ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Plan de Gestión Ambiental para el Manejo y el Almacenamiento Temporal de los Transformadores y Aceites Contaminados con Bifenilos Policlorados – PCB's

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA MECÁNICA

Presentada por:

Carmen Graciela Zambrano García

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

A G R A D E C I M I E N T O

A todas las personas por su valiosa ayuda en la realización de esta Tesis y especialmente al Ing. Francisco Torres por su invaluable colaboración.

D E D I C A T O R I A

A mis amados padres por brindarme su incondicional ayuda, a mis hijas y a mi esposo por su amor y apoyo incondicional.

TRIBUNAL DE GRADUACIÒN

_____	_____
Ing. Eduardo Rivadeneira P. DECANO DE LA FIMCP PRESIDENTE	Ing. Francisco Torres A. DIRECTOR DE TESIS
_____	_____
Ing. Sandra Vergara G. VOCAL	Ing. Rodolfo Paz M. VOCAL

DECLARACIÒN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

_____

Carmen Graciela Zambrano García

RESUMEN

Descripción del ámbito de la Tesis.

Los Contaminantes Orgánicos Persistentes - COP's son considerados como una gran amenaza a los seres vivos y al medio ambiente, por ésta razón la preocupación mundial de que éstos no sean usados ni fabricados.

Los Bifenilos Policlorados – PCB's son sustancias químicas industriales clasificadas como Contaminantes Orgánicos Persistentes. No existen de manera natural, son extremadamente tóxicos, por eso el empeño de que organizadamente se puedan retirar de forma gradual en el sector eléctrico ecuatoriano y garantizar el manejo adecuado de los mismos para finalmente conseguir la destrucción ambientalmente más adecuada con el apoyo económico de entidades nacionales e internacionales.

Descripción del problema.

Aproximadamente hace cinco años el Ecuador fue seleccionado como uno de los 12 países piloto que participarían en el Proyecto ***"Desarrollo del Plan Nacional de Implementación para la Gestión de Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Ecuador"*** financiado por el Fondo Mundial

para el Medio Ambiente – GEF y sustentado bajo la guía técnica del PNUMA. Las actividades del proyecto se desarrollarían en 5 etapas. Actualmente después de casi cinco años aún se encuentra en la cuarta etapa: Formulación de un Plan de Acción, sin contar con al última etapa que es la más importante del proyecto la aprobación del Plan de Acción por el mas alto organismo técnico; PNUMA. El sector industrial se involucró participando activamente en los grupos de trabajo o tareas que el Ministerio de Ambiente organizó para el desarrollo del Proyecto.

De los 12 Contaminantes Orgánicos Persistentes – COP's o también llamados la **docena sucia,** se encuentran los Bifenilos Policlorados – PCB's, que son productos industriales, fabricados directamente por el hombre, estos han sido clasificados como sustancias altamente perjudiciales, resistentes a la degradación biológica, química o fotolítica. Debido a la alta toxicidad de los PCB's, las empresas eléctricas del país tienen gran preocupación por los resultados que el Ministerio del Ambiente del Ecuador proporcionó con el inventario preliminar por medio de toma de muestras en algunos de los transformadores y condensadores del país. El volumen de aceite que contiene PCB's representa el 26.76% del total de aceite dieléctrico, es decir de los mas de 20 millones de litros de aceite existentes en el Ecuador mas de 5 millones de litros se encuentran contaminados.

Debido a la gravedad de los daños que causan los PCB's, es necesario buscar las mejores alternativas para la gestión desde el manejo hasta el almacenamiento de los PCB's, mejorando sustancialmente la calidad de vida de los seres vivos así como evitando la contaminación del medio ambiente. El Ecuador cuenta con más de 150.000 transformadores y partiendo de esta información se desarrollará un documento técnico que podrá ser usado como base para la adecuada gestión de estas substancias.

Metodología a Seguir

1. Se hará un análisis e interpretación de los resultados del inventario preliminar elaborado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.
2. Se elaboró un programa para la identificación preliminar de los transformadores mediante la identificación de placas originales, mediante el método por etapas para identificación de PCB's y finalmente por la construcción del transformador.
3. Posteriormente se presentará la forma como se debe elaborar un inventario definitivo de los transformadores.

4. Paralelamente al inventario definitivo se establecerán los procedimientos para toma de muestras y análisis cuantitativo mediante el uso del Kit de Prueba, este método se usará en la primera etapa de tamizaje o screening.
5. Se elaborará un protocolo para la toma de muestras.
6. Se elaborarán procedimientos específicos para el manejo adecuado de los equipos y aceites residuales que tengan PCB's, esto incluye un adecuado mantenimiento, manipulación, reclasificación, además de eliminación de estos compuestos de sitios sensibles.
7. Una vez que se ha diseñado el proceso de gestión para el manejo de los PCB's, se determinará el tipo de almacenamiento que se requiere con las características técnicas adecuadas, la seguridad, los recipientes para almacenamiento, etiquetado de los equipos dentro de las bodegas y más instrucciones para una manipulación segura de estos productos.
8. Se desarrollará un programa de respuestas a emergencias ya sea para el caso de derrames o incendios en los sitios de almacenamiento.
9. Finalmente se plantearán opciones de eliminación final de los PCB's que pueden ser efectivas en el país

Resultados que se esperan obtener:

- Mediante mecanismos adecuados, las empresas eléctricas podrán determinar la existencia de PCB's en sus sistemas, con estos mecanismos pueden ahorrar una gran cantidad de dinero y tiempo en análisis.
- Determinar mediante el rastreo continuo de transformadores y equipos, las prioridades para ser retirados gradualmente del sistema eléctrico.
- Formular un plan de acción para el manejo adecuado de los transformadores y aceites con PCB's.
- Diseñar bodegas de almacenamiento temporal que cumplan con los más altos estándares de construcción y seguridad para que el país pueda en el futuro efectuar una disposición final que sea ambiental y económicamente la más adecuada.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN…….....VI

INDICE GENERAL……XI

ABREVIATURAS……XV

INDICE DE FIGURAS……XVI

INDICE DE TABLAS……XVII

INTRODUCCIÓN…….…....1

CAPITULO 1

1.1 Objetivos…….……3

1.1.1 Objetivo General……...…….....3

1.1.2 Objetivos Específicos…….....3

1.2. Marco Legal……...……...4

1.3. Convenios Internacionales a los que se adscribe el Ecuador respecto del manejo de PCB's…….....8

1.4. Propiedades de los Bifenilos Policlorados y características Toxicológicas……...9

1.5. Los Bifenilos Policlorados y los equipos eléctricos 12

1.6. Aceites con Bifenilos Policlorados 14

1.7. Estudios sobre Bifenilos Policlorados en el Ecuador.....14

1.8. Análisis sobre el inventario preliminar en el Ecuador……..15

CAPITULO 2

2. CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR Y DEFINITIVA DE LOS EQUIPOS CONTAMINADOS CON PCB's…….18

2.1. Clasificación de los PCB's por concentración……...19

2.2. Identificación de los transformadores que pueden contener PCB's……...21

2.2.1 Identificación por las placas originales del fabricante……...21

2.2.2 Método por etapas para la identificación de PCB's……..25

2.2.3 Construcción del transformador……29

2.2.4 Pruebas sencillas para identificación de PCB's ……....30

2.3. Preparación de un inventario de PCB's…….....32

2.3.1 Inventario Preliminar ……34

2.3.2 Inventario Definitivo…….....34

2.4. Muestreo de PCB's…….....35

2.4.1 Toma de muestras……..35

2.4.2 Equipo para toma de muestras……....40

2.4.3 Equipos de protección personal durante el muestreo……..41

2.4.4 Protocolos de muestreo……....42

2.4.4.1 Modalidad del Inventario…….42

2.4.4.2 Instrucciones generales para el muestreo del aceite dieléctrico…….. …43

2.4.4.3 Preservación y transporte de la muestra……..45

2.4.4.4 Procedimiento analítico……46

2.4.4.5 Informes parciales e informe final……..46

2.5. Análisis cualitativo de PCB's ……..….47

CAPITULO 3

3. GESTION DE LOS TRANSFORMADORES Y ACEITES CON BIFENILOS POLICLORADOS……49

3.1.Tipos de análisis para la cuantificación de PCB's en los aceites de transformadores……50

3.2. Mantenimiento de transformadores que contienen PCB's……. ..52

3.3. Fugas y derrames en los transformadores que contienen PCB's……..54

3.4. Reclasificación de los transformadores……56

3.5. Manipulación de transformadores y aceites que contienen PCB's……...59

3.5.1 Precauciones para la salud……...59

3.5.2 Equipos de protección personal (PPE)……63

3.5.3 Ventilación ……...69

3.5.4 Instalaciones para la manipulación de equipos Contaminados…….70

CAPITULO 4

4. BODEGAS DE ALMACENAMIENTO……73

4.1. Tipo de almacenamientos existentes en Guayaquil……73

4.2. Principales características de una bodega de almacenamiento……75

4.2.1 Localización adecuada del sitio de almacenamiento…....77

4.2.2 Características técnicas para la bodega……...77

4.2.3 Recipientes para el almacenamiento…….82

4.2.4 Etiquetado para transformadores contaminados con PCB's en uso o almacenados……84

4.2.5 Seguridad en las instalaciones……...90

4.2.6 Registro de inventario y datos…….....91

4.2.7 Entrenamiento al personal que labora en las Instalaciones…….....92

4.3. Almacenamiento temporal a corto y largo plazo…….....93

4.4. Respuesta a emergencias…….....95

4.4.1 Derrames…….96

4.4.2 Incendios…….98

4.5. Operación y mantenimiento de las bodegas de almacenamiento……...101

CAPITULO 5

5. MÉTODOS DE ELIMINACIÓN FINAL DE LOS ACEITES Y EQUIPOS CON PCB's……103

5.1. Incineración……...104

5.2. Otros métodos de eliminación……107

5.2.1 Hornos de Cemento……..107

5.2.2 Descontaminación de transformadores……108

5.2.3 Descontaminación de aceite de PCB's…….110

5.3 Aplicaciones en el Ecuador……112

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…….116

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

ABREVIATURAS

cm	centímetro
COP's	Contaminantes Orgánicos Persistentes
EE's	Empresas Eléctricas
EPP	Equipo de Protección Personal
g/cm3	gramo/centímetro cúbico
GEF	Global Environment Facility
kg	kilogramo
kPa	kiloPascal
kV	kilovoltio
L	Litro
m	metro
m3	metro cúbico
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
mg	miligramo
mg/kg	miligramo/kilogramo
mg/m3	miligramo/metro cúbico
ml	mililitro
mm	milímetro
PCB's	Bifenilos Policlorados
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
seg	segundo
µg	microgramo

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 2.1	Etiqueta para el Inventario ……..	37
Figura 4.1	Tipo de Bodega Existente…….	76
Figura 4.2	Modelo de Bodega de Almacenamiento de PCB's...	80
Figura 4.3	Modelo de Plano de Bodega de Almacenamiento de PCB's……..	81
Figura 4.4	Etiqueta para Usar Después del Kit de Prueba…….	86
Figura 4.5	Etiqueta para Usar Después de la Cromatografía…	88
Figura 4.6	Etiqueta Sugerida usando la Norma 2266:2000……	89

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Nombre Comerciales de Mezclas de PCB's…….	24
Tabla 2	Empresas Fabricantes de Transformadores con PCB´s……..	27
Tabla 3	Aplicaciones de PCB's por Localización……	28
Tabla 4	Formulario para Inventario……...	33

INTRODUCCIÓN

El tema de investigación propone una alternativa de solución en la Gestión para el Manejo y el Almacenamiento Temporal de los transformadores y aceites dieléctricos residuales contaminados con PCB's.

La gestión adecuada busca cumplir el Convenio de Estocolmo, que entró en vigencia el 17 de mayo de 2004, firmado y ratificado por el Ecuador. Actualmente en nuestro país no se ha definido un plan para la gestión de éstos residuos, menos aún, el Plan de Manejo Ambiental de éstos contaminantes.

Se determinará cual deberá ser el método de análisis para la detección de PCB's que sea confiable y seguro, además se evaluará los beneficios del método propuesto que sean los adecuados para la economía de las Empresas Eléctricas. Se analizará los sitios de almacenamiento temporal seguros para los transformadores y aceites dieléctricos residuales contaminados con PCB's.

Al diseñar un programa de Gestión ambiental para las existencias de PCB's, equipos y aceite residual, se logrará sin duda minimizar los riesgos asociados por la exposición a estos contaminantes.

Tomando como punto de partida el inventario preliminar elaborado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador, se recopilará información disponible en

la empresa eléctrica que mantiene a lo largo de toda la red de energía eléctrica transformadores de distribución y de sus subestaciones que puedan contener equipos contaminados con PCB's.

Finalmente, se diseñará un Programa de Gestión Ambiental del manejo de equipos y aceites residuales contaminados con PCB's en el sector eléctrico que tienda a la minimización del uso de estos materiales así como a su eliminación gradual.

CAPITULO 1

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Desarrollar un programa de Gestión ambiental para el manejo y almacenamiento adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCB´s) en la Ciudad de Guayaquil.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Promover el desarrollo de acciones de seguridad en el manejo de PCB´s a fin de dar cumplimiento del Convenio de Estocolmo, firmado y ratificado por el Ecuador y que entró en vigencia a partir del 17 de mayo de 2004, a partir de propuestas de procedimientos seguros e internacionalmente aceptados.
- Identificar los métodos más convenientes de análisis para detección y cuantificación de PCB´s.

- Evaluar los sitios de almacenamiento temporal más seguros para los equipos y aceites residuales contaminados con PCB´s.

1.2. Marco Legal

En la Constitución Política del Ecuador se incorpora disposiciones del Estado sobre el tema ambiental e inicia el desarrollo del Derecho Constitucional Ambiental Ecuatoriano.

A continuación se presenta un resumen de las leyes, ordenanzas y convenios internacionales que en la actualidad aportan el marco legal ecuatoriano para las actividades relacionadas con el almacenamiento, transporte, tratamiento, importación o exportación de residuos peligrosos, incluyendo los PCB's.

Constitución Política de la República del Ecuador, R.O. No. 1 del 11 de Agosto de 1998, en el TITULO I, artículo 3 establece los deberes primordiales del Estado, defender el patrimonio nacional y cultural del país y proteger el medio ambiente. CAPITULO V, De los Derechos Colectivos. Sección Segunda. Del Medio Ambiente, artículo 86, establece que el Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable, artículo 87, la Ley tipificará las infracciones y

determinará los procedimientos para establecer responsabilidades administrativas, civiles y penales que correspondan a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, por las acciones u omisiones en contra de las normas de protección al medio ambiente, artículo 91, el Estado, sus delegatarios y concesionarios, serán responsables por los daños ambientales, en los términos señalados en el artículo 20 de la Constitución.

Ley de Gestión Ambiental, R.O. No. 245 del 30 de Julio de 1999, TITULO II, Del Régimen Institucional de la Gestión Ambiental: Capítulo II, De la Autoridad Ambiental; Capítulo III, Del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental; Capítulo IV, De la Participación de las Instituciones del Estado. TITULO III, Instrumentos de Gestión Ambiental: Capítulo II, De la Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental; Capítulo III, De los Mecanismos de Participación Social. TITULO VI, De la Protección de los Derechos Ambientales: Capítulo I, De las Acciones Civiles.

Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, R.O. No. 725 del 16 de diciembre de 2002, establece el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus Normas Técnicas: Aire, Agua, Suelo, Ruido y Desechos Sólidos.

Listado Nacional de Productos Químicos Prohibidos, Peligrosos y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador, se declaran las sustancias consideradas como productos químicos peligrosos sujetos de control por parte del Ministerio del Ambiente y que deberán cumplir en forma estricta los reglamentos y las normas INEN que regulen su gestión adecuada.

NTE INEN 2266: Transporte, Almacenamiento y Manejo de Productos Químicos Peligrosos, establece los requisitos y precauciones que deben considerarse para el transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos.

Ley Reformatoria del Código Penal, R.O. No. 2 del 25 de enero del 2000, esta reforma tipifica los delitos contra el medio ambiente y las contravenciones ambientales, además de sus respectivas sanciones.

Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo del IESS, este reglamento se aplica en toda actividad laboral así como en centros de trabajo.

Ley de Aguas, Decreto Supremo No. 369 del 18 de mayo de 1972, esta ley prohíbe la contaminación de las aguas que afecten a la salud humana o al desarrollo de la flora y de la fauna.

Políticas Básicas Ambientales del Ecuador, Decreto Ejecutivo No. 1802 del 1 de junio de 1994, el Estado Ecuatoriano establece como instrumento obligatorio previamente a la realización de actividades susceptibles de degradar o contaminar el ambiente, la preparación, por parte de los interesados a efectuar estas actividades, de un Estudio de Impacto Ambiental y del respectivo Programa de Mitigación Ambiental.

Estudios Ambientales Obligatorias en Obras Civiles, la Industria, el Comercio y Otros Servicios, ubicados dentro del Cantón Guayaquil, aprobada el 15 de febrero de 2001, esta Ordenanza considera la presentación de documentos técnicos que proporcionen información que permita la predicción e identificación de los impactos ambientales, medidas adecuadas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales negativos de cualquier actividad.

Ordenanza que regula la recolección, transportación y disposición final de aceites usados, publicada el 17 de septiembre de 2003, esta ordenanza es fundamental para el manejo de aceites dieléctricos que no estén contaminados con PCB's.

Ley de Régimen para el Sector Eléctrico, R.O. S43 de octubre 10 de 1996 y el Reglamento Sustitutivo del Reglamento general de la ley del Sector Eléctrico, R.O. S-182 de octubre 28 de 1997, Capítulo III, en éste documento se nombra al CONELEC como el ente que dictará

normas y regulará el cumplimiento obligatorio de su plan ambiental de los proyectos de energía eléctrica susceptibles de producir deterioro en el ambiente.

Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas, R.O. No.396 de agosto 23 de 2001, este reglamento contempla la obligación de presentar el Estudio de Impacto Ambiental y de incluir el Plan de Manejo Ambiental de los proyectos eléctricos, además de establecer criterios para la elaboración del estudio ambiental.

1.3. Convenios Internacionales a los que se adscribe el Ecuador respecto del manejo de PCB´s

El Ecuador ha suscrito tres Convenios Internacionales en relación con el manejo de materiales y residuos peligrosos, tales como el Convenio de Basilea, el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Rótterdam.

El Convenio de Basilea tiene como objetivo principal controlar a nivel Internacional los movimientos transfronterizos y el manejo ambientalmente racional de desechos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente. Este convenio sirve como un instrumento jurídico global.

El Convenio de Estocolmo tiene como objetivo principal proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los Contaminantes

Orgánicos Persistentes – COP's. En este grupo se encuentran los Bifenilos Policlorados o PCB's, además se establece las medidas para reducir o eliminar estos contaminantes. El Convenio de Estocolmo ha servido para que el Ecuador pueda establecer los límites de concentración de PCB's de equipos o tanques que contengan líquidos residuales.

El Convenio de Rótterdam tiene como objetivo promover la responsabilidad compartida en el comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos a fin de proteger la saluda humana y el medio ambiente frente posibles daños y contribuir a su utilización ambientalmente racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y exportación.

1.4. Propiedades de los Bifenilos Policlorados y Características Toxicológicas

Los PCB's fueron sintetizados por primera vez en 1881 por Schmidt y Schultz, en 1929 Swan Chemicals Co. de USA comenzaron a producirlos comercialmente bajo la marca AROCLOR. Para 1930 la producción comenzó en Alemania con el sinónimo de CLOPHEN, el pico de producción fue después de la segunda guerra mundial. A partir de 1935 hasta 1977 la compañía Monsanto y Swan Co. produjeron entre

15.000 a 40.000 toneladas al año. En 1955 España, Francia e Italia comenzaron a producir bajo las marcas comerciales de Pyralene, Fenoclor y Apirolio. A finales de 1959 Checoslovaquia también produjo PCB's con los sinónimos de Delor, Delotherm y Hydelor, en 1966 se publicó el primer reporte por contaminación con PCB's en peces y pájaros. La Unión Soviética en 1989 publico por primera vez un estudio sobre los efectos de los PCB's en la salud. En el 2001 el Convenio de Estocolmo fue adoptado por más de 100 países y entró en vigencia el 17 de mayo de 2004

Se estima que la producción mundial fue entre 1.3 a 2 millones de toneladas, siendo el mayor productor los Estados Unidos con 700.000 toneladas, Rusia con 205.300 toneladas, Alemania con 144.000 toneladas, Francia con 116.700 toneladas.

Los Bifenilos Policlorados desde el punto de vista industrial son sustancias químicas muy eficientes. Su constante dieléctrica baja y su punto de ebullición elevado los hace ideales como fluidos dieléctricos. Las principales características de los PCB's son:

- Constante dieléctrica baja
- Baja volatilidad
- Baja solubilidad en agua
- Alta solubilidad en solventes orgánicos

- Alta resistencia al envejecimientos, no se deterioran durante el uso.

Sin embargo, las características tóxicas de estos fluidos son muy graves, considerándose las más significativas:

- No son biodegradables
- Son persistentes en el medio ambiente
- Son bioacumulables
- Son posibles cancerígenos

Desde 1966 los científicos se dieron cuenta que los PCB's son virtualmente indestructibles, los efectos que pueden causar a los seres humanos son graves, pueden causar insuficiencia renal, dolores de cabeza, mareos y cloroacné, además en los sistemas acuáticos afectados por los PCB's existe un crecimiento de población hermafrodita.

En lugares tan remotos como Alaska, entre la población esquimal, se ha encontrado en la leche materna PCB's. Esto se debe a que una de las características importantes de los PCB's es que viajan largas distancias.

Existen varias formas de contaminación, éstas son:

- *Por absorción directa* a través de la piel, se produce cloracné, además de producir irritación en los ojos, cara y piel.
- *Por respiración o inhalación*, produce una serie de reacciones como mareos, dolores de cabeza.
- *Por ingestión,* esta contaminación se produce por ingerir alimentos contaminados con PCB's.

Los efectos en la salud pueden ser de dos clases: efectos agudos y efectos crónicos.

Efectos Agudos.- Entre los efectos agudos que se producen tenemos el cloracné (efecto reversible), irritación de los ojos, cara y piel.

Efectos Crónicos.- Se producen desordenes hepáticos, en animales se han producido deformaciones en los recién nacidos, reducción en la población de machos y alargamiento de los órganos femeninos (hermafroditismo), además de conteo de esperma mas bajo. No se ha determinado que los PCB's causen cáncer pero sí existe aumento en los tumores.

1.5. Los Bifenilos Policlorados y los Equipos Eléctricos

Originalmente el aceite con PCB's fue utilizado como fluido dieléctrico en transformadores, condensadores, disyuntores, etc., gracias a sus excelentes propiedades dieléctricas.

Se considera que la gran parte del aceite contaminado con PCB's se encuentra en los transformadores de distribución. La mayor parte de los transformadores son propiedad de las empresas eléctricas, aunque existe una cantidad muy apreciable de transformadores que pertenecen a personas e industrias privadas.

Los transformadores pueden contener diferentes niveles de contaminación de PCB's. Cuando existe un incendio en una casa o fábrica en la que haya un transformador contaminado con PCB's, éste puede arder y desprender sustancias muy tóxicas conocidas como Dioxinas y Furanos, que son sustancias más tóxicas que los PCB´s.

Desde principios de los años 80, diferentes países han ido eliminando los usos de PCB´s en transformadores. Se puede decir entonces que los transformadores fabricados después de 1986 no contienen PCB´s, aunque en casos de transformadores nuevos de potencia aquí en el Ecuador se detectó concentraciones de 40 ppm, aunque esta concentración está dentro del límite establecido como mínimo, por ser un transformador nuevo la concentración de PCB´s debería ser de menos 2 ppm o 0 ppm, de acuerdo a las normas de fabricación existentes.

Actualmente el gran problema que existe a nivel mundial es la contaminación cruzada de transformadores, esta contaminación es

producto de la utilización de máquinas filtradoras contaminadas con PCB´s o aceite dieléctrico nuevo que contenía PCB´s.

1.6. Aceites con Bifenilos Policlorados

El aceite con puro PCB´s, se utilizó en transformadores diseñados y fabricados para este efecto es decir con altas concentraciones de PCB's (usualmente entre 40% a 80% de PCB's para transformadores). La fabricación de este tipo de transformadores se suspendió en 1979 en Norteamérica y en 1983 en Europa Occidental. Estos quipos son los de más alto riesgo y son conocidos como Transformadores Askarel.

Aceite mineral contaminado con PCB's, se presenta en transformadores construidos y fabricados para usar aceite mineral sin contenido de PCB's y que han sufrido contaminación producto de las actividades de mantenimiento. Estos transformadores de aceite mineral contaminados con frecuencia se conocen como Transformadores contaminados con PCB's.

1.7. Estudios sobre Bifenilos Policlorados en el Ecuador

El Estudio más importante, aunque muy limitado con respecto a los PCB's fue elaborado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador – MAE. El Estudio consistió en el análisis de 426 muestras tomadas en los transformadores de Potencia y de Distribución de las Empresas

Eléctricas de todo el país. Hay que tener en consideración que el total de transformadores en el Ecuador supera las 150.000 unidades.

El análisis de las 426 muestras sirvió como *Inventario Preliminar de los PCB's*, que ayudó a confirmar su presencia, pero estadísticamente la muestra no es muy representativa por lo que el aporte de resultados no reflejaría la realidad, ya que muchas de las EE's del país eligieron transformadores muy antiguos para ser muestreados, por este motivo el porcentaje de transformadores contaminados es muy amplio con respecto al de otros países más desarrollados y mucho más grandes que el nuestro.

El *Inventario Definitivo* deberá ser elaborado por cada una de las EE's y mostrará la real situación de nuestro país con respecto a los PCB's. Para el Inventario Preliminar, el Ecuador contó con la ayuda de GEF – Global Environment Facility y la dirección técnica del PNUMA – Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. El apoyo de estos organismos internacionales a nuestro país refleja la preocupación mundial por la utilización y presencia de estos tóxicos dañinos para los seres vivos y el medio ambiente.

1.8. Análisis sobre el inventario preliminar en el Ecuador

El principal objetivo de la realización del inventario preliminar efectuado en el Ecuador por parte del Ministerio del Ambiente – MAE fue confirmar la existencia de los Bifenilos Policlorados en el sistema eléctrico ecuatoriano.

El Convenio de Estocolmo, impulsa a los países firmantes a presentar una evaluación de las diferentes fuentes de emisión de los contaminantes, como de equipos almacenados y fuentes de emisión que están siendo usadas, un diagnóstico final permitirá evaluar la real situación con respecto a los PCB's.

Para este inventario preliminar se utilizó un equipo que cumple con la Norma USEPA SW-846-9078, el equipo permite medir entre 2 a 2000 ppm en muestras de aceite.

Los resultados que se obtuvieron del inventario preliminar también dependieron de ciertas consideraciones que ayudaron a estimar la cantidad total de aceite existente en el Ecuador. Se calculó que en el país existe un total de 20,447,921 litros de aceite dieléctrico de los cuales 5,472,805 litros de aceite se encuentran contaminados con PCB's.

Como consecuencia los resultados obtenidos superan las expectativas del país, debido a la elevada cantidad de litros que se estima estarían

contaminados. Por tal motivo es importante indicar que el inventario preliminar carecería de cierta validez por lo siguiente:

1.- La gran mayoría de las empresas eléctricas no escogieron al azar los transformadores, estos fueron seleccionados entre los más antiguos por lo que la submuestra seleccionada por cada empresa no es representativa, la elección de los equipos debió ser de años diferentes, desde los mas antiguos hasta los mas nuevos.

2.- La cantidad de muestras (426 en total) analizadas no representan una muestra real, resultaría ser muy pequeña comparada con todo el universo existente (mas de 150,000 transformadores).

3.- En las muestras tomadas por el Ministerio del Ambiente no se usaron protocolos de muestreo.

Finalmente muy pocas empresas eléctricas concientes del daño que causan estos contaminantes decidieron hacer análisis cromatográficos a los transformadores de Potencia (transformadores de Subestaciones), los resultados obtenidos indicaron que los transformadores no estaban contaminados con PCB's.

CAPITULO 2

2. CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN PRELIMINAR Y DEFINITIVA DE LOS EQUIPOS CONTAMINADOS CON PCB's

El Ecuador como muchos países ha establecido sus normas de clasificación de aceites y materiales que contienen PCB's, basados en los reglamentos vigentes de la EPA de los Estados Unidos y en los límites establecidos por el Convenio de Estocolmo para la clasificación, eliminación y usos de PCB's.

En el Anexo A, se presenta un extracto del Convenio de Estocolmo con respecto a las obligaciones que tienen las Partes, como son autoridades nacionales, sectoriales y empresas dueñas de los productos contaminados. El compromiso adquirido por el Ecuador con la firma del Convenio debe ser respetado y acatado.

2.1. Clasificación de los PCB's por concentración

La clasificación por la concentración de los PCB's, es fundamental, ya que de esto dependerá las medidas de eliminación que aplicarán con respecto al manejo adecuado cada Empresa Eléctrica a sus pasivos ambientales que son los PCB's.

Muchos países desarrollados como Alemania, Estados Unidos, Reino Unido, Suecia, Australia, Canadá, Suiza, entre otros, establecen que los transformadores con 50 ppm (partes por millón por peso, que se expresa también como miligramos por kilogramo o mg/kg) de PCB´s constituyen el nivel de referencia para la reglamentación de estos productos. Los transformadores que superan los 50 ppm de PCB's deberán ser manejados de forma específica donde se incluya opciones de tratamiento, disposición final, requisitos de almacenamiento y mantenimiento de equipos con PCB's que aún están en operación.

A continuación se presenta la clasificación por concentración o niveles de concentración que se establece en el país:

Partes por millón (ppm):

- > 500 ppm = Se considera como sustancia "pura de PCB's"
- 50 a 500 ppm = Se considera como sustancia contaminada con PCB's

- 5 a 50 ppm = Se considera como sustancia posiblemente contaminada con PCB's
- < 5 ppm = Se considera como sustancia sin PCB's

De acuerdo a esta clasificación los transformadores o tanques con aceite dieléctrico que tenga menos de 50 ppm se consideran que pueden ser gestionados como materiales libres de PCB's. Es importante indicar que éstos materiales continúan siendo residuos peligrosos, y deberán ser gestionados de acuerdo a la Ordenanza Municipal de la Ciudad de Guayaquil, aunque se hace referencia a la Ordenanza emitida por el Municipio de Guayaquil debe considerarse que el manejo de los aceites dieléctricos residuales se deben gestionar con el mismo criterio en todo el país. La Ordenanza Municipal para Aceites Usados nos indica lo siguiente:

Que los aceites usados, son considerados un residuo peligroso, y su recolección, transporte y disposición inadecuada, carente de control, genera daños al medio ambiente, provocando la contaminación de los recursos suelo, agua, atmósfera y de la biodiversidad.

2.2. Identificación de los transformadores que pueden contener PCB's

Gracias al conocimiento científico sobre el daño causado en la salud y al medio ambiente por éstos contaminantes, muchos países han eliminado el uso y producción de los PCB's. Actualmente la preocupación se centra en los países en vías de desarrollo, como el Ecuador, debido a que aún se siguen usando materiales con altos contenidos de PCB's como son los equipos eléctricos. En el Ecuador no se han reportado afectaciones a la salud o al ambiente causado por el aceite dieléctrico de los transformadores, como ha sucedido en otros países como en Japón, donde se contaminó arroz almacenado dentro de una bodega, uno de los transformadores que estaban ubicados dentro de la instalación perdió aceite el cual se mezclo con el arroz que fue ingerido por personas de la localidad, provocando muertes y graves problemas de cloracné a los que lo ingirieron.

2.2.1 Identificación por las Placas originales del fabricante

La información de origen de un equipo nos sirve como orientación específica pero no absoluta para poder realizar un tamizaje en las primeras etapas de identificación de PCB's en los transformadores, esta información se la toma directamente del equipo que esté en servicio o fuera de servicio, el tamizaje primario ayudará a que los gastos que

se tengan que hacer en análisis costosos se reduzcan para las compañías eléctricas. En un transformador las placas originales del fabricante pueden entregar información si fueron o no construidos con PCB's como a continuación se muestra:

- Los equipos que fueron fabricados y diseñados para operar utilizando PCB's son conocidos comúnmente como equipos askarel. El askarel es un sinónimo de PCB's que es ampliamente conocido y utilizado a nivel mundial. En la Tabla 1, se presenta un listado de nombres comerciales y sinónimos de mezclas de PCB's que muchas compañías fabricantes de transformadores usaron en sus aceites. Este listado nos ayudará a identificar los equipos que tengan estos nombres en sus placas, y se evitará hacer análisis posterior. Si un transformador no cuenta con esta información no es un indicativo de que no contenga PCB's
- Los transformadores que tienen aceite mineral indican en su placa de identificación las siglas ON (*Oil Natural)* u ONAN (*Oil Natural Air Natural)* que significa enfriamiento natural por aceite o por aceite-aire

respectivamente. Estos transformadores en un principio no fueron fabricados con aceites con PCB's, pero gran cantidad de ellos se han contaminado inadvertidamente con PCB's a niveles bajos durante las actividades de mantenimiento normales, debido a que se usan las mismas mangueras, bombas o contenedores sin tomar en consideración si los transformadores estaban contaminados. Este tipo de contaminación se denomina *Contaminación Cruzada.* Se estima que en Europa entre el 30 al 40 % de los equipos que contenían PCB's se contaminaron por este motivo y en las empresas eléctricas del país ha ocurrido lo mismo.

- Otro indicativo que se observa en la placa de identificación en un transformador es que conste la frase *Non Flammable Liquid* , esta identificación se usa exclusivamente en transformadores que fueron fabricados para utilizar liquido no inflamable, es decir PCB's puro.

