bifenilos Clorados son posibles teóricamente. Un compuesto solo de este grupo se llama congénere PCB.                                                                  |
| Contenedor de 20'            | Expresión Internacional usada para Contenedores de Transporte o Almacenamiento con un tamaño estándar de 2 x 2 x 6 metros (Contenedores de 40' - 2 x 2 x 12 metros)                                                                                                                   |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COP                 | Contaminantes Orgánicos Persistentes                                                                                                                                                                                                                           |
| DCE                 | Detector de Captura de Electrón; Detector por CG                                                                                                                                                                                                               |
| DIN                 | Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán para la Estandarización)                                                                                                                                                                                      |
| EPP                 | Equipo de Protección Personal                                                                                                                                                                                                                                  |
| ESM Equipo PCB      | Este(os) equipo(s) será(n) entrenados en las actividades de desmantelamiento de capacitores conteniendo PCB dentro del Proyecto Suizo. Además, el equipo también podrá y será equipado para desempeñar actividades básicas de limpieza y de emergencia.        |
| ETI                 | Environmental Technology International Ltd. / Suiza                                                                                                                                                                                                            |
| Fluido Refrigerante | Fluido Dieléctrico                                                                                                                                                                                                                                             |
| Fuente Primaria     | Un producto al que el PCB es adherido voluntariamente para influir en las características del producto (ej.: fluidos refrigerantes para los transformadores como Askarel, Pyralene, Clophen, etc.); Tales productos emanan PCB continuamente                   |
| Fuente Secundaria   | Un producto que originalmente era libre de PCB, pero luego es contaminado por PCB emitido desde la fuente primaria (ej.: por emisión desde las fuentes primarias o uso de tuberías contaminadas, mangueras, etc.) Tales productos también liberan o emanan PCB |
| GEF                 | The Global Environment Facility (GEF) es una entidad internacional financiera con 183 países como miembros                                                                                                                                                     |
| IATA RPP            | IATA regulaciones sobre transporte de productos peligrosos / transporte aéreo                                                                                                                                                                                  |
| IMPP                | Código Internacional marítimo de productos peligrosos / transporte vía marítima                                                                                                                                                                                |
| mg/kg               | Miligramo por kilogramo                                                                                                                                                                                                                                        |
| MV                  | Medio voltaje (Normalmente en el rango entre 11 y 66kV)                                                                                                                                                                                                        |
| µg                  | Microgramo                                                                                                                                                                                                                                                     |
| ng                  | Nanogramo (1000 ng = 1 µg)                                                                                                                                                                                                                                     |
| OMS                 | Organización Mundial de la Salud                                                                                                                                                                                                                               |
| PCB                 | Bifenilos Policlorados                                                                                                                                                                                                                                         |
| PCDD                | Dibenzo-p-dioxinas o dioxina; producto derivado del PCB altamente tóxico                                                                                                                                                                                       |
| PCDF                | Dibenzofuranos o furano; producto derivado del PCB altamente tóxico                                                                                                                                                                                            |
| Persistente         | Muy poco degradable en el medio ambiente                                                                                                                                                                                                                       |
| PNUMA               | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente                                                                                                                                                                                                         |
| ppm                 | Partes por millón (mg/kg)                                                                                                                                                                                                                                      |
| REEE                | Residuos de equipos eléctricos y electrónicos                                                                                                                                                                                                                  |
| RIP                 | Regulación para el transporte internacional de productos peligrosos / transporte ferroviario                                                                                                                                                                   |
| Seveso              | Lugar cerca de Milán/Italia, donde fueron liberadas dioxinas en 1976 durante un accidente y consecuentemente contaminó vastas áreas de la región                                                                                                               |
| Sistemas Abiertos   | Aplicaciones donde el PCB se consume durante su uso o no se elimina apropiadamente luego de su uso; los sistemas abiertos emanan PCB directamente en el medio ambiente (ej.: suavizantes en PVC, neopreno y otras gomas conteniendo cloro)                     |

|                   |                                                                                                                                                                      |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistemas cerrados | Capacitores y transformadores, donde el PCB mismo está en contenedores completamente cerrados; PCB raramente se liberan de sistemas cerrados (en buenas condiciones) |
| Transformador     | Equipo usado para aumentar o reducir voltaje; transformadores conteniendo PCB son usualmente instalados en sitios o edificios donde la electricidad es distribuida.  |
| TVV               | Terminación de vida- vehículos                                                                                                                                       |
| UNIDO             | Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial                                                                                                    |



# CAPÍTULO 14

## ANEXOS

### 14.1 Plan de Respuesta de Emergencia para Incidentes en frío

La siguiente tabla muestra las medidas a tomarse en caso de incidentes con PCB. Para cada tipo o naturaleza de derrame el orden de las acciones a ser tomadas está indicado por los números.

