

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“MANEJO SEGURO DE ACEITES DIELECTRICOS EN UNA  
EMPRESA DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN  
ELÉCTRICA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO DE HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

ELABORADO POR:

**NATALIE VANESSA REYES COSIO**

ASESORA:

MSc. ROSA AMPARO BECERRA PAUCAR

LIMA - PERÚ

2018

**DEDICATORIA**

**Esta tesis se la dedico a Isaac.**

## **AGRADECIMIENTO**

**Esta Tesis no hubiera sido posible si no fuera por el valioso apoyo de mis amigos, mi familia, mis colegas, mis mentores y mis amores.**

## RESUMEN

---

La presente tesis busca desarrollar y determinar las características que debe contener el estándar de manejo de aceites dieléctricos para una empresa de distribución y comercialización eléctrica.

La Empresa de Distribución y Comercialización Eléctrica en el desarrollo de sus actividades de distribución, transmisión y generación, emplea transformadores, capacitores e interruptores antiguos, con refrigeración por aceite, siendo los más peligrosos los aceites con contenido de PCB, cuyo manejo merece especial importancia.

Por las características de toxicidad de los PCB, es necesario determinar los aceites dieléctricos que lo contienen para darles el manejo adecuado.

Para la identificación de PCB en el aceite dieléctrico, se ha aplicado un monitoreo EPA para detección colorimétrica, que se aplicó a diversos equipos con contenido de aceites dieléctricos para detectar la presencia de PCB en ellos.

Asimismo se hace un análisis de los procedimientos actuales y de los procedimientos que deberán implementarse progresivamente en el manejo de los aceites dieléctricos para prevenir la contaminación con PCB a las personas o al medio ambiente.

## GLOSARIO

---

Análisis de trabajo Seguro – AST: Es un documento generado para detectar los riesgos que se puedan presentar durante la actividad a desarrollar, el Equipo de Protección Personal necesario a utilizar y establecer un procedimiento de trabajo para eliminar o reducir al mínimo los riesgos detectados.

El resultado del AST deberá ser difundido entre todo el personal que desarrolla la actividad.

El objetivo de llevar a cabo estos análisis es el detectar los riesgos potenciales a los cuales el personal se expondrá y determinar la manera de evitarlos.

Accidente de Trabajo: Es el suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo, y que produce en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte; así como aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, aún fuera del lugar y horas de trabajo.

Actos Inseguros o Subestándares: Son las acciones u omisiones cometidas por las personas que, al violar normas o procedimientos previamente establecidos, posibilitan que se produzcan accidentes de trabajo.

Ambiente de Trabajo: Es el conjunto de condiciones que rodean a la persona que trabaja y que directa o indirectamente influyen en la salud y vida del trabajador.

Bioacumulación: Aumento progresivo en la cantidad de un producto químico en un organismo o parte de él (OMS, 1979).

Brigada de Emergencia: Deberán estar conformadas por personas que aseguren el soporte logístico del plan de emergencias, por lo tanto deben conocer las instalaciones, rutas y alarmas. Para lograr los objetivos de una Brigada de emergencia son necesarios los siguientes elementos: Creatividad, productividad, resolución de problemas, trabajo en equipo y recursos.

Cáncer: Enfermedad causada por el desarrollo de un tumor maligno que se disemina en los tejidos circundantes.

Carcinógeno: Cualquier agente - químico, físico o biológico - que puede actuar sobre un tejido vivo y aumentar la incidencia de neoplasias malignas (OMS, 1980).

Condiciones de Trabajo: Son el conjunto de variables subjetivas y objetivas que definen la realización de una labor concreta y el entorno en que esta se realiza e incluye el análisis de aspectos relacionados como la organización, el ambiente, la tarea, los instrumentos y materiales que pueden determinar o condicionar la situación de salud de las personas.

Condición Insegura o Subestándares: Es toda situación peligrosa que posibilita que ocurra un accidente.

#### Convenio de Basilea

Convenio sobre el control de los movimientos transfronterizos, de los desechos peligrosos y su eliminación.