TABLA 1

NOMBRES COMERCIALES Y SINÓNIMOS DE MEZCLAS DE PCB's

Abuntol (American Corp, EEUU)	C(h)lophen-A50 (Bayer, Alemania)	Kanechlor (KC) (Japón)
Aceclor (Francia)	Clophen-A60	Kaneclor (Japón)
Acooclor (AGEC, Bélgica)	Clophen Apirorlio	Kaneclor 400
Adine (Francia)	Chloresll	Kaneclor 500
Adkarel	Chlorintol (Sprayue Electric Cos, EEUU)	Keneclor
ALC	Choresil	Kennechlor
Apirolio (Italia)	Clorphen	Leromoll (Alemania)
Aplrolio (Caffaro, Italia)	Chlorphen (Jard Corp, EEUU)	Magvar
Apirorlio (Italia)	Clophen (Alemania)	MCS 11489
Aroclor (EEUU, Reino Unido)	Cloresil (Italia)	Montar
Aroclor 1016	Delor (República Checa)	Nepolin
Aroc(h)lor 1221 (Monsanto, EEUU)	Diachlor (Sangano, Electric)	Niren
Aroc(h)lor 1232 (Monsanto, EEUU)	Diaclor (EEUU)	No-Famol
Aroclor 1242	DI (a) conal	No-Flamol (EEUU)
Aroc(h)lor 1248 (Monsanto, EEUU)	Dk (Caffaro, Italia)	NoFlamol (EEUU)
Aroc(h)lor 1254 (PR Mattory 4 Go, EEUU)	DP3,4,5,6	Nonflammable liquid
Aroc(h)lor 1260 (PR Mattory 4 Go, EEUU)	Ducanol (Reino Unido)	Pheneclor
Aroclor 1262	Duconol	Phenoclor (Francia)
Aroc(h)lor 1268 (PR Mattory 4 Go, EEUU)	Dykanol (Cornell Dubilier, EEUU)	Phenochlor
Aroc(h)lor 1270 (PR Mattory 4 Go, EEUU)	Dyknol	Phenochlor DP6
Aroc(h)lor 1342 (PR Mattory 4 Go, EEUU)	EEC-18 (EEUU)	Plastivar (Reino Unido)
Areclor	EEC-IS (Power Zone Transformer, EEUU)	Pydraul (EEUU)
Aroc(h)lor 2565 (Reino Unido, Japón)	Electrophenyl (PCT, Francia)	Pyralene (Francia)
Aroc(h)lor 4465 (Reino Unido, Japón)	Electrophenyl T-60 (Francia)	Pyranol (EEUU)
Aroc(h)lor 5460 (Reino Unido, Japón)	Elemex (McGraw Edison, EEUU)	Pyrochlor
Abestol	E (d) ucaral (Electrical Utilities, EEUU)	Pyroclor (EEUU)
Arubren	Elaol (Bayer, Alemania)	Saf-T-Kuhl
Asbestol (Monsanto, EEUU)	Eucarel (EE UU)	Saft-kuhl (EEUU)
ASK	Fenchlor (Italia)	Santotherm (Japón)
Askarel° (Reino Unido, EEUU)	Fenclor 42,54,70 (Caffaro, Italia)	Santotherm (Francia)
Auxol (Monsanto, EEUU)	Firemaster (EEUU)	Santoterm
Bakola	Flammex (Reino Unido)	Santovac
Bakola 131	Hexol (Federación de Rusia)	Santovac 1
Bakolo (6) (Monsanto, EEUU)	HFO 101 (Reino Unido)	Santovac2
Bromkal (Alemania)	Hydol (EEUU)	Solvol (Federación de Rusia)
Chlorextol (Allis-Chalmers, EEUU)	Hidrol.	Sovol (Federación de Rusia)
Chlorinated Diphenyl	Hyvol	Sovtol (Federación de Rusia)
Chlorinol (EEUU)	Hywol	Therminol (EEUU)
Chlorobiphenyl	Inclar (Arovoc, Italia/EEUU)	Therminol (Francia)
Clophen (Alemania)	Inclor (Italia)	
C(h)lophen-A30 (Bayer, Alemania)	Inerteen 300,400,600 (Westinghouse, EEUU)	

Fuentes: Fiedler 1997; US EPA 1994; Dobson y Van Esch 1993; Swedish Occupational Health and Safety Board 1985; Environment Canada 1985. Convenio de Basilea; Manual de Capacitación.

2.2.2 Métodos por etapas para la identificación de los PCB´s

Este método de ayuda rápida conjuntamente con las placas originales de los transformadores contribuirán a identificar los PCB's. Las tablas que aquí se utilizan con las etapas numeradas nos orientarán a poder identificar estos productos contaminantes. El método por etapas ha sido desarrollado tomando como base lo propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA. Para éste caso el método se ha reducido a dos etapas y cada etapa cuenta con una tabla de consulta.

Etapa 1. Esta primera etapa es para todos los transformadores de un sistema de distribución almacenados y en uso. Se compara el equipo con la información facilitada por la empresa fabricante en lo que respecta a productos que contengan PCB's.

- Se consulta la Tabla 2. Empresas fabricantes de transformadores que contienen PCB`s y si el equipo tiene el nombre de una de estas empresas se considera contaminado con PCB's. Hay también que considerar que las empresas fabricantes de transformadores utilizaron este producto hasta el principio de los años 80. Se considera como norma que

los transformadores fabricados después de 1986 no contienen PCB's

Etapa 2. En el mundo se utilizó los PCB's en muchos productos industriales. Por tal motivo se pueden indicar las posibles localizaciones que se han dado por el uso de este producto contaminante.

- En esta etapa se consultará la Tabla 3, donde constan las aplicaciones de los PCB´s por localización o utilización.

TABLA 2

EMPRESAS FABRICANTES DE TRANSFORMADORES CON PCB´s

País	Empresa Fabricante
EE.UU	Westinghouse
	General Electric Company
	Research-Cottrell
	Niagara Transformer Corp
	Stancard Transformer Co.
	Helena Corp
	Hevi-Duty Electric
	Kuhlman Electric Co
	Electro Ebgineering Works
	R.E. Uptegraff Mfg. Co
	H.K. Porter
	Van Tran Electric Co.
	Monsanto
	Swan Co.
	Esco Manufacturing. Co
ALEMANIA	AEG (Divisiones en Alemania)
	Bayer

TABLA 3

APLICACIONES DE PCB's POR LOCALIZACIÓN

Posibles localizaciones	**Aplicaciones frecuentes con PCB's**
Servicios públicos de electricidad (incluidas las redes de distribución)	Transformadores Grandes capacitores Pequeños capacitores Cables eléctricos rellenos de líquido
Instalaciones industriales (incluidas las industrias del aluminio, e cobre, el hierro y el acero, el cemento, los productos químicos, los plásticos, y el refinado de petróleo)	Transformadores Grandes capacitores Pequeños capacitores Líquidos de termotransferencia Líquidos hidráulicos (equipo)
Operaciones de minería subterránea	Líquidos hidráulicos (equipo)
Instalaciones militares	Transformadores Grandes capacitores Pequeños capacitores Líquidos hidráulicos (equipo)

2.2.3 Construcción del transformador

En el sector eléctrico se puede encontrar una gran variedad de transformadores en tamaño, forma y potencia. La fabricación o construcción de un transformador puede ser un buen indicativo de la presencia de PCB's en el aceite. Este tipo de transformadores se fabricaban sellándolos herméticamente, pues no requerían de mantenimientos mayores. La fabricación con sellado hermético se lo hacía con transformadores grandes de Poder, no con los transformadores de distribución. Aunque el diseño de los transformadores puede variar de acuerdo al fabricante, tienen algunos elementos que nos pueden ayudar a identificarlos:

- Los transformadores tenían la tapa soldada al tanque metálico.
- Este tipo de equipos casi no cuentan con válvulas de muestreo y de drenaje,
- Generalmente tienen válvulas para despresurizar, situadas en la parte superior del transformador.
- Las cajas para realizar las pruebas de cableado en los transformadores son desmontables, evitando la

necesidad de tener contacto con la parte interna del equipo.

2.2.4 Pruebas sencillas para identificación de PCB's

Existen algunas pruebas muy simples para determinar la presencia de PCB's en las muestras del aceite dieléctrico de un transformador pero no son infalibles. La presencia de PCB's se puede detectar por:

- *Prueba simple de densidad.-* Lo que tenemos que conocer primero es que los PCB's puros son sustancias mas pesadas que el agua, y que los aceites minerales pesan menos que el agua. Para efectuar la prueba es necesario tomar una pequeña cantidad de aceite dieléctrico de un transformador, unos 15 ml en un frasco de vidrio transparente nuevo y limpio de 50 ml aproximadamente y luego se colocará 15 ml de agua en el mismo frasco, si el líquido se sumerge al fondo se considera que el aceite es PCB´s puro y entonces el transformador deberá ser almacenado bajo condiciones seguras. Esta prueba deberá complementarse posteriormente por un método de cuantificación para saber la cantidad exacta de contaminante de la muestra.

Si el aceite dieléctrico flota sobre el agua es aceite mineral. Si el aceite dieléctrico no flota ni se va al fondo entonces se considera que esta contaminado con PCB's y se deberá realizar un análisis de cuantificación posteriormente.

- *Prueba simple de Cloro.-* Esta prueba se basa en la presencia de Cloro que contiene el aceite dieléctrico de un equipo. Para esta prueba necesitaremos contar con una porción de cable de cobre grueso (de 2 a 3 mm de diámetro). La punta del alambre se calentará sobre una llama de elevada temperatura. Cuando el cable de cobre está limpio, es decir que no ha tenido contacto con el aceite contaminado no se producirá un cambio en la coloración de la llama si no hasta que el cable alcance el rojo vivo en este momento la llama tendrá un tono anaranjado.

  Se dejará enfriar el cable hasta que pierda la coloración del rojo vivo, luego de esto se lo introducirá en el aceite dieléctrico por aproximadamente 10 seg. Se calienta el cable nuevamente sobre la llama a elevada temperatura y puede que se produzca una llama amarilla y humeante cuando el cobre se aproxima al rojo vivo. Si el amarillo

desaparece y se produce una llama verde brillante es indicativo de que existe cloro.

2.3. Preparación de un inventario de PCB's

Preparar un buen inventario de PCB's es uno de los principales objetivos para que cada empresa eléctrica pueda manejar adecuadamente sus PCB's. El inventario se lo hará a partir de los equipos que son considerados obsoletos o que se encuentran almacenados como chatarra, con el inventario se obtiene valiosa información que nos ayudará a saber la cantidad de quipos por Voltaje, tamaño, cantidad o volumen de aceite, y si contienen o no PCB's. Con esta información definiremos el tipo de almacenamiento que se requiere.

En la Tabla 4 se muestra el formato que servirá para realizar el inventario de los transformadores que se encuentran almacenados y en uso.

TABLA 4

FORMULARIO PARA INVENTARIO

Número de muestra:	
Fecha:	

	Información correspondiente al equipo que pueda contener PCB's		
1	Nombre del fabricante y país de origen		
2	Número de serie		
3	Potencia (voltaje)		
4	Fecha de fabricación		
5	Peso	Equipo (peso seco, kg.)	
		Aceite/líquido (L. o kg.)	
		Peso total (kg.)	
		Dimensiones del equipo (largo, ancho, alto, en pies o metros)	
6	Nombre del líquido o aceite aislante/refrigerante, etc.		
7	Contiene PCB's	SI	
		NO	
		Equipo vaciado	
8	Especificar si se hizo análisis de PCB's, cuándo y por qué método		
9	Indicar la fuente de la información anterior: placa o número en el equipo		
10	Situación operativa del equipo	En uso: sí/ desde cuándo	
		Chatarra	
		Desmantelado	
11	Condiciones del equipo	¿Filtraciones?	
		¿Requiere intervención inmediata?	
		Condiciones de almacenamiento: al aire libre, en recinto cerrado.	
12	Otras observaciones		

2.3.1 Inventario Preliminar

El Inventario Preliminar ya fue elaborado en el Ecuador con donaciones hechas por el GEF y con la ayuda técnica de PNUMA. Aunque con este inventario es difícil estimar la cantidad exacta de aceite contaminado se confirmó la presencia de PCB's, objetivo principal del inventario.

2.3.2 Inventario Definitivo

El inventario definitivo lo debe elaborar cada una de las eléctricas del país dueñas de los transformadores, partiendo con los equipos obsoletos y aceite almacenado, este trabajo requiere planificación y estrategias entre varias áreas de las empresas así como un cronograma adecuado y real que pueda ser ejecutado.

El inventario definitivo es la herramienta básica que ayudará a las eléctricas a ejecutar planes de acción con respecto a la complejidad y tamaño del problema.

Con la información que se obtiene del inventario, es necesario que las EE's creen una base de datos con toda la información. Por cada uno de los transformadores se deberá llenar el formato de la Tabla 4, la información que se ingresa en esta hoja de datos, gran parte de ella la obtendremos

directamente de la placa del transformador, durante el periodo de inventario se toma unas muestras de aceite por cada transformador.

2.4. Muestreos de PCB's

Una vez que se ha ingresado todos los datos de la placa, se toma la muestra inmediatamente, si un transformador fue identificado como contaminado por la información de su placa, es decir, mediante identificación preliminar entonces no es necesario tomar muestras del aceite. Si por el contrario el dieléctrico aun no ha sido identificado, es necesario extraer una muestra. Cualquier transformador no identificado se deberá tratar como un transformador PCB's.

2.4.1 Toma de muestras

Para la toma de las muestras se utilizarán protocolos de muestreo muy estrictos que abarquen aspectos como el de identificar todos los parámetros de interés que se requieren de un equipo, se debe planificar en que sitios se tomará las muestras, estos pueden ser en talleres, en sitios de almacenamiento o de los equipos que se encuentran en los postes, se especificará la metodología a seguir, el tipo de

equipos y materiales apropiados para tomar las muestras para evitar la contaminación cruzada y se incluirá todos los equipos de protección personal mínimos que se requieran para preservar la salud y mantener la seguridad del personal que labora en el inventario. Se deberá seguir los siguientes pasos para la toma de muestras:

- Por cada transformador se deberá tomar una cantidad de 20 ml de aceite dieléctrico. Se colocará el aceite en botellas de vidrio esterilizado. Las botellas pueden ser de vidrio transparente u oscuro.
- Cada una de las muestras de aceite se etiquetarán por cada transformador. En la Figura 2.1., se presenta el tipo de etiqueta que se usará en el inventario definitivo.

  Por cada transformador se requieren 3 etiquetas de este tipo, la primera se coloca sobre la muestra de aceite, la segunda se coloca sobre el transformador o tanque de aceite y la tercera se coloca sobre el cuestionario del inventario u hoja de datos.

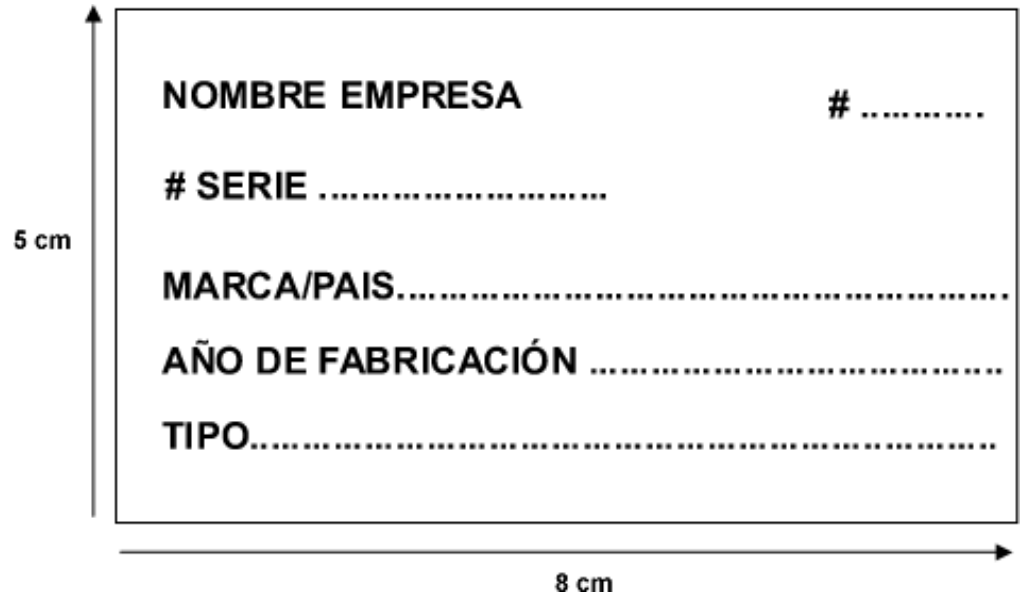

FIGURA 2.1. ETIQUETA PARA EL INVENTARIO

La información a registrarse en la etiqueta de la Figura 2.1 debe ser clara y específica, los items se ingresarán de la siguiente manera:

- #.....: En éste item se ingresa el número de la muestra en sentido ascendente a partir del T00001, la T sirve para identificar que se trata de un transformador.
- #SERIE: El número de serie se lo toma directamente de la placa del equipo, existen casos que la placa de un transformador no existe, sobre todo en equipos mas antiguos, si esto ocurre, las EE's por lo general colocan un número sobre los equipos que los ayuda a identificarlos, este número será el que ingresemos como número de serie.
- MARCA/PAIS: Este item también se lo toma directamente de la placa del equipo, en caso de no existir se dejará en blanco.
- AÑO DE FABRICACIÓN: El año de fabricación del equipo se lo toma de la placa del equipo, en caso de no existir se dejará en blanco.

- TIPO: Este último item se ingresa con la finalidad de diferenciar si se trata de un transformador o un tanque de 55 gal.

Las etiquetas deben ser con el fondo blanco, las letras impresas deben ser negras, autoadhesivas y de muy buena calidad, ya que deben estar adheridas al transformador por un largo periodo de tiempo.

- La muestra de aceite se toma del fondo del tanque del transformador siempre y cuando se encuentre almacenado por mucho tiempo ya que los PCB's tienden a depositarse en el fondo con el paso del tiempo. Si el transformador está en servicio puede tomarse la muestra de aceite de la superficie. Si el transformador no tiene válvula de muestreo es necesario retirar la tapa del transformador para realizar esta tarea como ocurre con los transformadores de distribución.
- Para tomar el aceite del transformador, una vez que se ha retirado la tapa se utilizan pipetas plásticas de succión de tipo desechable, las pipetas pláticas se las puede adquirir dependiendo del tamaño del transformador y solo se las usa una sola vez, para evitar la contaminación cruzada.

- Deben emplearse guantes quirúrgicos desechables, es decir, deben cambiarse después de tomar cada muestra para evitar la contaminación cruzada.
- Si los transformadores que se van a muestrear se encuentran en uso, las muestras deben tomarse por técnicos eléctricos los cuales serán capacitados para estos casos.
- Cuando el transformador cuenta con válvulas de muestreo, el aceite se lo toma por este accesorio, no es necesario dejar escapar aceite antes de tomar la muestra.
- En los tanques metálicos donde se tiene almacenado aceite dieléctrico retirado de los transformadores por encontrarse en malas condiciones, se extraerá la muestra de aceite de la misma forma que se hizo para los transformadores que no tenían válvula de muestreo.

2.4.2 Equipo para toma de muestras

El personal que trabaja en la toma de muestras de aceite de los transformadores o tanques de almacenamiento requieren los siguientes equipos para su utilización:

- Herramientas apropiadas para el retiro de las tapas de los transformadores, como llaves de mano.
- Linterna
- Cámara fotográfica.
- Botellas de vidrio limpias
- Material absorbente
- Cuadernos, lapiceros

2.4.3 Equipos de protección personal durante el muestreo

El personal que labora en la toma de muestras está expuesto al contacto con PCB's por largos períodos de tiempo y a diferentes concentraciones, por lo que se debe tomar las precauciones necesarias para limitar el contacto directo con los PCB's.