**TABLA 19: RESPUESTA DE EMERGENCIA PARA INCIDENTES EN FRÍO CON PCB**

| Medidas                                                                                                             | Naturaleza del derrame                        |                                  |                     |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------|
|                                                                                                                     | Filtración dentro de un sistema de contención | Derrame sobre concreto y asfalto | Derrame sobre Suelo | Derrame dentro del agua |
| Notificar al personal de la planta, autoridades competentes y de respuesta química                                  | 1                                             | 1                                | 1                   | 1                       |
| Informar al médico responsable y ponerse un adecuado Equipo de Protección Personal (evitar contaminación personal!) | 2                                             | 2                                | 2                   | 2                       |
| Prevenir a la gente y/o vehículos de entrar en áreas contaminadas                                                   | 3                                             | 3                                | 3                   | 3                       |
| Si es aplicable: Desconectar el equipo en cuestión de la energía Verificar la conexión a tierra                     | 4                                             | 4                                |                     |                         |
| Conectar todos los drenajes a cloacas y lugares de deshecho, usar absorbentes (arena, cemento)                      |                                               | 5                                | 4                   |                         |
| Parar la fuente: Sellar las filtraciones usando materiales apropiados, ubicar bandeja de goteo bajo la filtración   | 5                                             | 6                                | 5                   | 4                       |
| Contención del derrame: Construir diques para contener el PCB en pequeñas áreas                                     |                                               | 7                                | 6                   |                         |
| Cubrir con plástico para minimizar escurrimientos por la lluvia                                                     |                                               | 8                                | 7                   |                         |
| Área de presa, si es posible, cerrar el paso a naves de aguas navegables                                            |                                               |                                  |                     | 5                       |
| Clausurar el área contaminada, Levantar tiendas o carpas con compartimentos                                         | 6                                             | 9                                | 8                   |                         |
| Usar bombas para transferir PCB dentro de los tambores, remojar los PCB con absorbentes                             | 7                                             | 10                               | 9                   | 6                       |
| Dragar para recoger suelo contaminado/sedimento                                                                     |                                               |                                  | 10                  | 7                       |
| Proceso repetido de raspado con solvente seguido por una limpieza por absorción                                     | 8                                             | 11                               |                     |                         |
| Tomar muestras de profundidad para determinar la contaminación remanente                                            |                                               | 12 (2,5 cm prof)                 | 11 (60 cm prof)     |                         |
| Extracción por desprendimiento de concreto contaminado                                                              |                                               | 13                               |                     |                         |
| Embalar los residuos de acuerdo con el ADR y disponer o eliminar como residuos peligrosos                           | 9                                             | 14                               | 12                  | 8                       |
| Monitorear pozos y otros cuerpos de agua en las cercanías por contaminación de PCB                                  |                                               |                                  | 13                  |                         |

## 14.2 Plan de Respuesta a Emergencia por Incidentes en Caliente

La siguiente tabla muestra las medidas que deben tomarse en caso de incidentes con PCB. Para cada uno de los diferentes tipos o naturaleza de derrames, el orden de las acciones a ser tomadas se indica por los números.

**TABLA 20: RESPUESTA DE EMERGENCIA PARA INCIDENTES DE PCB EN CALIENTE**

| Medidas                                                                                                                                    | Naturaleza del incidente                     |                                                                       |                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                                                                            | Falla Interna<br>Sin explosión del<br>equipo | Falla Interna del<br>capacitor<br>Explosión del equipo<br>con derrame | Incendio en las cerca-<br>nías del equipo |
| Notificar a las brigadas contra incendios                                                                                                  |                                              |                                                                       | 1                                         |
| Notificar al personal de planta, a las autoridades de<br>respuesta química y autoridades competentes                                       |                                              | 1                                                                     | 2                                         |
| Informar al doctor responsable y ponerse un Equipo de<br>Protección Personal (máscara de respiración)                                      |                                              | 2                                                                     | 3                                         |
| Prevenir que la gente ingrese a las áreas contaminadas                                                                                     |                                              | 3                                                                     | 4                                         |
| Desconectar el equipo siniestrado de la fuente de energía                                                                                  | 1                                            | 4                                                                     | 5                                         |
| Desmantelar el equipo                                                                                                                      | 2                                            |                                                                       |                                           |
| Evacuar y cerrar el edificio, cortar la circulación de aire,<br>taponando las rejillas de ventilación                                      |                                              | 5                                                                     | 6                                         |
| Parar la fuente: Sellar las filtraciones con materiales<br>apropiados, colocar una bandeja de goteo bajo la<br>filtración.                 |                                              | 6                                                                     |                                           |
| Restringir el área contaminada                                                                                                             |                                              | 7                                                                     | 7                                         |
| Si no está protegido traje de protección pesada, mante-<br>nerse lejos del área peligrosa. Deje que los especialistas<br>extingan el fuego |                                              |                                                                       | 8                                         |
| Armar una carpa con compartimentos                                                                                                         |                                              | 8                                                                     | 9                                         |
| Procesos repetidos de raspado con solventes seguido<br>por una limpieza con solvente                                                       |                                              | 9                                                                     | 10                                        |
| Tomar muestras de bocado a profundidad para deter-<br>minar penetración                                                                    |                                              | 10 (2,5 cm prof)                                                      | 11 (60 cm prof)                           |
| Tomar muestras por lavado superficial para dioxinas                                                                                        |                                              |                                                                       | 12                                        |
| Corte de porción de concreto contaminado                                                                                                   |                                              | 11                                                                    | 13                                        |
| Usar dragas para recoger el suelo o sedimento conta-<br>minado                                                                             |                                              | 12                                                                    | 14                                        |
| Emballar o guardar los residuos de acuerdo al ADR y<br>eliminarlos como residuos peligrosos                                                | 3                                            | 13                                                                    | 15                                        |