#### Convenio de Róterdam

Convenio que establece el Procedimiento de Consentimiento Previo fundamentado aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional

#### Convenio de Estocolmo

Convenio acerca reducción o eliminación de la liberación de los contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's)

Costos de los Accidentes de Trabajo: Tienen dos tipos de costos: los directos, que son causados por indemnizaciones, asistencia médica y hospitalaria y los indirectos, que son los gastos de fabricación y todos aquellos cuya incidencia varía según la industria.

Días Perdidos: Es el total de días en los cuales el trabajador accidentado queda incapacitado.

Dosis: Cantidad de sustancia administrada a un organismo (OMS, 1978).

Efectos agudos: Efectos de corta duración que ocurren rápidamente después de una exposición (OMS, 1979).

Efectos crónicos: Consecuencia de procesos lentos y de larga duración (a menudo, pero no siempre, irreversible). Algunos efectos irreversibles pueden surgir mucho tiempo después del contacto del tejido con la sustancia. El periodo de latencia (lapso hasta la aparición de un efecto observable) en estos casos puede ser muy prolongado -particularmente, si el grado de exposición es bajo- (OMS, 1979).

Enfermedad profesional: Todo estado patológico permanente o temporal que sobreviene al trabajador como consecuencia directa de la clase de trabajo que desempeña o del medio en que se ha visto obligado a trabajar.

Estudio de riesgos: Aquel que permite la identificación, descripción, análisis, evaluación y minimización de los riesgos a la producción, a la propiedad, al personal, al público en general y al medio ambiente, inherentes a la actividad de la empresa para mejorar la productividad y rentabilidad

Equipos de Protección Personal: Estos deben ser suministrados teniendo en cuenta los requerimientos específicos de los puestos de trabajo; además, es necesario capacitar en su manejo, cuidado y mantenimiento, así como realizar el seguimiento de su utilización. Estos elementos de protección deben ser escogidos de acuerdo con las referencias específicas y su calidad. No importa si es más costoso uno que otro, lo importante es el nivel de prevención al que llegue.

Exposición: Es la concentración a la cual el trabajador está sometido en un momento dado. Para que sea significativa es generalmente promediada y referida sobre una unidad de tiempo (un turno de 8 horas generalmente). Se mide como remota, ocasional, frecuente o continua.

Factores de Riesgo: Es la existencia de elementos, fenómenos, ambiente y acciones humanas que encierran una capacidad potencial de producir lesiones o daños materiales y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo. Se clasifican en: Físicos, químicos, mecánicos, locativos, eléctricos, ergonómicos, psicosociales y biológicos.

Higiene Industrial: Es la ciencia y el arte de proteger la salud de los trabajadores a través del control del ambiente de trabajo; la cual abarca el reconocimiento y evaluación de aquellos factores que podrían causar enfermedad, pérdida de bienestar o disconfort entre los trabajadores o la comunidad.

una especialidad no médica orientada a identificar, reconocer, evaluar y controlar los factores de riesgo ocupacionales (físico, químico, biológicos, psicosociales, disergonómicos y otros) que puedan afectar la salud de los trabajadores, con la finalidad de prevenir las enfermedades ocupacionales.

Incendio: Es el evento en el cual uno o varios materiales inflamables son consumidos en forma incontrolada. Se considera el desastre más frecuente en las empresas.

Incidentes: Son los sucesos que bajo circunstancias levemente diferentes, podrían haber dado por resultado una lesión, un daño a la propiedad o una pérdida en el proceso.

Incineración: Es quemar a temperaturas altísimas residuos sólidos para asegurar producción de energía y una mínima contaminación.

Indicadores de Gestión: Son la herramienta fundamental para la evaluación, los cuales se refieren a formulaciones (a veces matemáticas) con los que se busca



reflejar una situación determinada. Un indicador aislado, obtenido una sola vez, puede ser de poca utilidad; en cambio cuando se analizan los resultados a través de variables de tiempo, persona y lugar, se observan las tendencias que el mismo puede mostrar con el transcurrir del tiempo, y si se analizan, de manera integral, con otros indicadores, se convierten en poderosas herramientas de gerencia, pues permiten mantener un diagnóstico permanentemente actualizado de la situación, tomar decisiones y verificar si éstas fueron o no acertadas.