Es necesario que el equipo de protección personal que debe usarse durante el muestreo sea el siguiente:

- Botas de trabajo
- Lentes de seguridad contra impactos y salpicaduras químicas
- Guantes quirúrgicos

- Guantes de trabajo, para cuando se retira las tapas de los transformadores
- Mascarillas para gas, especiales para productos clorados, con filtros intercambiables.

2.4.4 Protocolos de muestreo

Durante el proceso de toma de muestras se usarán protocolos de muestreo para garantizar que la muestra no se contamine y que no contribuya a ser una fuente de error. Es necesario documentar todo el proceso sobre la toma de muestras que respalde y garantice el análisis que se hará in situ. Cuando se tomen las muestras se debe controlar las condiciones ambientales, es decir, los transformadores no se podrán abrir si llueve, solo en el caso de que estos estén perfectamente protegidos bajo techo. El personal que labora en el procedimiento operativo para el método de ensayo y manipuleo de las muestras debe estar capacitado y preparado.

2.4.4.1 Modalidad del Inventario

Cuando se ejecuta el inventario de cada equipo se realiza lo siguiente:

- Se ingresará toda la información que corresponda en el formulario del inventario u hoja de datos para cada transformador.
- Es necesario que en el informe se indique el método de ensayo usado.

2.4.4.2 Instrucciones generales para el muestreo del aceite dieléctrico

La extracción de las muestras será efectuado por personal que previamente ha sido capacitado en el manejo básico de PCB's, deben tener conocimientos sobre afectaciones de estos productos a la salud, normas de protección personal, uso de equipos de protección personal y manejo de muestras de aceite dieléctrico. Se debe contar con dos ayudantes como mínimo que conozcan sobre transformadores, ya que realizarán la labor mecánica, como quitar y reponer las tapas de los equipos. Los transformadores se sellarán inmediatamente después de tomar la muestra, luego se procede a etiquetar y a registrar los datos correspondientes en el cuestionario de inventario

Condiciones de extracción de la muestra: las condiciones son las siguientes:

- La cantidad máxima requerida de aceite es de 20 ml.
- El envase donde se pode el aceite será de vidrio y nuevo.
- El material que se utilice en la extracción de cada muestra no puede ser reutilizado.
- La cantidad de muestras por cada transformador debe ser una, excepto en aquellos casos que la autoridad de control en este caso el Consejo Nacional de Electrificación - CONELEC, indique que requiere una contra muestra.

Precauciones adicionales:

- Siempre usar los elementos de protección personal.
- Utilizar una bandeja de recepción para evitar eventuales derrames cuando se extraiga el aceite por la válvula de muestreo.
- Utilizar los recipientes adecuados para la recolección de residuos que se produzcan

durante el muestreo, como son guantes, pipetas pláticas, materiales absorbentes, trapos y equipo de análisis. Los recipientes que se utilizan para este fin, deben ser dos, uno para los materiales con PCB's y el otro para materiales que no están contaminados.

Pautas a seguir en el etiquetado:

- El código que se usa para identificar las muestras debe ser alfanumérico y en caso de que la autoridad de control exija una segunda muestra de un mismo equipo se usará: T00001A ó T00001B.
- El ingreso de la información en la etiqueta se lo hace en forma clara y exacta.

2.4.4.3 Preservación y transporte de la muestra

Después del etiquetado y análisis de PCB's in situ, las muestras se guardarán hasta que la autoridad de control revise el inventario y lo apruebe.

Las muestras no requieren refrigeración, pero deben mantenerse fuera del alcance de los rayos

solares o de las fuentes de calor intensas. Es importante que las muestras sean colocadas en embalajes seguros, para evitar la rotura de los frascos durante el transporte al sitio de almacenamiento.

2.4.4.4 Procedimiento analítico

Una vez que se ha tomado la muestra de aceite se la analizará, utilizando el método, que resulte más conveniente por su rapidez, costos y efectividad. El análisis por este método se lo hará a los equipos o tanques que se encuentran almacenados en bodegas, en talleres de mantenimiento o en los postes cuando se lo requiera.

2.4.4.5 Informes parciales e informe final

Los informes parciales se los hace mes a mes, la cantidad de transformadores inventariados y analizados serán de 200 muestras como mínimo. Los informes incluyen el levantamiento de información de los equipos, e imágenes

fotográficas que muestren el resultado de la prueba para cada transformador.

En el informe final se incluirá únicamente los resultados de los análisis, este informe es anual.

2.5. Análisis Cualitativo de PCB's

Una vez que las muestras de aceite se extraigan de los transformadores, se someterá la muestra a análisis cualitativo para determinar la presencia de cloro. Durante este proceso de análisis se utiliza el método de Kit de prueba o Cloro N–Oil 50. El kit de prueba o método colorimétrico se recomienda para detectar la presencia de PCB´s en los aceites dieléctricos, el kit reconoce la presencia de cloro que contiene una muestra, pero no su procedencia, es decir, si el cloro proviene de los PCB's o por otra fuente, por lo que se producen los falsos positivos. Como en la primera etapa no necesitamos conocer la cantidad exacta de PCB's, este método es suficiente.

El Kit de Prueba está avalizado por la EPA de los Estados Unidos de Norteamérica mediante el método 9079. Además se debe utilizar el kit Clor N-Oil 50 asegurando con esto que se detecte desde 50 ppm en delante de PCB's en el aceite de los transformadores. En el Anexo B se encuentra todo el proceso que

se debe seguir para utilizar el ensayo. Este instrumental de detección es reconocido también por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. El ensayo requiere entre 10 a 15 minutos para hacer todo el proceso y se lo hace en un laboratorio o directamente “in situ”.

CAPITULO 3

3. GESTIÓN DE LOS TRANSFORMADORES Y ACEITES CON BIFENILOS POLICLORADOS

En este capítulo se presentan las acciones adecuadas que deben ejecutar las empresas eléctricas, no solo de la ciudad de Guayaquil si no de todo el país, para que gestionen correctamente los transformadores y aceites contaminados con PCB's y desechos que se generaran durante el manejo de éstos contaminantes.

Una vez que se ha concluido los análisis de los transformadores por el método de kit de prueba o se ha identificado que los transformadores contenían PCB's por información de su placa, en este momento es cuando debemos aplicar la gestión adecuada de los productos contaminados.

3.1. Tipos de análisis para la Cuantificación de PCB's en los aceites de los transformadores.

Para la segunda fase de análisis es necesario verificar si el cloro existente en la muestra proviene de los PCB's o de otra fuente. Esta verificación puede hacerse mediante pruebas cromatográficas que permiten al mismo tiempo determinar las concentraciones exactas de PCB's en el aceite. Para efectos de la clasificación de los equipos contaminados o análisis grueso no es necesario realizar cromatografía de gases al 100% de los transformadores que se tienen en todo el sistema de distribución, la cromatografía se la realizará al 5% de los transformadores que tuvieron menos de 50 ppm y al 100% de los transformadores que mediante el kit de prueba se obtuvo positivo a la presencia de cloro.

Los análisis cromatográficos requieren de equipos y materiales de ensayo específicos que son muy costosos, los análisis deberán realizarse en laboratorios certificados y con personal especializado en análisis de PCB's. A continuación se describen las ventajas y desventajas de algunas pruebas que determinan la cantidad de PCB's en una muestra:

Cromatografía de capa fina (TLC).- Éste método se usa específicamente para determinar concentraciones de PCB's en

aceites. No siempre es preciso pero da buenas aproximaciones. Éste método puede considerarse como referencia para conocer si un sistema de distribución esta contaminado.

Cromatografía de gas (GC).- Este tipo de cromatografía determina la presencia de productos químicos orgánicos con una pequeña cantidad de aceite de 5 ml. Los aceites de transformador se pueden analizar diluyéndolos con solvente. La Norma usada en este procedimiento es la ASTM 4059/96, la cual se recomienda por obtener resultados precisos.

Con este método se puede analizar no solamente aceites si no también suelos, desechos sólidos o agua. El aceite se coloca dentro del cromatógrafo, luego la muestra se vaporiza y es enviada a un largo tubo (la columna) que separa las distintas sustancias químicas orgánicas presentes. El método de cromatografía de gases es el método de análisis mas usado para determinar la cantidad exacta de PCB's en las muestras de aceite.

Analizador de PCB/Cloro L2000.- Éste instrumento permite determinar la presencia de PCB's en los aceites de transformador, y esta diseñado para ser utilizarlo en el campo o en un laboratorio. El método de análisis puede ser usado como un método de

referencia para conocer si un sistema de distribución se encuentra contaminado.

3.2. Mantenimiento de transformadores que contienen PCB's

El mantenimiento técnico de un transformador se lo realiza de acuerdo a los procedimientos y manuales que los fabricantes han proporcionado, las EE's tienen personal especializado para éstas labores. Cuando un transformador es sometido a mantenimiento lo primero que chequeará es la concentración de PCB's que contiene.

Si el transformador se encuentra contaminado con menos de 500 ppm de PCB`s, este podrá ser utilizado hasta el final de su vida útil, si la concentración supera los 500 ppm el transformador no puede ser sometido a mantenimiento. Él mantenimiento de un equipo implica, en primer lugar, realizar evaluaciones y pruebas periódicas para detectar posibles ineficiencias en cualquier aspecto de funcionamiento de un transformador. En segundo lugar implica tomar las medidas necesarias para evitar que el transformador falle y pueda producir accidentes como pérdida de aceite o en casos extremos se produzca un incendio.

La prueba más sencilla y económica que se realiza a un transformador en funcionamiento o almacenado, es la inspección visual.

Los talleres usados para realizar el mantenimiento a los transformadores contaminados con PCB's, solo se usan para éstos equipos, ya que las máquinas de filtrar, contenedores, mangueras y herramientas se encuentran también contaminadas. Si mezclamos equipos nuevos con equipos con PCB's se ocasiona la llamada contaminación cruzada.

Durante el proceso de mantenimiento de un transformador se verifica el funcionamiento del equipo que comprenderá lo siguiente:

- *Funcionamiento eléctrico.-* Se realiza siguiendo las instrucciones del fabricante.
- *Nivel de aceite en el transformador.-* Si el nivel de aceite ha disminuido se completará el volumen agregando un aceite dieléctrico de similares condiciones.
- *Cambios en las características del aceite.-* Se realizan pruebas en el aceite para verificar que las propiedades eléctricas y físicas no tengan cambios negativos. Entre las pruebas eléctricas tenemos: la prueba dieléctrica y la prueba de factor de potencia.

En los transformadores se puede generar deterioro debido a diversas causas como son: fugas de aceite debido a fisuras en las soldaduras que permiten que penetre humedad y aire. Las variaciones altas en la temperatura del aceite debido a los cambios de temperatura ambiental y circulación insuficiente de aire provoca sobrecalentamiento.

Todos estos incidentes ocasionan deterioro químico del aceite, como consecuencia se tiene un aceite muy ácido, lo que produce una eleva corrosión de las partes metálicas del transformador.

3.3. Fugas y derrames en los transformadores que contienen PCB's.

Cuando en un transformador contaminado con PCB's se detecta una pérdida o fuga de aceite es necesario que sea intervenido inmediatamente debido a los problemas de contaminación que causan.

En el momento que se detecta una fuga o filtración en un transformador es necesario investigar la causa y preparar las medidas correctivas. Las fugas mas frecuentes se producen en los sellos o empaques. El aceite se retirará del equipo hasta cambiar los sellos o empaques.

Las fugas o filtraciones son graves cuando el cuerpo o tanque del transformador está afectado. Es preciso entonces que los transformadores contaminados con PCB´s que aún están en servicio regularmente se inspeccionen para poder detectar cualquier problema lo antes posible. Cuando las fugas o filtraciones provienen del cuerpo o tanque del transformador las causas pueden ser:

- Por un daño mecánico en el tanque provocando mayor acidez del aceite, por lo que aumenta las posibilidades de mayor corrosión del metal y por consiguiente la filtración.
- La degradación lenta del aceite, lo hace más corrosivo ya que causa que las partes internas se pongan frágiles, aunque aparentemente este se encuentre en buenas condiciones.

Una vez que se ha reparado la fuga o filtración, todo el aceite derramado durante el mantenimiento o reparación del transformador, así como los materiales contaminados, se ubican en contenedores que serán almacenados hasta su eliminación final.

3.4. Reclasificación de los transformadores

La reclasificación de un transformador es una herramienta que se usa para reutilizar los equipos que tienen un contenido de PCB's que no rebasa los 500 ppm, la reclasificación se utiliza cuando los equipos contaminados con PCB's se encuentran en buenas condiciones eléctricas y mecánicas que justifican su utilización.

Los transformadores que contiene menos de 500 ppm de PCB's son equipos fabricados con aceite mineral que con el tiempo se contaminaron, estos niveles son considerados relativamente bajos. En la investigación previa en la empresa eléctrica de Guayaquil, la gran mayoría de los transformadores son del año 80 en adelante. Pocos transformadores tiene fecha de fabricación menor a 1980.

El método mas común para reemplazar el aceite dieléctrico contaminado de un transformador es el rellenado. Éste proceso se emplea en las empresas eléctricas de distribución que cuentan con una gran cantidad de transformadores en poste. Este método también se emplea en equipos que se encuentran almacenados y que están en buenas condiciones de funcionamiento.

El rellenado implica retirar cuidadosamente el aceite mineral contaminado a tanques de almacenamiento, luego se reemplaza

con aceite mineral limpio o similar (menor a 2 ppm de PCB's). Dentro del transformador ocurrirá un fenómeno que se conoce como *contra lixiviado.*

El contra lixiviado es el movimiento de los PCB's desde los materiales porosos (papel y madera) hacia el aceite limpio. La prueba para verificar los resultados del rellenado se la conoce como la prueba de los *noventa días* o la de los *tres meses.* Después de los noventa días o más se toma una nuevamente otra muestra de aceite y se la puede analizar por el método del Cloro N-Oil 50 o por cromatografía de gases. Si los resultados por cualquiera de estos métodos es de menos 50 ppm, el transformador se puede reclasificar como un transformador sin PCB's.

Importantes estudios hechos por el Instituto de Investigaciones de Energía Eléctrica de los Estados Unidos (U. S. Electrical Power Research Institute) han demostrado lo siguiente, en los transformadores de aceite mineral contaminado, que han sido sometidos a rellenado:

- El contra lixiviado casi se completa después de noventa días de servicio (tanto el calor como la mezcla de flujo generados por el

uso del transformador ayudan a acelerar la desabsorción de las moléculas de PCB´s de los materiales porosos).

- Con el drenaje cuidadoso del transformador, 90% o más de todo el contenido de PCB´s se puede retirar y, por lo tanto, la concentración del contra lixiviado es de aproximadamente el 10% de la concentración original en el aceite dieléctrico.

Por lo tanto con un drenaje cuidadoso y un solo rellenado de aceite mineral limpio en un transformador con menos de 500 ppm de aceite contaminado se obtendrá un transformador no PCB's (concentración menor a 50 ppm) después de 90 días que se encuentre en funcionamiento.

Existen países como los Estados Unidos que consideran que en éste proceso ocurren fallas aceptables, por los que no realizan ningún análisis de PCB's después de los noventa días a los transformadores contaminado.

Los transformadores con mas de 500 ppm de PCB's, es decir, aquellos equipos considerados PCB's puro son muy difíciles de descontaminar de manera económica utilizando técnicas de rellenado. Antes de tomar la decisión de rellenar un transformador se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La vida útil de un transformador es de 30 años como promedio, por lo que el tiempo de vida útil del transformador es un aspecto principal que ayuda en la decisión de realizar el rellenado.
- Hay que tomar en consideración si el rendimiento eléctrico aún es satisfactorio. Si el equipo presenta indicios de filtración u oxidación, se deberá verificar si los sellos o empaques se encuentran en buenas condiciones.
- Es importante contar con talleres adecuados para realizar el proceso de rellenado, ya que el taller solo se usará exclusivamente para equipos contaminados.

3.5. Manipulación de transformadores y aceites que contienen PCB's.

Las precauciones de seguridad y sanitarias que se dan durante todo el proceso de manipulación de los transformadores y aceites contaminados con PCB's son de primordial importancia para evitar accidentes que pueden provocar graves consecuencias.

3.5.1 Precauciones para la salud

Las personas que trabajan manipulando líquidos y materiales contaminados con PCB's deben conocer sobre

las precauciones necesarias para limitar la exposición prolongada a niveles altos de PCB's. La exposición a los PCB's puede ocurrir por tres vías; aire (inhalación), ingestión (consumo de alimentos y agua) y cutánea (absorción a través de la piel). Por lo tanto se tomaran medidas que reducen éstas vías de exposición.

Las siguientes precauciones se toman durante la manipulación de los equipos, aceite y material contaminado con PCB's:

- Cerciorarse de que el área de trabajo tenga ventilación suficiente. En subestaciones cerradas se usan ventiladores a ras del piso para mejorar la circulación del aire.
- Usar vestimenta adecuada para protección completa:

Actualmente en nuestro país no existe una normativa que establezca los valores umbral límite (TLV). Pero se puede citar los niveles recomendados por la Dirección de Salud y Seguridad Operativa del Reino Unido (United Kingdom Health and Safety Executive:

- Con un contenido de 42% de cloro (ej., Aroclor 1242): exposición prolongada: 1 mg/m3.
- Con un contenido de 54% de cloro (ej., Aroclor 1254): exposición prolongada: 0.5mg/m3.

En Alemania, la antigua Oficina Federal de Salud (Federal Health Office) recomendaba:

- Ingesta Diaria Aceptada (IDA): 1 mg por Kg. de peso corporal al día.
- Si los niveles sobrepasan los 3,000 mg. por m3 de aire, tomar medidas de protección.
- Es importante mantener en un área cerrada niveles inferiores a 30 mg. por m3 de aire.