## 14.3 Mejores prácticas de trabajo

**TABLA 21: LAS MEJORES PRÁCTICAS DE TRABAJO**

|                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Cuando se efectúa una reparación de luz o un trabajo de reparación con un equipo conteniendo PCB, se deben tomar las siguientes precauciones de seguridad para la protección de los empleados y el medio ambiente:</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                          | Evitar el contacto directo con materiales contaminados con el uso de guantes y gafas de seguridad. De acuerdo con el tipo de trabajo efectuado, las ropas de protección y máscara de respiración también tienen que ser puestos a disposición de los trabajadores.                                                                               |
|                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                          | El área de trabajo tiene que estar adecuadamente ventilada.                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                          | Prevenir los derrames usando bandejas de goteo o lonas de plástico impermeable.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                          | Evitar el contacto de PCB con una llama o cualquier otra fuente de calor por encima de 300°C (riesgo de liberación de dioxinas y Furanos altamente tóxicos).                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                         | Todos los utensilios y otros materiales de trabajo usados, los cuales estuvieron en contacto con PCB, tienen que ser eliminados como residuos conteniendo PCB de una manera segura para el medio ambiente. Los únicos materiales adecuados para ser descontaminado con un solvente apropiado (acetona técnica) son el acero, vidrio y cerámicas. |
|                                                                                                                                        | Las operaciones que involucran decantación, rebobinado de rosca, siempre deben llevarse a cabo por las compañías autorizadas por la autoridad correspondiente para desempeñar este tipo de trabajo.                                                                                                                                              |

## 14.4 Primeros auxilios en caso de contacto con PCB

### 14.4.1 Medidas de primeros auxilios

| Tipos de Exposición                   | Medida a tomar                                                                                        |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PCB líquido sobre la piel             | Use agua y jabón para lavar abundantemente                                                            |
| PCB Líquido en los ojos               | Enjuague los ojos con agua corriente tibia por 15 minutos, manteniendo siempre los ojos bien abiertos |
| PCB Líquido en la boca y el estómago  | Enjuague la boca con agua, no beba nada más, vea al doctor inmediatamente.                            |
| Vapores altamente concentrados de PCB | Lleve a las personas afectadas fuera del lugar al aire libre                                          |



### 14.5 Embarque de muestras de PCB: embalaje y etiquetado

De acuerdo con el Convenio Europeo concerniente al Transporte Internacional de Productos Peligrosos por vía Terrestre (ADR) y la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA).

TABLA 22: CONTENEDORES PARA MUESTRAS

|                                 |                                                                       |                                                                                    |  |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Para PCB líquido                | Botellas de vidrio<br>250 mL, 30 mL,<br>20 mL o 2 mL<br>(max. 250 mL) |  |  |
| (Aceite de transformador, etc.) |                                                                       |                                                                                    |  |
| Para PCB sólido                 | Frascos de vidrio<br>60 mL                                            | Contenedor PE-HD<br>750 mL, 500 mL, 250 mL (máx. 1 kg)                             |  |
| (Suelo, arena, concreto, etc.)  |                                                                       |                                                                                    |  |

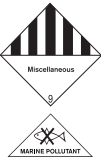
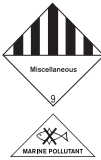
Los contenedores deben estar herméticamente cerrados y marcados con una descripción detallada de la muestra.

TABLA 23: EMBALAJE EXTERIOR

|                                                                                                                                           |                      |                   |                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|
| Transporte terrestre y ferroviario                                                                                                        | Para PCB líquido     | Para PCB sólido   |                   |
| No es necesario un embalaje aprobado por las UN                                                                                           | Cajas de cartón      | Cajas de cartón   | Cajas de Plástico |
|                                                                                                                                           | (máx. 2 litros PCB)  | (máx. 15 kg)      | (máx. 30 kg neto) |
| Transporte aéreo                                                                                                                          | Para PCB líquido     | Para PCB sólido   |                   |
| El embalaje exterior tiene que ser aprobado<br>El tipo de embalaje debe ser elegido de acuerdo al peso de los productos (máx. 220 litros) | Cajas de cartón 4G o | Cajas de Aluminio |                   |
|                                                                                                                                           | Tambores de Fibra 1G |                   |                   |

El embalaje interno debe ser asegurado con materiales de relleno para prevenir cualquier movimiento.