Inspecciones de Seguridad: Las inspecciones de seguridad se realizan con el fin de vigilar los procesos, equipos, máquinas u objetos que, en el diagnóstico integral de condiciones de trabajo y salud, han sido calificados como críticos por su potencial de daño. Estas inspecciones deben obedecer a una planificación que incluya, los objetivos y frecuencia de inspección. Las inspecciones se deben hacer además con el fin de verificar el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene establecidas (métodos correctos para operar máquinas, uso de equipos de protección personal, entre otras), el funcionamiento de los controles aplicados, así como de identificar nuevos factores de riesgo.

Investigación de Incidentes, Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales: Es el análisis de las contingencias ocupacionales. Es una estrategia eficaz en la prevención ya que permite identificar los antecedentes que directa o indirectamente precipitaron el suceso y promueve la toma de decisiones preventivas tendientes a evitar su repetición (o disminuir su impacto), a través de la aplicación de una metodología sistemática de identificación y análisis de causas. Permite detectar fallas organizacionales, tecnológicas y humanas.

Medicina del trabajo, Es la especialidad médica dedicada a la prevención, y manejo de las lesiones, enfermedades e incapacidades ocupacionales.

Mitigación: Es el conjunto de medidas tendientes a reducir el riesgo y a eliminar la vulnerabilidad física, social y económica.

Morbilidad: Hace referencia a los diferentes estados patológicos o enfermedades que se presentan en las personas. Toda la información concerniente a enfermedades profesionales, enfermedades comunes, accidentes de trabajo y ausentismo por causa médica, debe recolectarse en instrumentos de registro adecuados que pueden sistematizarse llamados Registros de morbilidad.

Mortalidad: Número proporcional de defunciones en población o tiempo determinado.

Normas de Seguridad: Se refieren al conjunto de reglas e instrucciones detalladas a seguir para la realización de una labor segura, las precauciones a tomar y las defensas a utilizar de modo que las operaciones se realicen sin riesgo, o al menos con el mínimo posible, para el trabajador que la ejecuta o para la comunidad laboral en general.

Estas deben promulgarse y difundirse desde el momento de la inducción o reinducción del trabajador al puesto de trabajo, con el fin de evitar daños que puedan derivarse como consecuencia de la ejecución de un trabajo.

Por lo tanto se deben hacer controles de ingeniería que sirven para rediseñar los procesos, la buena distribución de los puestos de trabajo y procurar instalaciones adecuadas.

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

Peligro: Situación o característica intrínseca de algo capaz de ocasionar daños a las personas, equipos, procesos y ambiente.

Plan de Capacitación: Es una estrategia indispensable para alcanzar los objetivos de la salud ocupacional, ya que habilita a los trabajadores para realizar elecciones acertadas en pro de su salud, a los mandos medios para facilitar los procesos preventivos y a las directivas para apoyar la ejecución de los mismos. La programación, por lo tanto, debe cobijar todos los niveles de la empresa para asegurar que las actividades se realicen coordinadamente.

Plan de contingencia: Son los procedimientos específicos preestablecidos de coordinación, alerta, movilización, y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de un evento particular para el cual se tiene escenarios definidos.

Prevención: Es el conjunto de medidas cuyo objeto es impedir o evitar que los riesgos a los que está expuesta la empresa den lugar a situaciones de emergencia.

Programa de Mantenimiento Preventivo: Es el que se le hace a las máquinas o equipos, elementos e instalaciones locativas, de acuerdo con el estimativo de vida útil de sus diversas partes para evitar que ocurran daños, desperfectos o deterioro. Igual procedimiento deberá seguirse con los sistemas o aditamentos de control que se instalen para la disminución de los factores de riesgo. En este programa deberán aparecer las áreas, máquinas visitadas, las fechas de mantenimiento y los responsables de estas acciones.

Respuesta: Son las acciones que se llevan a cabo durante un desastre y que tienen por objeto salvar vidas, reducir el sufrimiento y disminuir pérdidas en la propiedad.

Riesgo Ocupacional: Es la posibilidad de ocurrencia de un evento de características negativas en el trabajo, que puede ser generado por una condición de trabajo capaz de desencadenar alguna perturbación en la salud o integridad física del trabajador, como daño en los materiales y equipos o alteraciones del ambiente.