En el caso de que se produzca un derrame de PCB's, en el momento de la manipulación, debe contenerse con materiales absorbentes, los que serán depositados en tanques metálicos, posteriormente se eliminarán por incineración, pues no existe forma de descontaminar estos materiales. El personal que se encargue de la limpieza de los derrames deberá tener en cuenta las siguientes precauciones de primeros auxilios:

- *Contacto de los ojos con PCB´s.*- En el caso de ocurrir hay que enjuagarlos de inmediato con abundante agua, como mínimo durante 15 minutos y luego visitar al doctor.
- *Contacto de la piel con PCB.*- Hay que retirar toda la ropa contaminada y lavar con agua y jabón las partes afectadas.
- *En caso de ingestión.*- Enjuagarse la boca varias veces con agua limpia, tomar agua, y solicitar atención médica con urgencia.
- *En caso de inhalación*.- La persona afectada deberá retirarse a un área ventilada y con aire fresco y solicitar atención médica.

La reducción a la exposición se logra tomando las debidas precauciones, evaluando el nivel potencial de exposición a los PCB's, esto se realiza mediante muestreos y análisis de aire, se deberá usar el equipo de protección personal adecuado, hay que mantener una buena higiene personal, además habrá que proporcionar al personal capacitación en salud y seguridad industrial.

3.5.2 Equipo de protección personal (PPE)

Cuando se manipula equipos y materiales contaminados con PCB's el mayor riesgo es la absorción cutánea debido al contacto directo que existe. Por lo tanto se debe tener especial cuidado en elegir la vestimenta de protección correcta como botas o cubrezapatos, guantes y protecciones oculares. El caucho natural no ofrece ninguna protección contra los PCB's ya que son totalmente permeables. Los equipos fabricados de elastómeros fluorados son adecuados.

Los EPP deben ser sustituidos periódicamente, ya que ningún material es cien por ciento impermeable. Por lo general todos los fabricantes proporcionan detalles sobre el tiempo que tardan los PCB's en permear el equipo protector, con estos detalles podremos calcular el tiempo de vida útil de acuerdo a la frecuencia y duración del contacto del equipo protector con los PCB's.

Cuando se usan botas de caucho éstas deberán regularmente ser reemplazadas y además deberá utilizarse cubrezapatos desechables que puedan usarse por dentro o fuera de la bota. Todos los equipos de protección personal

deberán ser tratados como materiales contaminados con PCB´s, por lo tanto estos deberán ser almacenados correctamente hasta su eliminación final.

Los PPE están diseñados exclusivamente para reducir la exposición de los trabajadores a los PCB's. Se ha diseñado *cuatro niveles de PPE* para los diferentes tipos de exposición. Estos niveles de exposición se basan en las categorías desarrolladas por la OSHA – Occupational Safety and Health Administration (La Administración de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial de Estados Unidos).

El nivel de PPE que se use en un área de trabajo deberá ser analizado anticipadamente. A continuación se presenta una descripción de los 4 niveles de PPE:

- *Nivel "A" de PPE.-* Este nivel requiere la máxima protección personal tanto para ojos, piel y el sistema respiratorio, es decir, donde existen altas concentraciones de vapores de PCB's o de partículas, donde hay un alto grado de salpicaduras hacia la piel.

  Los trabajadores que realizan los mantenimientos de rutina o toman muestras de los equipos para análisis de

PCB's no requieren este nivel de protección. Este nivel se aconseja en cualquier trabajo dentro de edificaciones cerradas con ventilación deficiente u otros espacios cerrados donde se hallan volatilizado los PCB's, especialmente en caso de derrames grandes. El nivel "A" incluye lo siguiente:

- Equipo de respiración autónomo de aire comprimido de presión positiva, con máscara facial completa, aprobado por NIOSH.
- Ropa con protección para productos químicos totalmente encapsulada.
- Overoles
- Guantes exteriores, con protección para productos químicos para trabajo pesado.
- Guantes interiores, con protección para productos químicos para trabajo liviano.
- Botas, con protección para productos químicos, con punta de acero.
- Casco de seguridad (abajo del traje), opcional y cuando es aplicable.

- *Nivel "B" de PPE.-* Este nivel de protección tampoco es usado para trabajos rutinarios de mantenimiento o de

toma de muestras. El nivel “B” se usa en donde se requiere altos niveles de protección respiratoria, pero que no exista contacto de los PCB’s con la piel. Un ejemplo claro para su uso es cuando un trabajador tiene que ingresar a un recinto cerrado mal ventilado u otro espacio confinado donde se ha presentado un derrame grande y solamente esta para realizar tareas de inspección y no tareas de limpieza. El nivel “B” incluye lo siguiente:

- Equipos de respiración autónomo de aire comprimido de presión positiva, con máscara facial completa, aprobado por NIOSH.
- Traje totalmente encapsulado a prueba de vapores y gases
- Overol, opcional y cuando es aplicable
- Guantes externos resistentes a químicos para trabajo pesado.
- Guantes internos resistentes a químicos para trabajo liviano
- Botas de seguridad con punta de acero, resistentes a químicos
- Casco de seguridad

- *Nivel "C" de PPE.-* Este tipo de protección se usa cuando el peligro para las vías respiratorias no es elevado, aunque las concentraciones de gases de PCB's sigan sobre los niveles aceptables. Por ejemplo donde se usa este tipo de protección es en mantenimientos de equipos o manipulación de tanques abiertos y materiales contaminados con PCB's en recintos estrechos y cerrados. El nivel de protección "C" incluye los siguientes equipos:

    - Respiradores purificadores de aire de media cara o cara completa, es un respirador con filtros intercambiables para vapores clorados, aprobados por la NIOSH.
    - Ropa resistente a productos químicos con capuchón.
    - Guantes externos para trabajos pesados resistentes a químicos.
    - Guantes interiores para trabajos livianos resistentes a químicos.
    - Botas externas de seguridad con punta de acero resistentes a productos químicos.

- Cubre botas externas resistentes a químicos, desechables.
- Casco de seguridad, opcional y cuando es aplicable.
- Máscara facial o gafas protectoras de ser necesario.

- *Nivel "D" de PPE.-* Este tipo de protección se usa cuando no existe riesgos respiratorios y puede existir daños menores por contacto de los PCB's con la piel. Un ejemplo de este tipo de nivel es cuando se van a tomar muestras de equipos o tanques. Los elementos que se deben usar en este nivel son los siguientes:

    - Guantes quirúrgicos.
    - Botas de seguridad con punta de acero y resistentes a químicos.
    - Casco de seguridad, opcional y cuando es aplicable.
    - Máscara facial o gafas de seguridad, se ser necesario.

Los trabajadores que están expuestos a los PCB``s deben tomar en cuenta lo siguiente:

- Al retirar los equipos de protección contaminados se lo hará de tal manera que no se tenga contacto de la piel con los PCB's.
- Luego de terminar la jornada de trabajo el personal deberá lavarse bien con agua y jabón.
- El personal deberá abstenerse de fumar, comer o beber mientras se trabaja con los PCB's.

3.5.3 Ventilación

La ventilación adecuada y eficaz dentro del área donde se manipulan los equipos contaminados con PCB's es fundamental ya que ayuda a que en las instalaciones no se acumulen gases o vapores. La ventilación es un factor que debe estar considerado dentro del diseño de talleres de mantenimiento, almacenamientos temporales corto y largo plazo.

En los talleres donde se realiza el mantenimiento es suficiente una adecuada ventilación general del área, considerando que la cantidad de aire que entra sea de un volumen mayor que la cantidad de aire que sale.

3.5.4 Instalaciones para la manipulación de equipos contaminados

Los talleres de las empresas eléctricas en la actualidad son sitios que no cumplen con condiciones técnicas apropiadas en su gran mayoría. Algunos talleres suelen ser cerrados sin ventilación adecuada y en algunos casos se trabaja a cielo abierto sobre piso de cemento. La mayoría de estas áreas están conectadas directamente al alcantarillado sanitario sin siquiera contar con trampas de grasa adecuadas.

Para manipular los equipos contaminados con PCB's es necesario contar con una instalación adecuada que se divida en dos áreas de trabajo, una se conocerá como área limpia y la otra como área sucia, estas dos áreas estarán separadas por un área para cambiarse.

Los equipos contaminados con PCB's solo se debe desmantelar en el área sucia. Los pisos y mesas de trabajo del área sucia deben cubrirse o construirse con material liso e impermeable, las mesas deben tener bordes que contengan los derrames. Ésta instalación no debe estar conectada a ningún drenaje público, en este caso para enfrentar una eventual contingencia como derrames, se

deberá construir una cisterna de retención de aceites para el caso de derrames de aceite dieléctrico. El volumen máximo de la cisterna de retención es del 100% del aceite que se encuentra en los transformadores almacenados en el área sucia para el mantenimiento.

Otra de las consideraciones importantes en este tipo de instalaciones es que la puerta de entrada al área sucia sea lo suficientemente grande para el ingreso de los transformadores.

Uno de los problemas que ocurre en éste tipo de instalación es que con el tiempo el piso que por lo general es hormigón se contamina con PCB's. Se puede recurrir a recubrimientos como madera o un impermeabilizante que prolongan y protegen la vida útil del piso, además de absorber pequeños derrames o goteos de PCB's. Los desechos que se produzcan cuando se retira el piso se los debe tratar como productos contaminados con PCB's. Las instalaciones deberán contar con los siguientes elementos:

- Puerta de entrada a la parte limpia
- Área de regaderas o sanitarios debe colocarse gavetas para guardar la ropa limpia.

- Área en que el personal se pueda poner su EPP, ésta área se considera que esta contaminada
- Puerta de entrada hacia el área de mantenimiento de trabajo

CAPITULO 4

4. BODEGAS DE ALMACENAMIENTO

Una de las principales preocupaciones que ocurre a nivel mundial en el tratamiento de aceites dieléctricos que contienen PCB's es contar con instalaciones adecuadas para el almacenamiento de los equipos, tanques y materiales contaminados, por lo que el principal objetivo del almacenamiento es evitar que estos se descarguen al ambiente y afecten a la salud humana y otros seres vivos incluyendo la fauna acuática que resulta en ocasiones ser más impactada debido al proceso acumulativo de estos en los sedimentos.

4.1. Tipos de almacenamientos existentes en Guayaquil

De acuerdo a los datos proporcionados en la página web del Consejo Nacional de Electrificación – CONELEC, Guayaquil es la ciudad de mayor consumo energético en el país y donde se encuentra la mayor cantidad de transformadores. Es en Guayaquil

donde el Ministerio del Ambiente del Ecuador – MAE con fondos del GEF, analizó 80 muestras de las 426 que se hicieron en el país para confirmar la existencia de PCB's en el Ecuador.

En la Ciudad de Guayaquil los sitios de almacenamientos de PCB's son muy precarios, son sitios que no cumplen con características técnicas adecuadas de diseño ni especificaciones ambientales determinadas. Algunos de estos sitios se encuentran en varios puntos de la ciudad y alguno de ellos cuenta con techado, piso de cemento y enmallado muy simples y con guardias de seguridad para su custodia donde se ha conocido que se han cometido robos de equipos, por lo que es prioritario que la seguridad en el manejo de estos materiales sea mejorada.

Los equipos y tanques con aceite dieléctrico que se encuentran almacenados están mezclados con material de chatarra de otro tipo, aumentando así la cantidad de materiales que podrían contaminarse con PCB's. En la Figura 4.1 se muestra el tipo de bodega existente. Actualmente las empresas eléctricas en Guayaquil están almacenando todos sus transformadores que salen del sistema de distribución por daños y que no son recuperables, este procedimiento se esta haciendo desde el año 2005 en que el CONELEC prohibió la venta, remate o entrega a

terceros de los transformadores que no cuenten con el análisis respectivo que certifique que el aceite dieléctrico del transformador este libre de PCB's.

4.2. Principales características de una bodega de almacenamiento

El principal objetivo de una bodega de almacenamiento es evitar que se produzca derrames hacia el ambiente y por lo tanto que las matrices ambientales sean afectadas. Una instalación adecuada donde se almacenan los equipos contaminados con PCB's y desechos de materiales contaminados que han sido sacados de servicio se podrá manejar mejor si ésta cumple con características apropiadas, ya que en este sitio permanecerán en espera de su disposición final.

Una bodega de almacenamiento apropiada contribuirá significativamente al manejo de los PCB's y ayudará a un control preciso de todos los equipos y materiales contaminados que se generan en las empresas eléctricas. Los sitios de almacenamiento ya sean transitorios o de largo plazo deben servir para proteger el ambiente y la seguridad de la población.

FIGURA 4.1. TIPO DE BODEGA EXISTENTE

4.2.1 Localización adecuada del sitio de almacenamiento

Los lugares de almacenamiento deben localizarse en puntos estratégicos que cumplan con lo siguiente:

- Se debe considerar que el lugar seleccionado se encuentre a una distancia mínima de 100 m de cualquier cuerpo de agua, escuelas, hospitales, fábricas de alimentos o sitios para la preparación de comidas.
- Los sitios de almacenamiento deben estar localizados en terrenos no inundables con vías de tránsito no muy congestionadas.

4.2.2 Características técnicas de la bodega

Para evitar el mas mínimo riesgo de contaminación e incendio, se deberá construir las nuevas instalaciones tomando en consideración las siguientes medidas de prevención como son:

.

- Las paredes deben estar diseñadas de tal manera que tengan una resistencia al fuego de 60 minutos. Los materiales más adecuados son hormigón, ladrillo sólido o bloques de hormigón.

- El piso deberá cumplir con las siguientes condiciones:
    1. Ser impermeable ante eventuales derrames de aceite
    2. Liso, pero no resbaladizo para evitar accidentes
    3. De fácil limpieza
    4. Que sea resistente al tránsito de montacargas durante el transporte de los transformadores, para evitar fisuras
- Debe existir una canaleta en el perímetro interior de la bodega, que se conecte directamente a una cisterna impermeable especialmente construida para retención de aceite, evitando escapes incontrolados a cursos de agua cercanos y a los acuíferos subterráneos. La cisterna debe ser construida con una capacidad de almacenamiento de por lo menos el 50% del volumen del aceite que existirá en la bodega.
- Techo liviano para evitar afectaciones debido a las aguas lluvias.
- La bodega debe estar bien ventilada, para evitar la acumulación de vapores y de gases en el caso de eventuales incendios. El techo debe tener una separación de unos 40 cm de las paredes a lo largo de todo el perímetro.
- Entre el piso y la puerta de ingreso debe existir una separación que permita el ingreso del aire por la parte inferior para permitir la circulación y aereación constante de la bodega.
- Es conveniente que existan dos accesos, a efectos de facilitar la entrada y salida en casos de emergencia. Ambas puertas de ingreso se construirán a 30 cm sobre el piso. Además deberán contar con una rampa doble de comunicación con pendiente adecuada para permitir el ingreso del montacargas.

- Si no se considera la necesidad de iluminación artificial, es suficiente con la instalación de paneles trasparentes en el techo para contar con iluminación natural, sumado el ingreso de luz por las puertas de ingreso cuando estén abiertas. En las Figuras 4.2 y 4.3 se muestra en ejemplo para un diseño de una bodega de almacenamiento.