TABLA 24: ETIQUETADO DEL EMBALAJE EXTERNO

| Transporte aéreo:                                                                                      | Muestra de PCB Líquido                                                                                                                                                                        | Muestra de PCB sólido                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Compañías Navieras de IATA.<br>Formulario de Declaración tiene que ser llenado y adjuntado al embalaje | <div>UN 2315</div> <div>POLYCHLORINATED BIPHENYLS, LIQUID</div> <div>Net contents of PCB: .....Litres</div>  | <div>UN 3432</div> <div>POLYCHLORINATED BIPHENYLS, SOLID</div> <div>Net contents of PCB: .....Kg</div>  |
|                       | ETI Environmental Technology International Ltd. Kalchbühlstrasse 18<br>P. O. Box 280<br>CH-7007 Chur / Switzerland                                                                            | Phone: +41 (0) 81 253 54 54<br>Fax: +41 (0) 81 253 66 22<br>E-mail: info@eti-swiss.com<br>Internet: www.eti-swiss.com                                                                     |

Este documento puede sufrir modificaciones en cualquier momento

## 14.6 Documento de notificación para movimientos transfronterizos / envíos de desechos o residuos

|                                                                                                                                            |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1. Exportador - Notificador Registro N°:                                                                                                   |  |                                          |                                    | 3. Notificación N°:                                                   |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre:                                                                                                                                    |  |                                          |                                    | Notificación relativa a                                               |                                                 |                                 |                                                       |
| Dirección:                                                                                                                                 |  |                                          |                                    | A.(i)                                                                 |                                                 | Envío único:                    | <input type="checkbox"/> (ii)                         |
|                                                                                                                                            |  |                                          |                                    | B.(i)                                                                 |                                                 | Eliminación (1):                | <input type="checkbox"/> (ii)                         |
| Nombre del enlace:                                                                                                                         |  |                                          |                                    | C. Instalación de recuperación preautorizada (2;3)                    |                                                 | Sí                              | <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>  |
| Tel:                                                                                                                                       |  | Fax:                                     |                                    | 4. Cantidad total de envíos previstos:                                |                                                 |                                 |                                                       |
| Correo electr.:                                                                                                                            |  |                                          |                                    | 5. Cantidad total prevista (4):                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| 2. Importador - Consignatario Registro N°:                                                                                                 |  |                                          |                                    | Toneladas (Mg):                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre:                                                                                                                                    |  |                                          |                                    | m3:                                                                   |                                                 |                                 |                                                       |
| Dirección:                                                                                                                                 |  |                                          |                                    | 6. Tiempo previsto para el(los) envío(s) (4):                         |                                                 |                                 |                                                       |
|                                                                                                                                            |  |                                          |                                    | Primera partida:                                                      |                                                 | Última partida:                 |                                                       |
| Nombre del enlace:                                                                                                                         |  |                                          |                                    | 7. Tipo(s) de embalaje (5):                                           |                                                 |                                 |                                                       |
| Tel:                                                                                                                                       |  | Fax:                                     |                                    | Requisitos especiales de manipulación (6):                            |                                                 | Sí:                             | <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/> |
| Correo elec.:                                                                                                                              |  |                                          |                                    | 11. Operación(operaciones) de eliminación / recuperación (2)          |                                                 |                                 |                                                       |
| 8. Transportador(es) previsto(s) Registro N°:                                                                                              |  |                                          |                                    | Código D/ Código R (5):                                               |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre(7):                                                                                                                                 |  |                                          |                                    | Tecnología empleada (6):                                              |                                                 |                                 |                                                       |
| Dirección:                                                                                                                                 |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre del enlace:                                                                                                                         |  |                                          |                                    | Razón para la exportación (1;6):                                      |                                                 |                                 |                                                       |
| Tel:                                                                                                                                       |  | Fax:                                     |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Correo elec.:                                                                                                                              |  |                                          |                                    | 12. Designación y composición del desecho (6):                        |                                                 |                                 |                                                       |
| Medio de transporte (5):                                                                                                                   |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| 9. Generador(es)/productor(es) del desecho (1;7,8) Registro N°:                                                                            |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre:                                                                                                                                    |  |                                          |                                    | 13. Características físicas (5):                                      |                                                 |                                 |                                                       |
| Dirección:                                                                                                                                 |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre del enlace:                                                                                                                         |  |                                          |                                    | 14. Identificación del desecho (ingrese los códigos correspondientes) |                                                 |                                 |                                                       |
| Tel:                                                                                                                                       |  | Fax:                                     |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Correo elec.:                                                                                                                              |  |                                          |                                    | (i) Anexo VIII de Basilea (o IX si corresponde):                      |                                                 |                                 |                                                       |
| Emplazamiento y proceso de generación (6)                                                                                                  |  |                                          |                                    | (ii) Código OCDE (si difiere de (i)):                                 |                                                 |                                 |                                                       |
|                                                                                                                                            |  |                                          |                                    | (iii) Lista de desechos de la CE:                                     |                                                 |                                 |                                                       |
| 10. Instalación de eliminación (2):                                                                                                        |  | <input type="checkbox"/>                 | o instalación de recuperación (2): | <input type="checkbox"/>                                              | (iv) Código nacional en el país de exportación: |                                 |                                                       |
| Registro N°:                                                                                                                               |  |                                          |                                    | (v) Código nacional en el país de importación:                        |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre:                                                                                                                                    |  |                                          |                                    | (vi) Otros (especificar):                                             |                                                 |                                 |                                                       |
| Dirección:                                                                                                                                 |  |                                          |                                    | (vii) Código Y:                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
|                                                                                                                                            |  |                                          |                                    | (viii) Código H (5):                                                  |                                                 |                                 |                                                       |
| Nombre del enlace:                                                                                                                         |  |                                          |                                    | (ix) Clase NU (5):                                                    |                                                 |                                 |                                                       |
| Tel:                                                                                                                                       |  | Fax:                                     |                                    | (x) Número NU:                                                        |                                                 |                                 |                                                       |
| Correo elec.:                                                                                                                              |  |                                          |                                    | (xi) Nombre de envío NU:                                              |                                                 |                                 |                                                       |
| Emplazamiento efectivo de eliminación/recuperación:                                                                                        |  |                                          |                                    | (xii) Código(s) aduanero(s) (SA):                                     |                                                 |                                 |                                                       |
| 15. Países/Estados interesados (a), N° de código de autoridades competentes cuando proceda (b), puntos específicos de salida o entrada (c) |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Estado de exportación/Procedencia                                                                                                          |  | Estado(s) de tránsito (entrada y salida) |                                    |                                                                       |                                                 | Estado de importación - Destino |                                                       |
| (a)                                                                                                                                        |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| (b)                                                                                                                                        |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| (c)                                                                                                                                        |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| 16. Oficinas de aduana de entrada y/o salida y/o exportación (Comunidad Europea):                                                          |  |                                          |                                    |                                                                       |                                                 |                                 |                                                       |
| Entrada:                                                                                                                                   |  | Salida:                                  |                                    | Exportación:                                                          |                                                 |                                 |                                                       |