Riesgo: Es la probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente.

Salud: Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la salud no sólo es la ausencia de enfermedad, sino el completo bienestar físico, mental y social de las personas.

Seguridad: Son todas aquellas acciones y actividades que permiten al trabajador laborar en condiciones de no agresión tanto ambientales como personales para preservar su salud y conservar los recursos humanos y materiales.

Toxicología Industrial: Por medio de ella se identifican las sustancias tóxicas en potencia para el ser humano, estableciendo las características físico-químicas y sus efectos. La información se agrupa en documentos específicos llamados Fichas toxicológicas, en donde se realiza una descripción pormenorizada de un elemento o una sustancia de acuerdo a sus características (físicas, químicas y de manipulación).

Tareas Críticas: Son aquellas que por sus consecuencias o por su ocasionalidad puedan conducir a errores por acción u omisión que es necesario evitar.

Trabajo: Es toda actividad humana libre, ya sea material o intelectual, que una persona natural ejecuta permanente y conscientemente para sí o al servicio de otra.

Vigilancia Epidemiológica: Es el conjunto de actividades que permite reunir la información indispensable para conocer la conducta o historia natural de los riesgos, tanto profesionales como comunes que afectan a una población trabajadora, con el fin de intervenir en los mismos a través de la prevención y el control.

Estos sistemas determinan la ocurrencia de la enfermedad profesional, común y/o accidentalidad. Sirve para predecir el comportamiento de la enfermedad.

Visitas de Inspección: Las visitas de inspección se realizan con el fin de vigilar procesos, equipos, máquinas u objetos que en el diagnóstico integral de condiciones de trabajo y salud, han sido calificados como críticos por su potencial de daño.

## INTRODUCCION

---

Las empresas de distribución y comercialización eléctrica, utilizan transformadores y capacitores para el desarrollo de sus actividades, dichos equipos utilizan aceite dieléctrico el mismo que, a causa del mantenimiento no controlado, puede contener PCB.

Para la identificación de los PCB en el aceite dieléctrico, se deben diseñar y ejecutar procedimientos para establecer un apropiado sistema para realizar la identificación, evaluación, recolección, almacenamiento, transporte, disposición temporal y final de manera eficaz y responsable.

La responsabilidad del manejo de los aceites contaminados es, de la empresa que los usa y posteriormente los desecha, y para que éstos procedimientos formen parte el estándar de una empresa y lograr la viabilidad económica de los mismos, es importante lograr una identificación apropiada del volumen del aceite que necesita de estos procedimientos.

Se debe entender que, si se logra una separación oportuna del aceite contaminado del no contaminado antes de entregarlo a una empresa Prestadora de Servicio de Residuos Sólidos, el beneficio económico será mayor al alcanzado actualmente.

Con este fin se han realizado monitoreos de acuerdo a protocolos EPA para conocer si las concentraciones de PCB en diversos equipos que contiene aceites dieléctricos son mayores a lo que las normas establecen.

Las propuestas alcanzadas en el presente documento para el manejo de Aceites Dieléctricos serán de apoyo a las decisiones financieras que tome la empresa para lograr la disposición final ambientalmente correcta de sus residuos contaminados con PCB

## INDICE

---

CONTENIDO		Pagina
Dedicatoria		ii
Agradecimientos		iii
Resumen		iv
Glosario		v
Introducción		xiii
Índice		xiv
Índice de Fotos		xv
Índice de Figuras		xv
Índice de Tablas		xvi
CAPITULO I		1
ANTECEDENTES		1
1.1 Estudios Relacionados		1
1.2 Publicaciones relacionadas		3
1.3 Inventario Nacional de Aceites Dieléctricos PCB		6
CAPITULO II		7
MARCO TEÓRICO.		7
2.1 Los Aceites dieléctricos		7
2.2 Los PCB.		12
2.3 Impacto de los PCB en el Ambiente.		18
2.4 Identificación de PCB en Aceite Dieléctrico		21
2.5 Disposición Final Tratamientos para el aceite Dieléctrico   Contaminado		24
2.6 Niveles de exposición		30
CAPITULO III		31
MARCO LEGAL		31
CAPITULO IV		31
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO		36
4.1 Justificación		36
4.2 Planteamiento del Problema		37
4.3 Hipótesis y sus variables		38