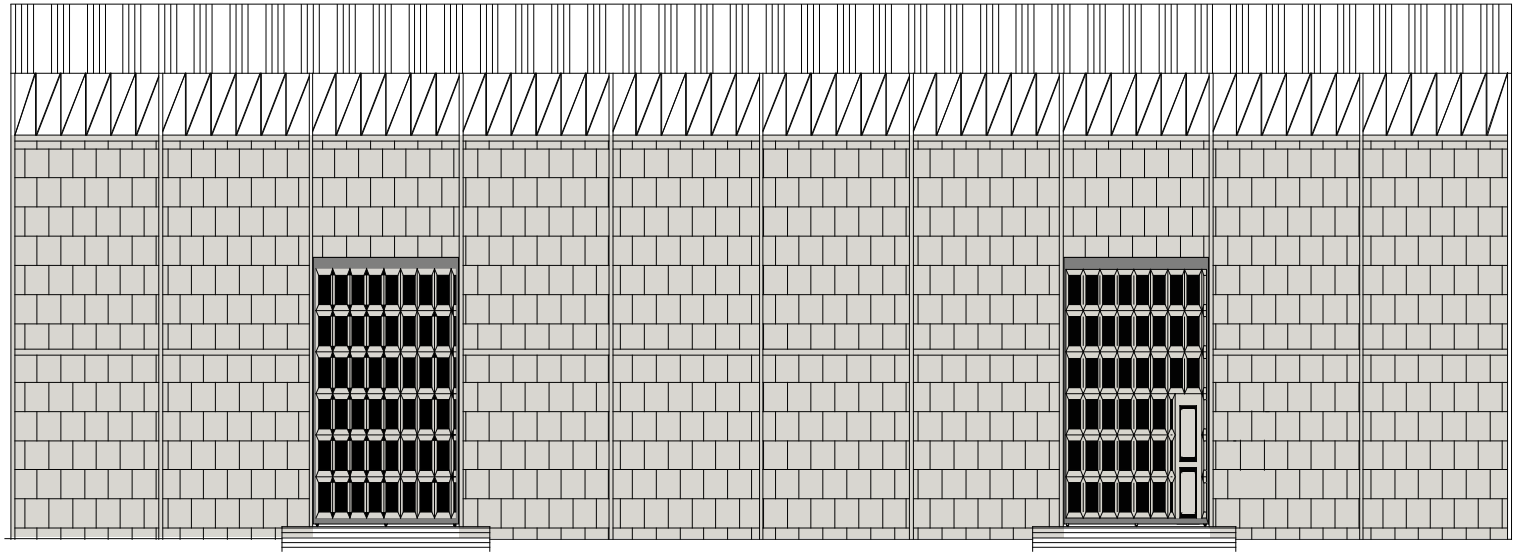

FIGURA 4.2 MODELO DE BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PCB´s

4.2.3 Recipientes para el almacenamiento

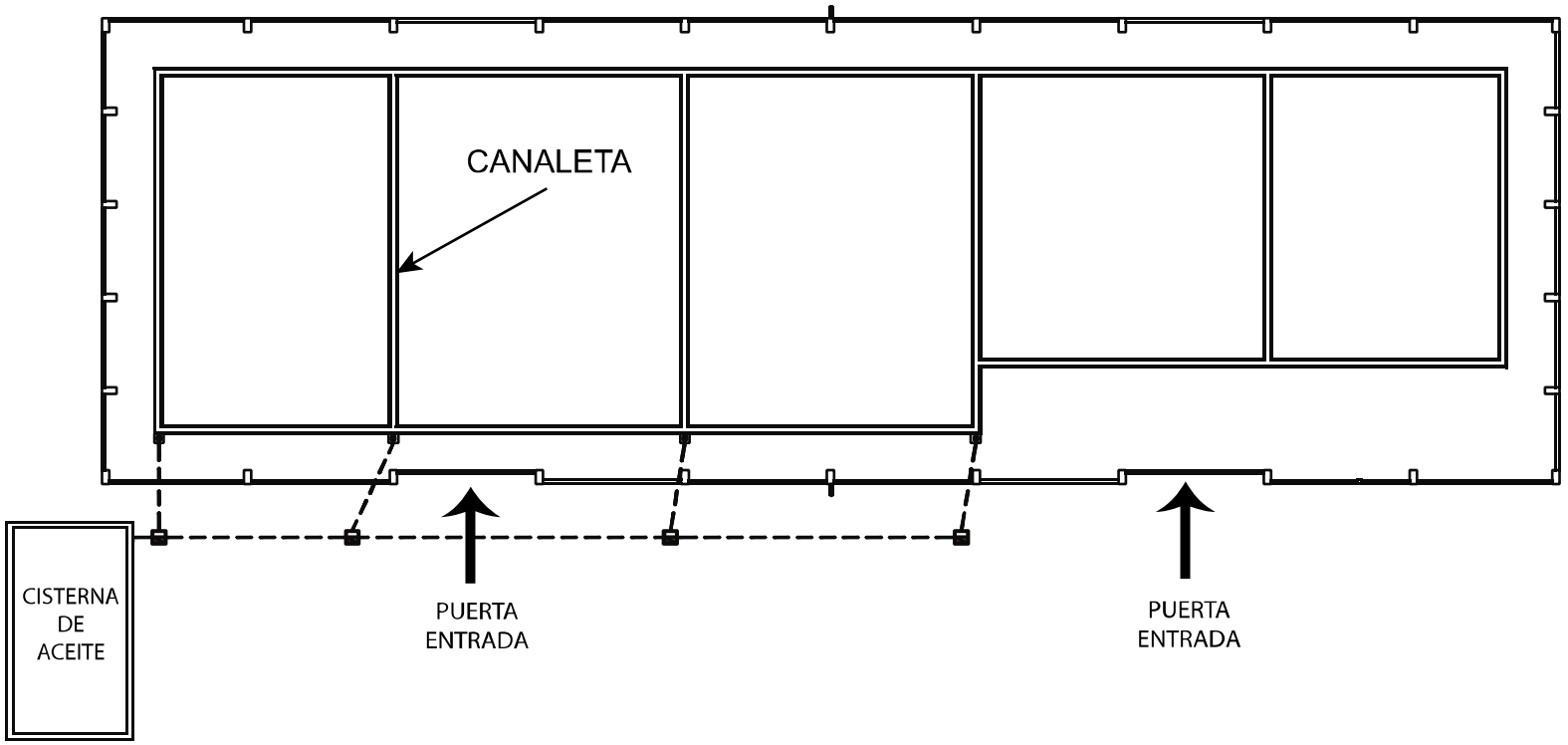

FIGURA 4.3 MODELO DE PLANO DE BODEGA DE ALMACENAMIENTO DE PCB´s

Dentro de las instalaciones es necesario que se usen recipientes adecuados para contener y evitar derrames de aceite dieléctrico y materiales contaminados con PCB's. Los tanques o recipientes se usan principalmente cuando se detecta que un transformador está perdiendo líquido por su tanque metálico y no puede ser reparado. Es importante indicar que si un equipo está en perfectas condiciones, el propio transformador constituye el recipiente más adecuado para contener el aceite dieléctrico. Los equipos deben ser almacenados sobre pallets de madera para evitar el contacto con el piso y no ser apilados uno sobre otro. Los transformadores de 10 y 25 kV se podrán apilar únicamente sobre estructuras de acero, los equipos de mayor peso, tamaño y potencia se colocan en el piso y sobre los pallets. Las estructuras de acero se construyen para una fila de transformadores. La altura de construcción de la estructura metálica es de 1.50 m, no debe ser más alta en caso de que ocurra alguna contingencia.

Sobre los transformadores de Potencia no se apilan transformadores debido a sus grandes dimensiones, estos se colocarán en las esquinas de la bodega como mejor

alternativa. Cuando el aceite de un equipo debe ser extraído, éste se almacenará en tanques especiales, que deben cumplir con lo siguiente:

- Los tanques de almacenamiento serán de acero y sellados que cumpla especificaciones de la ONU:

  El nivel de llenado de los tanques es de hasta un 90% de su capacidad.

  I: contenedores / A: Acero

  I: no desmontable (sellado) – 2: desmontable

  Y: grupo II y III de envasado

  Para líquidos: densidad 1,5 g/cm^3

  Para sólidos: máximo peso neto

  Valor en kPa de la prueba de presión hidráulica: > 100kPa

  Año de fabricación del embalaje

  Ejemplo de un aceite de PCB's almacenado en los contenedores sellados: I A I Y/1,5/150/72

- Los equipos eléctricos pequeños pueden ser colocados dentro de estos tambores y luego ser sellados y se colocará la identificación tal como se muestra en el ejemplo anterior.

- Los equipos grandes como los de poder deben ser ubicados sobre bandejas para prevenir derrames.
- Todos los materiales contaminados con PCB's deben ser colocados en tanques abiertos con tapa asegurable y colocarse sobre pallets de madera, además pueden ser apilables.

4.2.4 Etiquetado para transformadores contaminados con PCB´s en uso o almacenados

Los transformadores que ingresen a la bodega de almacenamiento deben ser aquellos en los que se ha confirmado la presencia de PCB´s por análisis cromatográfico en concentraciones mayores a 50 ppm. El etiquetado se deberá hacer al 100% de los transformadores de las empresas eléctricas, en la primera fase se coloca la etiqueta que resume los datos técnicos de la placa. Cuando se pasa a la fase de análisis con Kit de Prueba o método de "screening" conoceremos si la muestra del transformador contiene o no cloro que puede provenir de los PCB's. Una vez que se realiza esta confirmación se coloca la etiqueta de color amarillo que se muestra en la Figura 4.4. Las medidas sugeridas son de 10cm x 10cm

El análisis cromatográfico, da la cantidad exacta de PCB's de una muestra e indicará si la presencia de cloro en la muestra es por PCB's. Una vez obtenidos los resultados de la cromatografía, se coloca una etiqueta de color rojo que incluye la concentración exacta de PCB's en ppm. En la Figura 4.5 se muestra el tipo de etiqueta recomendado. Las medidas sugeridas para esta etiqueta es de 10cm x 10cm.

Considerando que los PCB's se encuentran en la Lista de Productos Químicos Peligroso Prohibidos y además de ser considerados desechos peligrosos se sugiere utilizar la etiqueta basada en la Norma INEM 2266 2000, tal como se muestra en la Figura 4.6

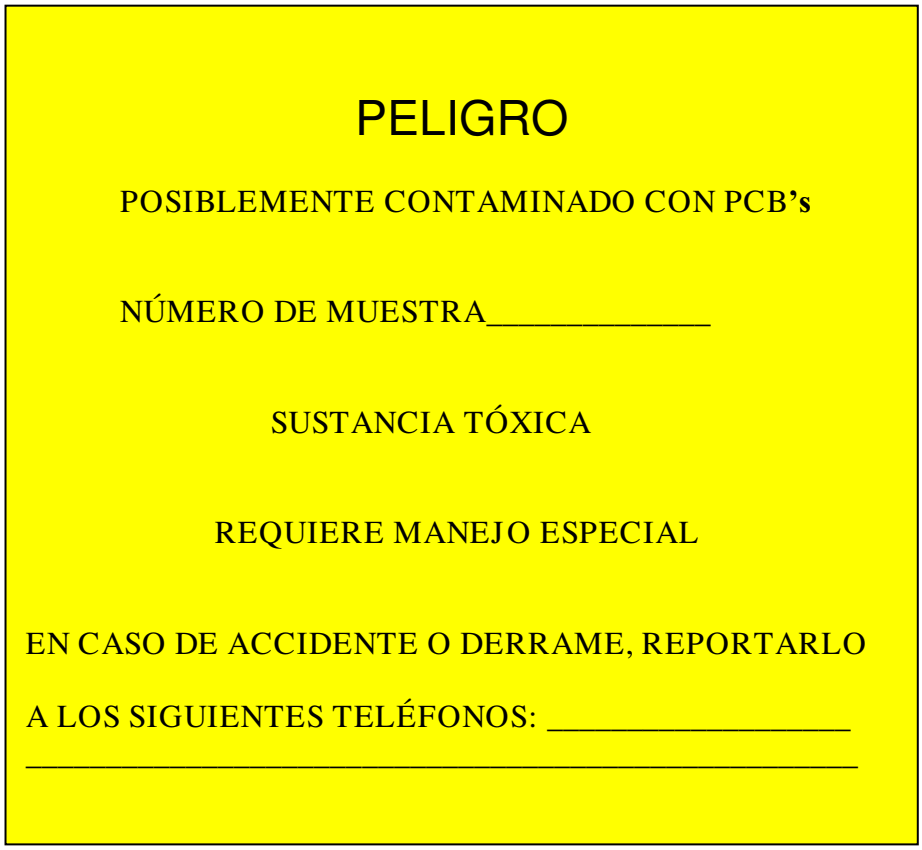

FIGURA 4.4. ETIQUETA PARA USAR DESPUES DEL KIT DE PRUEBA

Las etiquetas se colocarán además en los equipos que están en uso y en buenas condiciones. El etiquetado sirve para reconocer fácilmente los equipos y tanques contaminados con PCB´s. La calidad de estas etiquetas es primordial, ya que estarán adheridas a los equipos y tanques por un tiempo considerable, el material a usarse es vinil y con tinta indeleble, deben utilizarse colores intensos para que puedan ser identificadas observando el color de la etiqueta.

En la parte externa de la bodega de almacenamiento se deberá colocar señales o etiquetas similares a las usadas en los transformadores en las puerta de ingreso o salida, además de señales que indiquen el tipo de elementos de protección personal que se debe usar para el personal que ingresa a la bodega, también se debe colocar señales que restrinjan el ingreso a estas instalaciones de personal no autorizado.

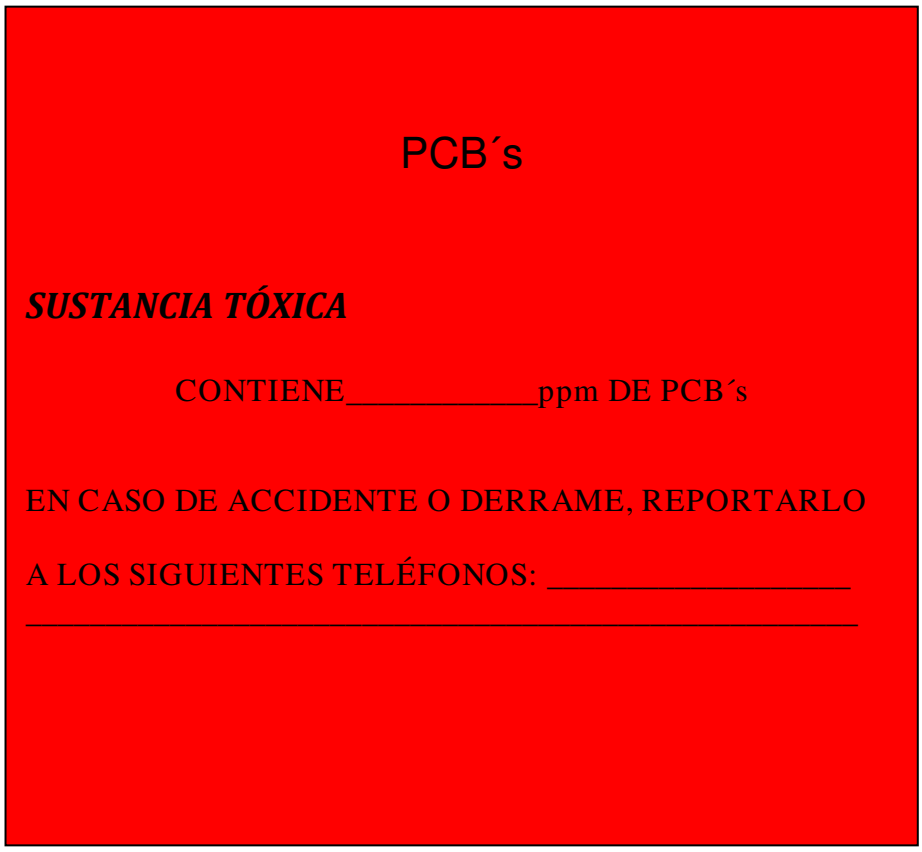

FIGURA 4.5 ETIQUETA PARA DESPUES DE LA CROMATOGRAFÍA

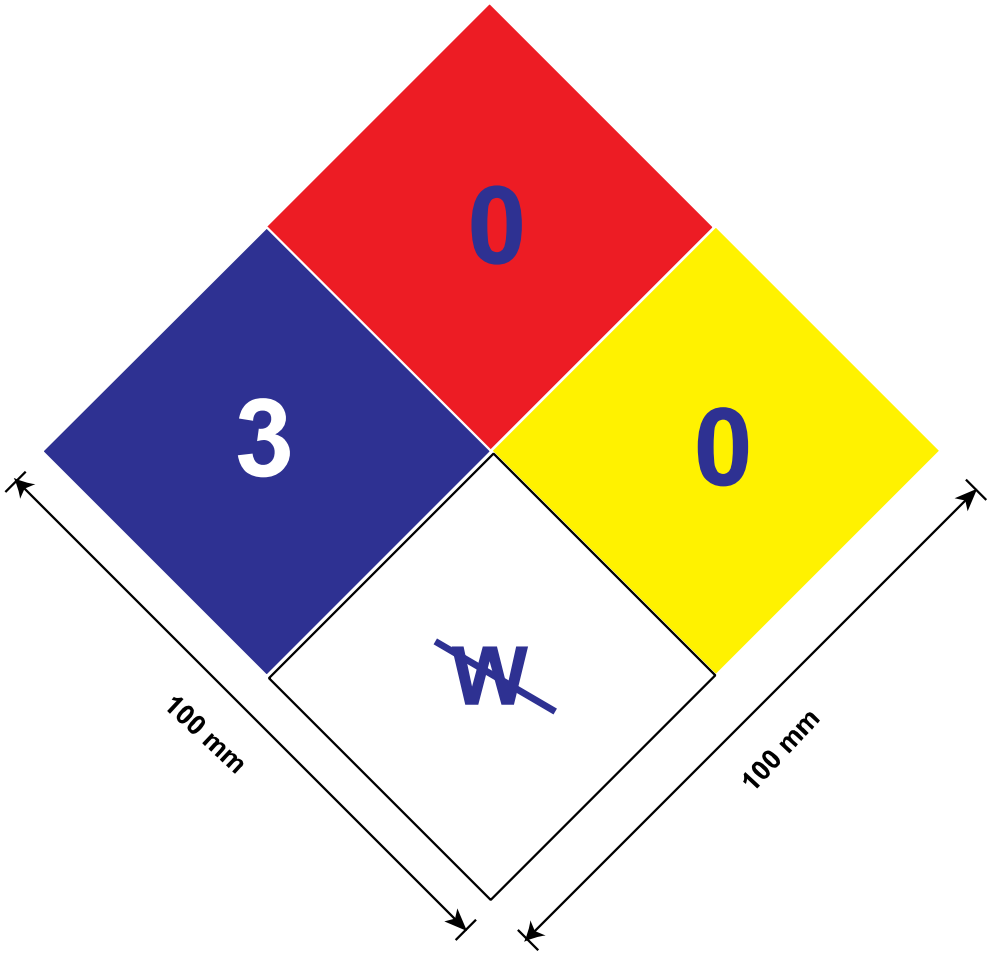

FIGURA 4.6 ETIQUETA SUGERIDA USANDO LA NORMA 2266:2000

4.2.5 Seguridad en las instalaciones

Este tipo de instalaciones por almacenar productos considerados extremadamente tóxicos requieren de una buena seguridad para evitar e impedir el vandalismo con el fin de proteger todo el entorno. Las bodegas de almacenamiento deben contar con seguridades como son:

- Muros de bloque de 3 m en todo el perímetro con 3 hileras de alambre de púas en la parte superior.
- La puerta de entrada – salida deberá ser metálica con candados seguros y de buena calidad.
- El personal que custodia las instalaciones debe pertenecer a compañías que certifiquen su idoneidad y honestidad en este tipo de trabajos, la custodia de los predios será las 24 horas del día los 365 días del año.
- El ingreso a las instalaciones será restringido y sólo podrá ingresar el personal autorizado que labore en el sitio de almacenamiento, el que realiza inspección de las instalaciones o el personal que eventualmente trabaje en labores de mantenimiento.
- En la puerta de ingreso se colocarán señales que indiquen la presencia de PCB´s.

- Las instalaciones deberán contar con servicio telefónico para dar aviso por eventuales contingencias y contar con números telefónicos de emergencia en sitios estratégicos.