|                                                                                                                                                                                  |                                                                                   |                                         |                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| <b>17. Declaración del exportador - del notificador / del generador/del productor (1):</b>                                                                                       |                                                                                   |                                         |                          |
| Certifico que la información es completa y correcta, a mi leal saber y entender. Asimismo, certifico que se han contraído por escrito las obligaciones contractuales             |                                                                                   |                                         |                          |
| jurídicamente aplicables/vinculantes y que el seguro o las garantías financieras aplicables respecto del movimiento transfronterizo están o estarán en vigor.                    |                                                                                   |                                         | <b>18. Cantidad de</b>   |
| <b>Nombre del exportador - notificador:</b>                                                                                                                                      | <b>Firma:</b>                                                                     | <b>Fecha:</b>                           | <b>anexos adjuntos</b>   |
| <b>Nombre del generador - productor:</b>                                                                                                                                         | <b>Firma:</b>                                                                     | <b>Fecha:</b>                           |                          |
| <b>PARA USO DE LAS AUTORIDADES COMPETENTES</b>                                                                                                                                   |                                                                                   |                                         |                          |
| <b>19. Certificación hecha por la autoridad competente de los países de importación - destino / tránsito (1) / exportación - procedencia (9): autoridad competente de (país)</b> | <b>20. Consentimiento por escrito (1;8) del movimiento hecho por la</b>           |                                         |                          |
| <b>País:</b>                                                                                                                                                                     | <b>Consentimiento dado el:</b>                                                    |                                         |                          |
| <b>Notificación recibida el:</b>                                                                                                                                                 | <b>Consentimiento válido desde: hasta:</b>                                        |                                         |                          |
| <b>Certificación enviada el:</b>                                                                                                                                                 | <b>Condiciones específicas:</b><br><br><b>No:</b><br><br><input type="checkbox"/> | <b>Si sí, véase el recuadro 21 (6):</b> | <input type="checkbox"/> |
| <b>Nombre de la autoridad competente:</b>                                                                                                                                        | <b>Nombre de la autoridad competente:</b>                                         |                                         |                          |
| <b>Sello y/o firma:</b>                                                                                                                                                          | <b>Sello y/o firma:</b>                                                           |                                         |                          |
| <b>21. Condiciones específicas para dar el consentimiento al movimiento o razones para objetarlo</b>                                                                             |                                                                                   |                                         |                          |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                   |                                         |                          |
|                                                                                                                                                                                  |                                                                                   |                                         |                          |

- 1) Requerido por el Convenio de Basilea
- 2) En el caso de una operación R12/R13 o D13 a D15, adjuntar también la información correspondiente sobre la(s) instalación(instalaciones) R1 a R11 o D1 a D12 subsiguientes cuando sea necesario.
- 3) Debe rellenarse en caso de movimientos dentro de la zona de la OCDE y sólo si se aplica B ii).
- 4) Adjuntar una lista pormenorizada si se trata de varios envíos
- 5) Véase la lista de abreviaturas y códigos en la próxima página
- 6) Adjunte detalles si es necesario
- 7) Adjunte una lista si hay más de uno
- 8) Si lo estipula la legislación nacional
- 9) Si se aplica en virtud de la decisión de la OCDE