4.4	Objetivos	39
	CAPITULO V	40
	MATERIALES Y MÉTODOS	40
5.1	Metodología	40
5.2	Muestreo	49
5.3	Técnicas y Recolección de datos.	50
	CAPITULO VI	55
	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	55
6.1	Resultados Obtenidos	55
6.2	Discusión de Resultados	59
	CAPITULO VII	61
	PLAN DE MANEJO DE ACEITES DIELECTRICOS PCB	61
7.1	Manejo Actual del Aceite Dieléctrico	61
7.2	Plan de Manejo de Aceite Dieléctrico - PCB.	63
7.3	Plan de Contingencia.	73
	CAPITULO VIII	98
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
	CAPITULO IX	101
	BIBLIOGRAFÍA	101

#### **INDICE DE FOTOS**

<b>Foto N°1</b>	Resultado Negativo	47
<b>Foto N°2</b>	Resultado Positivo	48
<b>Foto N°3</b>	Toma De Muestra Unidad Uno	53
<b>Foto N°4</b>	Toma De Muestra Unidad Dos	54

#### **INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura N°1</b>	Molécula de PCB	14
<b>Figura N°2</b>	MSDS de PCB	16
<b>Figura N°3</b>	Procesos reconocidos para eliminación de PCB	24
<b>Figura N°4</b>	Descarte de PCB en aceite dieléctrico con Clor-N-Oil®	42

**INDICE DE TABLAS**

<b>TABLA N°1</b> Valores de PCB en diferentes matrices.	30
<b>TABLA N° 2</b> Resultados de monitoreo de la unidad de negocios uno	56
<b>TABLA N° 3</b> Resultados de monitoreo de la unidad de negocios dos	58



## 1. ANTECEDENTES.

---

Los estudios realizados concernientes al tema son varios, y se encuentran orientados a determinar el nivel de peligrosidad de esta sustancia en el medio ambiente y a la persona humana, a causa de estos estudios y otros es que se determinó el potencial de daño que puede causar el PCB.

### 1.1 Estudios Relacionados

Podemos citar que a fines de los años sesenta y a mediados de los setenta se conocieron dos casos de contaminación accidental de aceite para el consumo de arroz, que expusieron a miles de ciudadanos japoneses e taiwaneses a altas concentraciones de PCB, producto del cual se produjo un gran número de abortos y defectos de nacimientos. Posteriormente se llegó a demostrar que estos problemas prenatales no fueron consecuencia de los mismos PCB, sino de los dibenzofuranos policlorados o policloro dibenzofuranos producidos al calentar el aceite contaminado para la cocción del arroz.

La dioxina, fue conocida debido a la contaminación notoria ocurrida en una planta química de Seveso (Italia); y en otros usos como ser uno de los componentes del devastador defoliante "agente naranja" utilizado por los norteamericanos en la guerra de Vietnam dañando a los soldados y sus descendientes; así mismo se produjo la evacuación de miles de personas en Times Beach, Missouri (EE.UU.), al descubrirse niveles elevados de dioxinas en las carreteras locales que durante años habían sido rociadas con aceite industrial residual contaminado con dioxinas para evitar el polvo.

Podemos citar entre los trabajos de investigación a la Tesis Doctoral "Exposición a Compuestos Orgánicos y sus efectos sobre la salud infantil durante el primer año de vida" de la Dra Núria Ribas-Fitó; en donde evalúa parejas de madre-hijo en una población altamente expuesta a los compuestos órgano clorados

Así también se han desarrollado trabajo de Tesis en Perú relacionadas con el estudio de los PCB's como ejemplo podemos citar:

La tesis desarrollada en el año 2005 "Gestión y manejo de residuos peligrosos en la planta de recupero de una empresa eléctrica" de Ing. Cecilia Vigo, se dedica a describir el manejo de varios residuos peligrosos de una empresas eléctricas, entre los cuales se menciona a los aceites eléctricos con posible contenido de PCB.