4.2.6 Registro de inventario y datos

Para que una instalación de este tipo mantenga un alto índice de gestión es fundamental que los registros sean adecuados y llevados con exactitud y transparencia. Los registros serán elaborados por personal entrenado y con conocimientos en inventario y almacenamiento. Los registros son los siguientes:

- Se deberá llevar un registro o bitácora de los nombres de los visitantes con la fecha, hora de ingreso y salida, además del motivo de la visita.
- Se mantendrá actualizada una base de datos de la información del inventario de los equipos y tanques almacenados, así como fechas de ingreso de nuevos equipos contaminados.
- Se mantendrá registros de todas las actividades de mantenimiento e inspecciones con nombre del personal,

también se deberá incluir fechas y hora de entra y salida del personal.

- Se deberá llevar un registro de los vehículos que ingresan a la bodega, donde se incluye placa del vehículo, nombre del chofer.
- Se registrará cualquier cambio que se haga en el inventario de equipos.
- Se deberá mantener un registro de las actividades de entrenamiento al personal que labora en las instalaciones así como el de respuesta a las emergencias.

4.2.7 Entrenamiento al personal que labora en las instalaciones.

El personal que labora el 100% del tiempo en este tipo de instalaciones suele ser el mínimo necesario para las labores cotidianas, pero es importante que sea muy bien entrenado, así como el personal que visita las instalaciones para labores puntuales, por lo tanto toda persona que ingrese a laboral por mantenimiento, inspección y almacenamiento deberá recibir entrenamiento en:

- Efectos de los PCB´s en la salud

- Uso de EPP adecuados
- Seguridad dentro de las instalaciones

Para trabajos más especializados se incluye los siguientes temas de capacitación:

- Métodos de inspección de los equipos y materiales contaminados de PCB´s
- Operación y mantenimiento de la bodega de almacenamiento
- Conformación de grupos de trabajo para respuesta a emergencias
- Manejo de registros de inventarios y datos

4.3. Almacenamiento temporal a corto y largo plazo

El manejo adecuado de los PCB´s requiere de sitios que sirvan de acopio temporal para los equipos que se acumulen durante un periodo máximo de treinta días, por ejemplo los equipos que salen del sistema de distribución por daños y que después de su revisión el taller los da de baja. En este tipo de instalaciones transitorias o de corto plazo se requiere características de seguridad de menor nivel que las de las instalaciones de almacenamiento de largo plazo.

Los sitios apropiados para estas instalaciones son las bodegas techadas que se encuentran dentro de las instalaciones de las empresas eléctricas. Es necesario que en estas bodegas se coloque material impermeable sobre el piso para que no exista filtraciones. Las áreas de almacenamiento temporal deben ser ventiladas para que no se acumulen gases o vapores. Por seguridad cualquier drenaje en el piso debe ser tapado para evitar eventuales fugas de aceite dieléctrico.

Las instalaciones de almacenamiento a largo plazo son aquellas que cumplen todas las características técnicas citadas en el punto 4.2.2 y además las instalaciones deben contar con un sistema contra incendios. Este tipo de instalaciones pueden ser áreas que estén dentro de edificios o construcciones independientes hechas para este propósito. Cuando la bodega de almacenamiento se encuentra dentro de un edificio hay que asegurarse que exista una buena ventilación hacia el exterior con el fin de evitar la formación de gases o humo tóxico en caso de contingencias.

Los tanques con aceite dieléctrico deben colocarse sobre pallets de madera y no deben apilarse uno sobre otro. Es importante que entre transformadores y tanques se deje corredores entre las filas para que las inspecciones puedan realizarse con facilidad y se

observe cualquier fuga de aceite de los equipos o tanques almacenados.

Las bodegas de almacenamiento a largo plazo deben ser construidas por las empresas eléctricas del país como parte del Plan de Manejo Ambiental y en cumplimiento de las leyes y ordenanzas vigentes. Previo a la construcción de la bodega se debe obtener la autorización de construcción y en el caso de Guayaquil, la "Factibilidad de Uso de Suelo", además de la aprobación del Estudio de Impacto Ambiental por el CONELEC y por la M.I. Municipalidad de Guayaquil y en el caso de empresas bajo otra jurisdicción será la autoridad competente.

4.4. Respuesta a emergencias

Cuando una instalación de almacenamiento temporal a largo plazo se construye, ésta deberá cumplir con todas las características técnicas enunciadas para evitar el mas mínimo riesgo de incendio y derrame u otra eventualidad debido a efectos naturales. Considerando que una emergencia puede ser producto de efectos naturales como terremotos e inundaciones y por efectos de accidentes, se debe considerar lo siguiente:

- En el Plan de Respuesta a Emergencias se indique las acciones a seguir en el caso de derrames, incendios u otra contingencia que cause daño al entorno.
- Plan de Comunicaciones donde se indiquen los responsables en cada nivel de respuesta, además se entrenará al personal de inspecciones y mantenimiento de las instalaciones en respuesta a emergencias.
- Conformación de los grupos de respuesta con los equipos y materiales para limpieza de derrames como materiales absorbentes, palas, escobas, tanques vacíos, equipos de protección personal, suficientes extintores de incendio tipo seco, de espuma o de dióxido de carbono.

4.4.1 Derrames

Los derrames dentro de una bodega de almacenamiento temporal o de largo plazo y que cuenta con una inspección adecuada y calificada pueden ser rápidamente reportados y por lo tanto contenido. El derrame suele ocurrir por el deterioro de material del transformador y en casos más graves por movimientos telúricos en el área por la caída de estos equipos.

Para prevenir la propagación de un derrame por cualquier circunstancia dentro del área de almacenamiento, ésta será

construida con una cisterna para almacenar por lo menos el 50 % del aceite que se encuentra almacenado dentro de la bodega. Las fugas o derrames ocurren en mayor proporción cuando se transporta los equipos o tanques hacia la bodega durante el proceso de carga y descarga. Cuando ocurre un derrame o *contaminación fría, s*e deben seguir los siguientes pasos:

- Notificar de inmediato a la Unidad Ambiental de la Empresa, y en casos de riesgo de contaminación ambiental, a los Bomberos y Defensa Civil.
- Suministrar al personal de respuesta la vestimenta de protección, lentes se seguridad, guantes, mascarillas con filtros apropiados para gases clorados, etc.
- Delimitar un perímetro de seguridad donde el acceso es restringido y sólo podrá ingresar el equipo de respuesta a emergencias.

Derrame en *pisos impermeables:*

- Para contener y recoger los aceites con PCB´s se usan materiales absorbentes como musgos y paños.
- Limpiar el piso para que se pueda transitar libremente, removiendo completamente el líquido con trapos empapados con solvente no clorado y finalmente usar detergentes comunes de limpieza.

Derrame en *pisos permeables:*

- Cuando se produce derrames o fugas en pisos que no son impermeables como el concreto o tierra, se debe remover las capas muy contaminadas con PCB´s.
    - Hay que delimitar el perímetro del derrame y contener la fuga causante de la contaminación para evitar en lo posible que se siga dispersando el aceite.
    - Recoger y almacenar todos los materiales contaminados como equipos de protección personal, tierra con niveles superiores a 100 ppm, aguas de lavado contaminadas, etc. Este tipo de productos solo pueden eliminarse por incineración.
    - Los materiales que contienen más de 50 ppm de PCB´s se almacenan para su posterior eliminación.
    - Las aguas que se usan para lavado pueden ser evacuadas a los cuerpos receptores cuando la concentración sea menor a 0.5 μg por litro de PCB´s.

4.4.2 Incendios

Las bodegas de almacenamiento se construirán de tal manera que el riesgo de producirse un incendio sea mínimo, pero es importante contar con un plan bien estructurado

para enfrentar esta eventualidad que puede causar mucho daño por la formación de sustancias extremadamente tóxicas como son las *Dioxinas y Furanos* cuando se incineran los PCB´s a temperaturas superiores a 1000^{o}C. Las Dioxinas y Furanos son sustancias mucho más tóxicas y peligrosas que los PCB´s, pero éstas se vierten al medio ambiente en menores cantidades que lo que ocurre y ha ocurrido con los PCB´s.

Los incendios de PCB´s se deben combatir igual que los de petróleo y se utilizará polvo químico seco, inundación con nitrógeno y extintores de bióxido de carbono, nunca debe usarse agua en un incendio de este tipo, puesto que además de no ser eficiente en este tipo de incendios, el agua esparcirá la contaminación. El personal que ingrese a extinguir el incendio deberá usar el EPP de más alto nivel es decir *Nivel A.* Debido a la producción de Dioxinas y Furanos, la limpieza de la bodega puede ser muy costosa.

Los PCB´s son clasificados como sustancias no inflamables, pero pueden incendiarse cuando alcanzan temperaturas suficientemente altas. Es importante que la bodega de almacenamiento no existan materiales como disolventes,

combustibles, gases comprimidos, etc. Cuando los PCB´s se queman sin control se pueden producir grandes cantidades de humo y hollín, este hollín puede estar contaminado con dioxinas y furanos. Cuando se produce un incendio de PCB´s se debe realizar lo siguiente:

- La persona que detecta el incendio debe desconectar el suministro de energía eléctrica sin entrar a la bodega si no tiene el equipo apropiado de protección.
- Implementar el Plan de Emergencias, comunicando de inmediato al equipo de respuestas a emergencias. El personal deberá disponer del equipo de protección adecuado para acceder a la bodega y combatir el fuego. Las personas que no cuenten con equipo apropiado de protección no podrán exponerse al humo.
- Se deberá notificar a los bomberos y brindarles los detalles de la naturaleza del incendio para asegurarse que dispongan de los equipos adecuados de protección y combate del incendio.
- Delimitar el perímetro de influencia del incendio, para que pueda ser controlado de forma segura y rápida.
- Una vez que se ha apagado el incendio se podrá verificar la extensión de la contaminación.

- Objetos de poco valor, ropa y equipos de protección personal deben colocarse en tanques para luego ser incinerados como materiales contaminados con PCB´s.
- Las paredes y objetos de valor se limpiarán con vapor o solvente para eliminar la contaminación superficial, luego estos líquidos se almacenan para ser incinerados. Cuando las bodegas de almacenamiento hayan sido perfectamente descontaminadas pueden finalmente seguir en uso.

4.5. Operación y mantenimiento de las Bodegas de Almacenamiento

La operación y mantenimiento de una bodega implican seguir procedimientos para preservar el sitio y así evitar contingencias que afecten las instalaciones. Las labores de operación y mantenimiento se realizan para asegurar que los PCB´s no se liberen al ambiente, por lo tanto las instalaciones deberán mantenerse en buen estado incluyendo los elementos de seguridad, techos y contenedores secundarios de aceite. En las tareas de operación y mantenimiento se debe considerar lo siguiente:

- Inventario de los equipos almacenados; cambios permanentes en el inventario con la totalidad de nuevas entradas y salidas de equipos o tanques, fechas de inspecciones,
- Capacitaciones y entrenamiento al personal de operación, inspección y mantenimiento.
- Inspecciones semanales a los equipos y tanques para la detección de fugas y daños.
- Registros de reparaciones efectuadas a las instalaciones o a los equipos.
- Prohibir la operación de soldadura y de corte mediante oxi-acetileno en los transformadores de PCB´s.
- Se debe mantener en buen estado las señales de advertencia de peligro dentro y fuera del sitio que indique la presencia de PCB´s.

CAPITULO 5

5. MÉTODOS DE ELIMINACIÓN FINAL DE LOS ACEITES Y EQUIPOS CON PCB´s

Actualmente en nuestro país es plenamente conocido que la mayor cantidad de PCB´s se encuentra dentro de las empresas eléctricas de generación, distribución y transmisión de energía en sus equipos en uso y otros obsoletos y ya fuera de operación. Las autoridades de gobierno conjuntamente con disposiciones de convenios Internacionales han solicitado que todos los equipos fuera de uso que tuvieran PCB´s en sus aceites dieléctricos, se almacenen adecuadamente hasta que las empresas eléctricas cuenten con los medios para la eliminación final. Los países en vías de desarrollo no cuentan con tecnología adecuada para la eliminación de los PCB´s por lo que será necesario que compañías que realicen este tipo de trabajos vengan al país como ya ha sucedido en otros sitios, si esto no ocurre entonces será necesario exportar los aceites incluidos los materiales metálicos y no metálicos

para que en el extranjero sean eliminados de manera segura y ambientalmente adecuada.

Las tecnologías para la eliminación de los PCB´s son muy variadas, éstas dependen de la concentración que tenga cada aceite o material contaminado, los costos aumentan a mayor concentración de los PCB´s.en el aceite dieléctrico.

5.1. Incineración

La incineración es el método más usado en Estados Unidos y Europa para la destrucción de los PCB´s. Esta tecnología ampliamente usada debe además destruir las Dioxinas y Furanos que se producen al incinerar los PCB´s, productos que son altamente tóxicos y que debe asegurarse que no salgan al ambiente, por ser mucho más tóxicos que los PCB´s.

La incineración que es el mecanismo más utilizado en los países desarrollados se combina con pretratamientos que recuperan casi todos los materiales metálicos de un transformador, este método aunque es el más usado, puede ser más costoso que otros métodos menos drásticos, siempre y cuando la concentración de los productos a ser eliminados sea menor a 500 ppm.

Generalmente los aceites dieléctricos y el material contaminado que se incinera son aquellos que contienen una concentración mayor de 500 ppm los que son considerados PCB´s puros. La eliminación de los aceites dieléctricos y los materiales contaminados con estas concentraciones tan altas es muy costosa por el método de incineración.

La incineración se realiza a altas temperaturas generalmente superiores a 1400^{o}C, en un incinerador de desechos peligrosos construido para esa tarea, los que han sido diseñados para alcanzar 99.9999% de eficiencia de destrucción y remoción, es decir que por cada millón de gramos de PCB´s puros que ingresa al incinerador, por la chimenea no podrá salir más de un gramo. Este sistema está fuertemente monitoreado durante todo el proceso para evitar escapes accidentales al ambiente que superen el máximo permitido.

El incinerador de desechos peligrosos (para aceites de PCB´s, lodos, residuos a granel, embalajes) mas común es muy similar a un horno rotatorio de cemento. El incinerador está compuesto por tres partes principales: la cámara de combustión primaria, la cámara de combustión secundaria y el sistema de control de contaminación.

El incinerador es alimentado por la parte frontal del horno ya sea con sólidos, lodos y aceites contaminados. Los PCB´s se volatilizan de los materiales que ingresan en la cámara de combustión primaria que opera a aproximadamente 850°C, los materiales sólidos descontaminados salen como escombros al final del horno o cámara de combustión primaria. Los gases de PCB´s producto de la volatilización ingresan a la cámara de combustión secundaria donde son destruidos por la temperatura a la que son sometidos (1200°C aproximadamente). En los segundos que se produce la destrucción de los gases de PCB´s, se pueden generar Dioxinas y Furanos, estos gases entonces pasan al sistema de control de contaminación que está equipado con un sistema de disminución de temperatura por contracorriente de agua que reduce la temperatura de los 1200°C a 90°C en unos pocos segundos, con esto se impide la formación de las Dioxinas y Furanos sustancias muy nocivas.

El sistema de contracorriente de agua sirve además para purificar los gases reteniendo el material particulado y los gases de cloro que se combinan con productos cáusticos para neutralizar el pH y formar sales precipitadas. Los parámetros son controlados por programas de computación que mantienen controlado todo el

proceso incluyendo temperaturas, tiempo de residencia, eficiencia de combustión y límites de emisión a la atmósfera.

En muchísimos países se recurre a los hornos de cemento y calderas de alta temperatura para incinerar los aceites y materiales contaminados con PCB´s hasta 50 ppm, es decir de acuerdo a la norma se considera que esta concentración es libre de PCB´s. Los hornos de cemento y calderas no cumplen con el 99.9999% de eficiencia de destrucción y remoción (EDR), por lo que se debe restringir a la incineración materiales de bajas concentraciones.

5.2. Otros métodos de eliminación

En el mundo existen gran cantidad de tecnologías que se están aplicando con efectividad para la eliminación de PCB´s y de materiales que los contengan, algunas de ellas ya están siendo utilizadas a escala industrial.

5.2.1 Hornos de cemento

Los hornos de cemento son utilizados para incinerar básicamente PCB´s líquidos que no superen los 50 ppm de concentración, es decir que de acuerdo a la norma, este valor corresponde a líquidos de baja concentración que son considerados libres de PCB´s.

El líquido es introducido al horno junto con el combustible convencional, estos aceites tienen un alto poder calorífico, por lo que representan una fuente de energía más barata para la operación de las cementeras. Cuando se incinera este tipo de desechos es necesario que las condiciones de funcionamiento de los hornos de cemento tengan un estricto control por parte de las autoridades para que se asegure que las Dioxinas y Furanos que puedan hallarse en los gases de salida se mantenga dentro de límites establecidos.

5.2.2 Descontaminación de transformadores

Existen diferentes procesos tecnológicos para descontaminar transformadores, los que se pueden agrupar en dos categorías principales:

- *Retroalimentación*.- Con este método se drena todo el aceite del transformador, luego pasa a ser descontaminado y se reinyecta al transformador para su reutilización. Luego de 90 días se somete a una prueba analítica para determinar el nuevo nivel de PCB´s y si la concentración es mayor a 50 ppm, se repite el procedimiento de retroalimentación. Entre las empresas

que utilizan esta tecnología se puede mencionar: ABB, Bilger, Grosvenor Power, SD Myers, Fluidex, Tredi.

Los costos de descontaminación del aceite depende de sus especificaciones y de la concentración residual que se ha de obtener.

- *Lavado con Solvente.-* Se retira el aceite del transformador dejando que éste se escurra por unos días, luego se lava el transformador con solvente caliente como el percloroetileno. A continuación se seca y se retiran todas las partes interiores para ser descontaminadas en especial las partes metálicas. Las cajas exteriores se envían para su fundición. Las bobinas de cobre se descontaminan y son las partes que exigen un tratamiento mucho más largo que otras piezas de metal sólido. Las piezas de cerámica se utilizan para la construcción de carreteras. Los PCB´s que se extraen de estos materiales se concentran y son enviados a empresas de productos químicos para su conversión a ácido clorhídrico (por la presencia de cloro en el aceite dieléctrico).