## Lista de abreviaturas y códigos utilizados en el documento de notificación

### **OPERACIONES DE ELIMINACIÓN (Recuadro 11)**

- D1 Depósitos sobre o dentro de la tierra (p. ej., vertedero, etc.)
- D2 Tratamiento del suelo (p.ej., biodegradación de desechos líquidos o fangosos en suelos, etc.)
- D3 Inyección profunda (p. ej., inyección de desechos bombeables en pozos, bóvedas de sal o fallas geológicas naturales, etc.)
- D4 Embalses superficiales (p. ej., vertidos de desechos líquidos o fangos en canteras, estanques, lagunas, etc.)
- D5 Vertederos especialmente preparados (p. ej., vertidos en compartimentos estancos separados, recubiertos y aislados unos de otros y del medio ambiente, etc.).
- D6 Vertido en una extensión de agua, con excepción de mares y océanos
- D7 Vertido en mares/océanos incluyendo inyección en el lecho marino
- D8 Tratamiento biológico no especificado en otro número de esta lista y que dé lugar a la generación de compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones mencionadas en esta lista
- D9 Tratamiento físico químico no especificado en otro número de esta lista que dé lugar a compuestos o mezclas finales que se eliminen mediante cualquiera de las operaciones descritas en esta lista (p. ej., evaporación, secado, calcinación, etc.)
- D10 Incineración en tierra
- D11 Incineración en el mar
- D12 Depósito permanente (p. ej., colocación de contenedores en una mina, etc.)
- D13 Mezcla o combinación antes de someter los desechos a cualquiera de las operaciones mencionadas en esta lista
- D14 Reenvasado antes de someter los desechos a cualquiera de las operaciones mencionadas en esta lista
- D15 Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones incluidas en esta lista

### **OPERACIONES DE RECUPERACIÓN (Recuadro 11)**

- R1 Uso como combustible (salvo incineración directa) u otros medios para generar energía (Basilea/OCDE) - Uso principalmente como combustible u otros medios para generar energía (UE)
- R2 Recuperación o regeneración de solventes
- R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se usen como solventes
- R4 Reciclado o recuperación de metales y compuestos metálicos
- R5 Reciclado o recuperación de otros materiales inorgánicos
- R6 Regeneración de ácidos y bases
- R7 Recuperación de componentes empleados para reducir la contaminación
- R8 Recuperación de componentes provenientes de catalizadores
- R9 Regeneración u otra reutilización de aceites usados
- R10 Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o el mejoramiento ecológico
- R11 Uso de materiales residuales resultantes de cualquiera de las operaciones numeradas R1 a R10
- R12 Intercambio de desechos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas R1 a R11
- R13 Acumulación de materiales destinados a cualquiera de las operaciones incluidas en esta lista

| TIPOS DE EMBALAJE<br>(Recuadro 7)        | CÓDIGO H Y CLASE DE LAS NACIONES UNIDAS<br>(Recuadro 14) |          |                                    |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------|------------------------------------|
|                                          | Clase NU                                                 | Código H | Designación                        |
| Tambor                                   | 1                                                        | H1       | Explosivo                          |
| Barril de madera                         | 3                                                        | H3       | Líquidos inflamables               |
| Bidón                                    | 4.1                                                      | H4.1     | Sólidos inflamables                |
| Caja                                     | 4.2                                                      | H4.2     | Sustancias o desechos suscepti-    |
| Bolsa                                    |                                                          |          | bles de combustión espontánea      |
| Embalaje mixto                           | 4.3                                                      | H4.3     | Sustancias o desechos que, en      |
| Receptáculo a presión                    |                                                          |          | contacto con el agua, emiten       |
| A granel                                 |                                                          |          | gases inflamables                  |
| Otros (especificar)                      | 5.1                                                      | H5.1     | Oxidantes                          |
|                                          | 5.2                                                      | H5.2     | Peróxidos orgánicos                |
|                                          | 6.1                                                      | H6.1     | Tóxicos (venenosos) agudos         |
|                                          | 6.2                                                      | H6.2     | Sustancias infecciosas             |
|                                          | 8                                                        | H8       | Corrosivos                         |
|                                          | 9                                                        | H10      | Liberación de gases tóxicos en     |
|                                          |                                                          |          | contacto con el aire o el agua     |
|                                          | 9                                                        | H11      | Sustancias tóxicas (con efectos    |
|                                          |                                                          |          | retardados o crónicos)             |
|                                          | 9                                                        | H12      | Ecotóxicos                         |
|                                          | 9                                                        | H13      | Capaz, por cualquier medio,        |
|                                          |                                                          |          | después de su eliminación, de      |
|                                          |                                                          |          | producir otro material, p. ej., un |
|                                          |                                                          |          | producto de lixiviación, que posee |
|                                          |                                                          |          | alguna de las características      |
|                                          |                                                          |          | arriba expuestas                   |
| MEDIO DE TRANSPORTE<br>(Recuadro 8)      |                                                          |          |                                    |
| R= Carretera                             |                                                          |          |                                    |
| T = Tren/ferrocarril                     |                                                          |          |                                    |
| S = Mar                                  |                                                          |          |                                    |
| A = Aire                                 |                                                          |          |                                    |
| W = Aguas interiores                     |                                                          |          |                                    |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS<br>(Recuadro 13) |                                                          |          |                                    |
| 1. Pulverulento/polvo                    |                                                          |          |                                    |
| 2. Sólido                                |                                                          |          |                                    |
| 3. Viscoso/en pasta                      |                                                          |          |                                    |
| 4. Fangoso                               |                                                          |          |                                    |
| 5. Líquido                               |                                                          |          |                                    |
| 6. Gaseoso                               |                                                          |          |                                    |
| 7. Otros (especificar)                   |                                                          |          |                                    |