En la tesis desarrollada en el año 2005 "Manejo de residuos peligrosos - aceite usado en la EPS-RS L.F. Marte" de Ing. Jorge Luis Castro Rojas, describe los beneficios de los procedimientos de la disposición final de los aceites dieléctricos usados en una EPS RS.

En la tesis desarrollada en el año 2007 "Tecnología disponibles para la gestión integral de equipos y aceites con alto contenido de PCB (PBC)" de Ing César Emiliano Huerta Valverde, evalúa el compromiso económico que el país ha asumido al formar parte de los convenio para manejo de residuos peligrosos, (Estocolmo, Basilea), y plantea estrategias para la disposición final de PCB.

La presente Tesis desarrolla el manejo correcto de los aceites dieléctricos contaminados con PCB's utilizados actualmente en una empresa, identificados mediante un monitoreo usando el método colorimétrico, y así para contar con la información acertada antes de enviar este residuo a disposición final en una EPS RS.

Es importante señalar que, de lograrse identificar y separar el aceite contaminado del no contaminado antes de entregarlo a una EPS RS se logran beneficios de tiempo y de economía, ya que se disminuyen los recursos asignados y el procedimiento se viabiliza.

## 1.2 Publicaciones relacionadas

Podemos citar los estudios y publicaciones realizados por los países partes, tales como:

El gobierno de Uruguay ha editado: "Guía para la Identificación y Evaluación Preliminar de Sitios Potencialmente Contaminados" en donde consideran a los PCB como uno de los contaminantes importantes a identificar, entre otros.

En el Marco del Convenio de Estocolmo, el Convenio de Basilea, y el programa de Naciones Unidas (PNUMA) se han editado diversos documentos de orientación sobre los PCB tales como:

Información general sobre los PCB Un informe de evaluación sobre Contaminantes orgánicos persistentes, entre ellos los policlorobifenilos, donde se proporciona información sobre la toxicidad, destino y transporte del medio ambiente, el uso y las alternativas de los doce contaminantes orgánicos persistentes iniciales

Inventario de PCB Estos documentos proporcionan una guía para identificar e inventariar los equipos y los líquidos que contengan o estén contaminados con PCB

- Directrices para la identificación de PCB y materiales que contengan PCB - Guía sobre la identificación de PCB y materiales que contengan PCB que proporcionan información sobre los nombres de conocidos, las características y usos de los PCB, así como en las técnicas de muestreo y análisis para indicar su presencia.
- Formulario de Inventario de PCB - Inventario de Equipo que Contiene PCB. Formulario para ayudar a los países en la preparación de inventarios de PCB para su uso durante las visitas.
- Revista de la Red de Eliminación de los PCB.

Gestión ambientalmente racional de los PCB, Estos documentos proporcionan información sobre todos los aspectos relacionados con la gestión ambientalmente racional de los PCB, incluidos los inventarios, los planes nacionales de PCB, marcos regulatorios, manejo, transporte, almacenamiento y eliminación, así como asesoramiento sobre los posibles mecanismos de financiación para la gestión y eliminación de PCB.

- Elaboración de un Plan de Manejo Ambientalmente Racional Nacional de PCB y equipo contaminado con PCB - Manual de capacitación sobre diversos elementos prácticos de la gestión de PCB, incluyendo inventarios, estrategias nacionales de PCB, marcos normativos y proyecto de reglamento sobre los PCB, las medidas técnicas de seguridad, el transporte y el almacenamiento, así como asesoramiento sobre los mecanismos de financiamiento para la gestión y eliminación de PCB.
- Directrices técnicas actualizadas para la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en COP, que los contengan o estén contaminados con PCB (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB) - Directrices técnicas sobre desechos de COP desarrollados por el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Contiene información general sobre la gestión ambientalmente racional de los COP y se debe utilizar junto con los lineamientos específicos del Convenio de Basilea sobre el PCB.
- Marco para la gestión de los PCB - Guía breve del sistema de varios elementos de la gestión de los PCB, como la participación de los interesados, la preparación de inventarios de PCB y las opciones de tratamiento de selección, elaborado por el Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química en 2001.
- Transformadores y condensadores de PCB - Gestión a la Reclasificación y Disposición - Guía para la gestión segura y eliminación de transformadores y condensadores de PCB incluyendo información práctica sobre la nueva clasificación, teniendo fuera de servicio y eliminación de PCB los transformadores y condensadores.