Los solventes obtenidos del lavado del equipo y de la descontaminación del aceite se destilan en operación continua para su reutilización, la madera y el papel que están impregnados de PCB´s se incineran. Bajo este proceso se estima que se recupera el 98% del transformador, dejando una contaminación residual de 2 ppm de PCB´s. Entre las empresas que utilizan esta tecnología se pueden mencionar: ABB, Aprochim, Cintec, DS Myers, Ontario Power, éstas cuentan con unidades fijas y unidades móviles.

Hay que tomar en consideración que las tecnologías mencionadas van a generar pequeñas cantidades de residuos que están constituidos en particular por materiales porosos como la madera y el papel, los que deben ser eliminados por incineración debido a que no existe otro método apropiado para la eliminación de estos residuos.

5.2.3 Descontaminación de aceites de PCB´s

- *Decloración con Sodio.-* Este método mantiene una gran ventaja con respecto a la incineración, es menos costoso y permite recuperar y reutilizar el aceite. Para desclorar las moléculas de PCB´s se utilizan partículas de sodio

metálico muy finas, el sodio es un metal reactivo que se oxida con facilidad; la reacción que se produce con el agua es muy peligrosa, ya que puede producir explosión e incendio debido a la formación de gas hidrógeno en la reacción.

La gran afinidad que tiene el sodio con el cloro es la mejor propiedad que tiene esta tecnología de descontaminación, la reacción que se produce entre el sodio con los átomos de cloro de las moléculas de PCB´s da como resultado cloruro de sodio y productos orgánicos no clorados.

Durante este proceso de descontaminación el sodio metálico puede reaccionar con los PCB´s produciéndose polimerización, es decir formación de un compuesto orgánico de alto peso molecular (polímero). En este momento el producto no se puede desclorar más y se deberá introducir un método de separación de los polímeros precipitados para poder obtener un aceite puro reutilizable, en este caso se necesitará una filtración para separar el polímero solidificado que se ha formado.

- *Tecnología del Plasma.-* Esta tecnología no es usada ampliamente por los elevados costos que tiene. Los compuestos orgánicos como los PCB´s que se van a tratar se convertirán en moléculas más sencillas como ácido clorhídrico, dióxido de carbono y agua. Primero se calienta el contaminante para producir una fase gaseosa (a la máxima temperatura posible pero sin producir descomposición), esto se realiza sometiendo al material a una corriente eléctrica de alta energía. Las temperaturas que se alcanzan con el arco plasmático son de elevadísima temperatura. A estas temperaturas las sustancias químicas se disocian rápidamente.

  El producto gaseoso se introduce en el reactor de plasma con un breve tiempo de residencia y a temperatura muy elevada. Como la cámara plasmática es pequeñísima, se reducen los problemas de corrosión y mantenimiento.

5.3. Aplicaciones en el Ecuador

Actualmente en el Ecuador no se cuenta con ninguna de las tecnologías mencionadas anteriormente. Holcim Cementos del Ecuador tiene un proyecto para eliminar en sus hornos de cemento

los aceites dieléctricos que tengan menos de 50 ppm de PCB´s pero las autoridades locales aún no han proporcionado la respectiva Licencia Ambiental para que la empresa pueda incinerar estos productos. Hay que recordar que los aceites dieléctricos con menos de 50 ppm de PCB´s son considerados libres de este contaminante.

Para poder elegir la tecnología mas adecuada a nivel nacional se deberá analizar la parte técnica tomando en consideración los costos de inversión como posteriores costos de funcionamiento. Se debe considerar también los costos adicionales como son la eliminación de residuos no descontaminados y los desechos generados.

Considerando la posibilidad de que Holcim Cementos del Ecuador consiga la respectiva Licencia Ambiental, se contará entonces con una alternativa tecnológica para poder destruir el aceite dieléctrico libre de PCB´s y que sea aceptado con costos aceptables para las empresas como sucede en otros países, ya que será un beneficio directo para las cementeras debido a que el aceite tiene un alto poder calorífico.

En el Ecuador se debe considerar que existe concentraciones muy variadas de PCB´s, tal como ha ocurrido en todos los países que

ya han eliminado estos contaminantes. Por tal motivo es necesario que las tecnologías que se apliquen en Ecuador sean las más idóneas considerando los costos y consecuencias ambientales que puedan generar.

Por lo general las compañías que utilizan la descontaminación de equipos y descontaminación de aceites usan dos tecnologías con el fin de cumplir estrictas normas dentro de sus países. Por lo tanto en el Ecuador se deberá exigir que las normas de descontaminación se cumplan cuando estas compañías puedan llegar a trabajar. A continuación se indica cuales pueden ser los métodos de descontaminación que se pueden aplicar en el caso ecuatoriano:

- Descontaminación de equipos eléctricos con lavado por solvente, reciclado de sólidos e incineración de materiales porosos. Los costos son muy variables dependiendo del producto, pero se encuentra entre 1,10 y 3.70 USD/kg.
- Descontaminación de equipos eléctricos y del aceite dieléctrico con lavado por solventes, luego los aceites son retroalimentados en los transformadores. Los costos varían entre; 0.33 a 1,23 USD/kg para aceites de transformador, 1,39 a 2,34 USD/kg para transformadores.

- Limpieza con solvente a los transformadores con recuperación del metal, más incineración a alta temperatura de residuos y aceites. Los costos varían entre: aceites de transformador USD 800/ton, transformadores USD 1000/ton.
- Descontaminación de aceites con partículas muy finas de sodio metálico y retroalimentación de los transformadores. Los costos para descontaminar el aceite del transformador es de alrededor de 3 USD/galón.

Los altos costos observados pueden impedir que las empresas eléctricas puedan adoptar metodologías propias que permitan eliminar este pasivo ambiental tan importante.

CAPITULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. El Ecuador enfrenta un problema muy delicado por la baja capacidad de manejo de PCB´s. En países en vías de desarrollo poca atención se ha prestado al manejo de estos desechos. Países como el nuestro no han sido responsables de fabricar este producto, pero el uso que se ha dado al mismo tiene graves consecuencias que tendrá que asumirlas el país, las empresa eléctricas dueñas de los equipos contaminados y cada uno de nosotros como entes responsables ante las generaciones futuras.

2. Existe falta de sitios seguros que cumplan con las características necesarias para almacenar los transformadores contaminados con PCB's.

3. No existe en el país la tecnología para realizar la disposición final o destrucción de los PCB's.

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar estrategias de manejo de los PCB's tomando como referencia el Plan de Gestión propuesto y anexar las recomendaciones que puedan tener las distintas entidades dedicadas a la generación y distribución eléctrica en el país.

2. Prohibir definitivamente el uso de PCB´s en los aceites dieléctricos que se comercializan en el país y limitar la importación de equipos que contengan aceites con PCB´s.

3. Reemplazar en el menor tiempo posible todos los transformadores que contienen todavía PCB's, de acuerdo a la capacidad económica que tenga cada empresa eléctrica.

4. Construir sitios de almacenamiento seguros para los equipos y materiales contaminados con PCB´s, tomando en consideración las experiencias que se han generado en la elaboración de este documento.

ANEXOS A

EXTRACTO DEL CONVENIO DE ESTOCOLMO RELATIVO A LOS PCB's

Parte II

Bifenilos policlorados

Cada Parte deberá:

a) Con respecto a la eliminación del uso de los bifenilos policlorados en equipos (por ejemplo, transformadores, condensadores u otros receptáculos que contengan existencias de líquidos residuales) a más tardar en 2025, con sujeción al examen que haga la Conferencia de las Partes, adoptar medidas de conformidad con las siguientes prioridades:

i) Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 10% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a 5 litros;

ii) Realizar esfuerzos decididos por identificar, etiquetar y retirar de uso todo equipo que contenga de más de un 0,05% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a los 5 litros;

iii) Esforzarse por identificar y retirar de uso todo equipo que contenga más de un 0,005% de bifenilos policlorados y volúmenes superiores a 0,05 litros;

b) Conforme a las prioridades mencionadas en el apartado a), promover las siguientes medidas de reducción de la exposición y el riesgo a fin de controlar el uso de los bifenilos policlorados:

i) Utilización solamente en equipos intactos y estancos y solamente en zonas en que el riesgo de liberación en el medio ambiente

pueda reducirse a un mínimo y la zona de liberación pueda descontaminarse rápidamente;

ii) Eliminación del uso en equipos situados en zonas donde se produzcan o elaboren de alimentos para seres humanos o para animales;

iii) Cuando se utilicen en zonas densamente pobladas, incluidas escuelas y hospitales, adopción de todas las medidas razonables de protección contra cortes de electricidad que pudiesen dar lugar a incendios e inspección periódica de dichos equipos para detectar toda fuga;

c) Sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo 2 del artículo 3, velar por que los equipos que contengan bifenilos policlorados, descritos en el apartado a), no se exporten ni importen salvo para fines de gestión ambientalmente racional de desechos;

d) Excepto para las operaciones de mantenimiento o reparación, no permitir la recuperación para su reutilización en otros equipos que contengan líquidos con una concentración de bifenilos policlorados superior al 0,005%.

e) Realizar esfuerzos decididos para lograr una gestión ambientalmente racional de desechos de los líquidos que contengan bifenilos policlorados y de los equipos contaminados con bifenilos policlorados con un contenido de bifenilos policlorados superior al 0,005%, de conformidad

con el párrafo 1 del artículo 6, tan pronto como sea posible pero a más tardar en 2028, con sujeción al examen que haga la Conferencia de las Partes;

f) Esforzarse por identificar otros artículos que contengan más de un 0,005% de bifenilos policlorados (por ejemplo, revestimientos de cables, calafateado curado y objetos pintados) y gestionarlos de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 1 del artículo 6;

g) Preparar un informe cada cinco años sobre los progresos alcanzados en la eliminación de los bifenilos policlorados y presentarlo a la Conferencia de las Partes con arreglo al artículo 15;

h) Los informes descritos en el apartado g) serán estudiados, cuando corresponda, por la Conferencia de las Partes en el examen que efectúe respecto de los bifenilos policlorados. La Conferencia de las Partes estudiará los progresos alcanzados en la eliminación de los bifenilos policlorados cada cinco años o a intervalos diferentes, según sea conveniente, teniendo en cuenta dichos informes.

ANEXO B

INSTRUCCIONES DE USO DEL KIT DE PRUEBA O CLORO N-OIL50

1. PREPARACION. Saque el contenido de la caja. Compruebe que todos los ítems están presentes e intactos. Coloque los dos tubos plásticos en los agujeros sujetadores en el frente de la caja.

2. PREPARACION DE LA MUESTRA. Desenrosque la tapa del dispensador negro del tubo # 1. Usando la pipeta de plástico, transfiera exactamente 5 ml (hasta la línea) del aceite del transformador que va ha hacer comprobado al tubo. Reponga la tapa del dispensador negro y asegúrela.

3. **REACCION**. Rompa la ampolla del fondo (sin color, punto-azul) en el tubo comprimiendo los lados del tubo. Mezcle bien agitando el tubo vigorosamente por 10 segundos aproximadamente. Rompa la ampolla superior (gris) en el tubo y agite bien por 10 segundos aproximadamente. Asegúrese de que la ampolla sin color es la primera que rompa, y la gris en segundo lugar. Permita que la reacción tenga lugar por otros 50 segundos adicionales (un minuto en total), mientras agita intermitentemente por algunas veces.

4. **EXTRACCION**. Retire las tapas de ambos tubos y vierta la solución clara del tubo #2 (tapa blanca) en el tubo # 1. Reponga la tapa al tubo # 1 bien apretada y agite vigorosamente por 10 segundos aproximadamente. Ventile el tubo cuidadosamente desenroscando parcialmente la tapa del dispensador. Asegure la tapa nuevamente y agite por otros 10 segundos. Ventile de nuevo, asegure la tapa y de vuelta al tubo sobre la tapa. La mezcla de aceite no debería aparecer de color gris. Permita que las fases se separen por 2 minutos. Si la capa de aceite se encuentra por debajo de la capa pulidora, aborte la prueba en este momento, ya que el aceite es puro PCB's

(Askarel). Vea la foto al reverso de esta hoja. Si la capa de aceite está por arriba de la capa de agua, continúe la prueba.

5. ANALISIS Posición, el Tubo # 1 sobre la parte superior del Tubo # 2 y la tobera abierta de la tapa negra del dispensador. Asegúrese de que la tobera esté dirigida lejos del operador mientras la abre, y compruebe que la tobera está completamente abierta antes de agregar la solución transparente. Vierta 5 mil de la solución transparente en el Tubo # 2 (por arriba de la línea de 5 ml) apretando los lados del Tubo #1. Cierre la tobera de la tapa del Tubo dispensador # 1. Reponga la tapa del Tubo # 2. Rompa la ampolla inferior (sin color, punto blanco) y agite por 10 segundos. Rompa la ampolla superior (rojo-verde) y agite por 10 segundos.

6. **RESULTADOS** Observe el color resultante inmediatamente y compare con el color de la carta para la determinación del cloro. Si la solución se muestra púrpura, la muestra de aceite contiene menos de 50 ppm. de PCB's y debería hacerse un ensayo posterior por otro método de comprobación de PCB's más específico. Descarte cualquier color que se pudiera formar en una capa de aceite fina en la parte superior de la solución.

7. **DISPOSICIÓN** Abra la "Ampolla de Disposición" e introdúzcala en el Tubo # 2. Reponga la tapa del tubo. Rompa la ampolla apretando los lados del tubo. Agite por 5 segundos. Este reactivo inmoviliza el mercurio de tal

manera que el kit pasa las pruebas de la EPA TCLP. Lea cuidadosamente la sección inferior para mayor información de la disposición.

SUGERENCIAS PARA EL USO DEL KIT DE PRUEBA CLOR-N-OIL

El kit de prueba Clor-N-Oil, trabaja bajo el principio de la determinación de cloro. Debido a que los PCB's son materiales a base de cloro, el kit de prueba es capaz de detectarlo. Sin embargo, la prueba no puede distinguir entre otros productos que contengan cloro tal como el triclorobenzeno, el cual también puede estar contenido en el aceite del transformador. Estos compuestos pueden ser la causa de lo que se conoce como resultado "falso positivo", por ejemplo, el aceite indica la presencia de más de 50 ppm de PCB's, pero cuando es analizado por la cronomatografía de gases mostraría menos de 50 ppm.

La prueba trabaja bajo el principio de la detección de cloruros. Por lo tanto, la contaminación por sal (cloruro de sodio), agua de mar, sudor, etc., podrá dar un resultado falso positivo y el análisis posterior en un laboratorio sería necesario.

Nunca toque las ampollas, el interior del tubo, o la punta de la pipeta, ya que se puede contaminar la prueba.

El kit debe ser examinado antes de abrirlo para observar que todos los componentes están presentes y que todas las ampollas (5) están en su lugar

y no tienen fugas. El líquido del Tubo # 2 (tapa blanca) debería estar aproximadamente ½ pulgada por arriba de la línea de los 5 ml. y el tubo no debe tener fugas. Las ampollas no deben estar completamente llenas.

La prueba Clor-N-Oil no está diseñada para muestras que contengan agua. Si el Tubo # 1 se lo siente demasiado tibio, presurizado, o pierde su color gris en el Paso 3, probablemente la muestra contenga agua y el ensayo debe ser abortado. Otro ensayo puede conducirse previo al secado de la muestra.

Realice el ensayo en un área de ambiente cálido, seco y con adecuada luz. En clima frío, una cabina de camión puede ser suficiente. Si un área cálida no está disponible, el Paso 3 se lo debe realizar previo al calentamiento del Tubo # 1 con la palma de la mano.

Cuando obtenga la muestra de aceite con la pipeta, no la sumerja tanto para evitar que esta gotee. Cuando inserte la pipeta en el Tubo de ensayo, debe insertarla totalmente hasta la línea de 5 ml. Esto previene que el aceite se adhiera a las paredes del tubo y al tubo contenedor de las ampollas, dando como resultado demasiado aceite dentro del tubo.

Siempre rompa las ampollas incoloras de los tubos en primer lugar. Si esta secuencia no se ha seguido, detenga el ensayo inmediatamente y empiece nuevamente con otro kit nuevo. Cuando se sigue una secuencia incorrecta en el ensayo, un negativo falso puede ser el resultado, logrando que una muestra contaminada pase la prueba sin detección.

En el Paso 4, incline el Tubo # 2 a un ángulo de 45 grados para prevenir que el contenedor de las ampollas se salga. Esta prueba ha sido diseñada para usarla con aceite de transformador derivado de petróleo, y no ha sido propuesto su uso en el ensayo de otro tipo de fluidos.

INSTRUCCIONES ESPECIALES PARA TRANSFORMADORES LLENOS DE ASKAREL

En el Paso 4, si la capa de aceite se va al fondo (como lo muestra la foto), descontinúe el ensayo en este punto ya que el aceite es básicamente PCB's puro (Askarel). Si se continúa la prueba y se vierte el aceite al Tubo # 2 la capa de agua quedará por debajo, lo que dará resultados falsos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Canadian Department of the Environment, PCB waste export regulations, 1996: Regulatorry Impact, Anlysis Statement, Internet:** http://www.hazmatmag.com/library/PCBRegs96/PCBRegs96e.html**1996**

2. **PNUMA Productos Químicos, Estudio de las tecnologías actualmente disponibles para la destrucción de PCB sin incineración, Primera edición, Agosto de 2000.**

3. **PNUMA Productos Químicos, Inventario de la capacidad mundial de destrucción de PCB, Primera edición, Diciembre de 1998.**

4. **PNUMA Productos Químicos, Transformadores y condensadores con PCB, Primera edición, Mayo de 2002.**

5. **U. S. Environmental Protection Agency (US EPA), Management of Polychlorinated Biphenyls in the United States, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics. U. S. Government Printing Office: Washington, D.C., Internet: http://irptc.unep.ch/pops/indxhtms/pcbtoc.html, 1997.**

6. **Wagner Urs, Taller Internacional de Manejo de Bifenilos Policlorados, Quito – Ecuador, Abril 2005.**