Para más información, en particular en relación con la identificación del desecho (recuadro 14), es decir, sobre los códigos de los anexos VIII y IX del Convenio de Basilea, los códigos de la OCDE y los códigos Y, consultar el Manual de Instrucción/Orientación, que se puede solicitar a la OCDE o a la secretaría del Convenio de Basilea.

## 14.7 Documento de notificación para movimientos transfronterizos / envíos de desechos o residuos

|                                                                                                                                                                                                                                      |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 1. Correspondiente a la notificación N°:                                                                                                                                                                                             |                 | 2. Número de serie/total de envíos:<br>/                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                         |
| 3. Exportador - Notificador<br>Registro N°:<br>Nombre:<br><br>Dirección:<br><br>Nombre del enlace:<br><br>Tel:                                      Fax:<br>Correo elec.:                                                            |                 | 4. Importador - Consignatario<br>Registro N°:<br>Nombre:<br><br>Dirección:<br><br>Nombre del enlace:<br><br>Tel:                                      Fax:<br>Correo elec.:                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |
| 5. Cantidad efectiva:                                                                                                                                                                                                                | Toneladas (Mg): | M3:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Fecha efectiva de envío |
| 7. Embalaje      Tipo(s)      Cantidad de<br>(1):                                      bultos:<br>Requisitos especiales de manipulación: (2)      Sí: <input type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>                          |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
| 8.(a) Primer transportista (3):<br>Registro N°:<br>Nombre:<br>Dirección:<br><br>Tel:<br>Fax:<br>Correo elec.:                                                                                                                        |                 | 8.(b) Segundo transportista:<br>Registro N°:<br>Nombre:<br>Dirección:<br><br>Tel:<br>Fax:<br>Correo elec.:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                         |
|                                                                                                                                                                                                                                      |                 | 8.(c) Último transportista:<br>Registro N°:<br>Nombre:<br>Dirección:<br><br>Tel:<br>Fax:<br>Correo elec.:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                         |
| ----- Para ser rellenado por el representante del transportista ----- Más de 3 transportistas (2) <input type="checkbox"/>                                                                                                           |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |
| Medio de transporte (1):<br>Fecha del transbordo:<br>Firma:                                                                                                                                                                          |                 | Medio de transporte (1):<br>Fecha del transbordo:<br>Firma:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                         |
| 9. Generador(es)/productor(es) del desecho (4;5;6):<br>Registro N°:<br>Nombre:<br><br>Dirección:<br><br>Nombre del enlace:<br>Tel:                                      Fax:<br>Correo elec.:<br>Emplazamiento de la generación (2): |                 | 12. Designación y composición del desecho (2):<br><br><br>13. Características físicas (1):<br><br>14. Identificación del desecho (ingrese los códigos correspondientes)<br>(i) Anexo VIII de Basilea (o IX si corresponde):<br>(ii) Código OCDE (si difiere de (i)):<br>(iii) Lista de desechos de la CE:<br>(iv) Código nacional en el país de exportación:<br>(v) Código nacional en el país de importación:<br>(vi) Otros (especificar):<br>(vii) Código Y: |                         |
| 10. Instalación de eliminación <input type="checkbox"/> o instalación de recuperación <input type="checkbox"/><br>Registro N°:<br>Nombre:<br>Dirección:                                                                              |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nombre del enlace:<br>Tel: _____ Fax: _____<br>Correo elec.: _____<br>Emplazamiento efectivo de eliminación/recuperación (2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (viii) Código H (1):<br>(ix) Clase NU (1):<br>(x) Número NU:<br>(xi) Nombre de envío NU:<br>(xii) Código(s) aduanero(s) (SA):                     |
| 11. Operación (operaciones) de eliminación/recuperación<br>Código D/ Código R (1):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                   |
| 15. Declaración del exportador - del notificador / del generador/del productor (4):<br>Certifico que la información que figura más arriba es completa y correcta, a mi mejor saber y entender. Asimismo, certifico que se han contraído por escrito obligaciones contractuales jurídicamente exigibles/vinculantes, que están en vigor el seguro o las garantías financieras aplicables respecto del movimiento transfronterizo y que se han recibido todas las autorizaciones necesarias de las autoridades competentes de los países interesados.<br><br>Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____ |                                                                                                                                                   |
| 16. Para uso de toda persona que haya participado en el movimiento transfronterizo en caso de que se requiera información adicional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                   |
| 17. Envío recibido por el importador - consignatario (si no es la instalación):                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Fecha: _____ Nombre: _____ Firma: _____                                                                                                           |
| <b>PARA SER RELLENADO POR LA INSTALACIÓN DE ELIMINACIÓN / RECUPERACIÓN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                   |
| 18. Envío recibido en la instalación de eliminación <input type="checkbox"/> o instalación de recuperación <input type="checkbox"/><br><br>Fecha de recepción: _____ Aceptado: <input type="checkbox"/> Rechazado*: <input type="checkbox"/><br>Cantidad Toneladas (Mg): m3: _____ *comunicarse<br>recibida: _____ inmediatamente con las<br>Fecha aproximada de autoridades competentes<br>eliminación/recuperación:<br>Operación de eliminación/recuperación (1):<br>Nombre:<br>Fecha:                                                                                                           | 19. Certifico que se ha completado la eliminación/recuperación del desecho descrito más arriba<br><br>Nombre:<br><br>Fecha:<br><br>Firma y sello: |
| Firma:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                   |