La eliminación de los PCB Estos documentos proporcionan información específica sobre la eliminación de los PCB, en las tecnologías de combustión y no combustión disponibles por un lado, y por otro lado un manual de capacitación para los directores de proyectos de residuos peligrosos, que proporciona orientación sobre la selección de tecnologías de eliminación adecuadas.

Tecnologías de destrucción disponibles,

- Inventario de la capacidad de destrucción de PCB en el mundo - Segunda edición de la encuesta llevada a cabo por el PNUMA Productos Químicos sobre la distribución geográfica de las instalaciones que tratan los desechos de PCB, incluidas las tecnologías aplicadas, los tipos de residuos, los procedimientos de pre-tratamiento, seguimiento y control de las emisiones, los costes de tratamiento y de la capacidad de tratamiento aceptado
- Encuesta sobre tecnologías actualmente disponibles de PCB sin incineración tecnologías de destrucción - Encuesta realizada por Productos Químicos del PNUMA en 2000 sobre las tecnologías de destrucción de PCB disponibles distintas de la incineración.

Tecnologías de destrucción y descontaminación de los PCB y otros desechos de COPs del Convenio de Basilea - Un manual de capacitación para administradores de proyectos de residuos peligrosos. Secretaría del Convenio de Basilea

PCB en aplicaciones abierta. Esta sección proporciona información sobre el uso de PCB en aplicaciones de sistemas abiertos. Los sistemas abiertos usos de los PCB; IPEN 2009 - La información sobre los PCB en aplicaciones abiertas proporcionadas por la Red Internacional de Eliminación de los COP (IPEN) en 2004. También contiene información general sobre la producción de PCB, el uso, las acciones restantes, los costos de tratamiento y las fuentes actuales de emisión.

### **1.3 Inventario Nacional de Aceites Dieléctricos PCB**

Respecto a Perú se tiene el “Inventario Nacional de PCB Perú 2004”. Este documento resume los resultados del 1er Inventario Nacional de PCB, realizado por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) del Ministerio de Salud en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2004) – Productos Químicos, durante noviembre 2003 y diciembre 2004, con la finalidad de tener una aproximación sobre la cantidad de PCB existentes en el Perú.

En el ámbito nacional, el Perú en su condición de País Parte ha ratificado su participación en el Convenio de Estocolmo el 10 de agosto del 2005.

Así también se desarrolló un segundo inventario “Inventario Nacional de PCB Perú 2006” donde se exponen los resultados obtenidos entre junio del 2005 y febrero del 2006 en el marco del Proyecto “Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en el Perú”, cuya información debe sustentar el Plan de Acción para los PCB con los lineamientos para su manejo y eliminación ambientalmente racional, el cual debe responder a lo estipulado en el Convenio recientemente ratificado por nuestro país, mediante D.S. N° 067-2005-RE (10.08.2005), que establece en sus directrices, eliminar la producción y uso de estos contaminantes hasta el año 2025.

Para el desarrollo de ambos inventarios se han hecho la distribución de encuestas a las empresas que por sus actividades pudieran estar manejando artículos contaminados con PCB, para el correspondiente seguimiento de las autoridades competentes designadas en cada rubro, luego de este proceso se tendrá una estimación de los equipos contaminados.

## 2. MARCO TEÓRICO

---

### 2.1 Los Aceites dieléctricos.

Los aceites dieléctricos se obtienen a partir de bases nafténicas de bajo punto de fluidez, libres de ceras y sometidas a proceso de refinación de extracción por solventes y de tratamiento con hidrógeno.

#### **Propiedades de los aceites dieléctricos:**

Buenas propiedades como aislante, las cuales dependen en su totalidad de la ausencia de impurezas, tales como suciedad, materias extrañas y agua pues aún en pequeñas cantidades pueden disminuir operacionalmente la rigidez dieléctrica.