(1) Véase la lista de abreviaturas y códigos en la próxima página

(2) Adjunte detalles si es necesario

(3) Si hay más de tres transportistas, adjunte la información solicitada en los recuadros 8 (a,b,c).

(4) Requerido por el Convenio de Basilea  
 (5) Adjunte una lista si hay más de uno  
 (6) Si lo estipula la legislación nacional

## 14.8 Declaración de productos peligrosos y certificado de embalaje del contenedor

### DANGEROUS GOODS DECLARATION AND CONTAINER PACKING CERTIFICATE

This form meets the requirements of SOLAS 74, Chapter VII, Regulation 4; Marpol 73/78 Annex III, Regulation 4 and Chapter 5.4 (Documentation), Vol. I of IMDG Code.

| 1 Shipper (Name and Address)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |           |          |                                             | 2 Page 1 of __ pages                                                                                                                                                                                    |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------------|----------------|------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|-------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             | 3 B/L Number:                                                                                                                                                                                           |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
| 4 Consignee (Name and Address)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |          |                                             | 5 Shipper's Reference Number:                                                                                                                                                                           |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             | 6 Carrier:                                                                                                                                                                                              |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
| <b>SHIPPER'S DECLARATION:</b><br>I hereby declare that the contents of this consignment are fully and accurately described below by the proper shipping name, and are classified, packaged, marked and labelled/placarded and are in all respects in proper condition for transport according to the applicable international and national government regulations.                         |           |          |                                             |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
| 7 Port of Loading                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |           |          | 8 Vessel/Voyage                             |                                                                                                                                                                                                         |    | 9 1 <sup>st</sup> Relay Port |                |                                    | 10 1 <sup>st</sup> Relay Vessel/Voyage |                    |       |
| 11 2 <sup>nd</sup> Relay Port                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |           |          | 13 2 <sup>nd</sup> Relay Vessel/Voyage      |                                                                                                                                                                                                         |    | 14 Port of Discharge         |                |                                    | 15 Part of Destination                 |                    |       |
| 16 Dangerous Goods Details                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |           |          |                                             |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
| Proper Shipping Name                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | IMO Class | Sub Risk | UN No.                                      | PG                                                                                                                                                                                                      | FP | MP Y/N                       | Gross Wt. (kg) | Net Wt. (kg)                       | Cube (m <sup>3</sup> )                 | Package No. & Type |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                |                                    |                                        | Inner              | Outer |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
| 17 Container No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |           |          | 18 Container Size & Type                    |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                | 19 Seal No.                        |                                        |                    |       |
| 20 Container Tare Wt (kg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |           |          | 21 Total Wt. (kg) (Including Container Wt.) |                                                                                                                                                                                                         |    |                              |                | 22 24 hrs Emergency Contac Tel No. |                                        |                    |       |
| 23 Additional Handling Information<br><br><b>* DANGEROUS GOODS:</b><br>You must specify: proper shipping name, hazard class, UN Number, Packaging Group, Marine Pollutant (where assigned) and observe the mandatory requirements under applicable national and international governmental regulations. For the purposes of the IMDG Code see Provision 5.4.1.4 and DOT-E - CFR 172.203(a) |           |          |                                             | <b>CONTAINER PACKING CERTIFICATE:</b><br>I hereby declare that the goods described above have been packed/loaded into the container identified above in accordance with provision 5.4.2.1 of IMDG Code. |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             | 24 Name of Company                                                                                                                                                                                      |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             | 25 Name/State of Declarant                                                                                                                                                                              |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             | 26 Place and Date                                                                                                                                                                                       |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |           |          |                                             | 27 Signature of Declarant                                                                                                                                                                               |    |                              |                |                                    |                                        |                    |       |