Los aceites dieléctricos son cuidadosamente secados y filtrados, en el momento de su envasado.

Los aceites dieléctricos poseen una alta resistencia a la oxidación, lo que permite funcionar por largos períodos, tanto en transformadores de potencia y de distribución como en interruptores. Poseen alta estabilidad química y buenas propiedades refrigerantes debido a su baja viscosidad, lo cual le facilita la transferencia del calor generado en el transformador.

#### **Aplicaciones de los aceites dieléctricos:**

- Transformadores de potencia y de distribución.
- Interruptores de Potencia en baños de aceite.
- Condensadores.
- Como medio aislante en las bobinas de arranque de automóviles.
- Como aceite dieléctrico en general.

#### **Degeneración del aceite aislante**

El Aceite Aislante va degenerándose dentro del Transformador Eléctrico durante el funcionamiento normal del mismo. La degeneración dependerá de muchos

factores, como el tipo de transformador, ubicación, carga y temperatura de trabajo, etc. La Contaminación de los Aceites Aislantes está básicamente relacionada con:

Presencia de humedad en el Aceite (agua): medida en PPM (partes por millón). El valor max, según la norma IEC 296 para transformadores, no debe superar 30 PPM, aunque algunos fabricantes pueden recomendar máximos de 10 PPM de agua, para transformadores eléctricos de Alta Tensión >170 KV

Partículas: la fabricación de los transformadores implica la utilización de papales y celulosa, que pueden desprender pequeñas partes por vibración, etc. Además, los transformadores necesitan un respirador para poder compensar las dilataciones del aceite, siendo foco de entrada de polvo, etc al interior del transformador, y por lo tanto al aceite.

Oxidación: Esfuerzos de trabajo, puntos calientes, degeneración de las partículas y suciedad y descompensaciones provocan la generación de gases disueltos y oxidación del Aceite Aislante del transformador.

### **Comprobación aceites aislantes:**

La toma de muestras para el análisis del Aceite Aislante desde ser realizada de forma segura y cuidadosa, para conseguir resultados reales.

Las pruebas básicas que pueden hacerse a los Aceites Aislantes para transformador son:

- Test de Rigidez Dieléctrica: Consiste en la comprobación de la capacidad aislante del aceite del transformador, mediante la extracción de una muestra y el uso de un aparato Comprobador de Rigidez Dieléctrica (conocido vulgarmente como CHISPOMETRO).
- Agua disuelta en el Aceite: Medida en PPM, partes por Millón, y de efecto directo en la pérdida de la Rigidez Dieléctrica de la muestra.
- Neutralización/Acidez: Control de los niveles de ácido en el Aceite, como referencia del nivel de Oxidación del mismo.
- Turbiedad/Color: Tanto la presencia de Agua como de otras partículas disueltas produce turbiedad en el Aceite Aislante.



- Partículas Disueltas: contaminación por todo tipo de suciedad.
- Gases Disueltos: El envejecimiento, junto con la degradación de las partículas por la temperatura y posibles descargas internas, generan diferentes gases dentro del transformador y en el aceite. El tipo y cantidad de ellos pueden dar importante información.
- Tensión Superficial: Valor Físico del Aceite, con relación con la viscosidad.

### **Mantenimiento del aceite aislante:**

Consejos para aumentar la duración de los Aceites Aislantes en los Transformadores, aunque en algunas ocasiones donde la degradación y contaminación del aceite haga más cara su regeneración que su sustitución, vamos a dar una serie de consejos que eviten llegar a esa situación:

- Equilibrar adecuadamente los Transformadores logrará que el aceite cubra la totalidad de las partes del interior de los mismos.
- Colocar filtros adecuados en los respiradores de los Transformadores, de forma que evite la entrada de la mayor cantidad posible de humedad, polvo y otras partículas.
- Comprobar el cierre de tapas, pasacables, mirilla, etc. para evitar tanto el acceso de suciedad como la pérdida de aceite.
- Realizar pruebas, test y/o análisis periódicos para poder tomar acciones de mantenimiento antes de que, la excesiva degradación del aceite lo haga irreparable e incluso dañe de forma grave el interior del Transformador.
- El uso de Equipos de Purificación y Regeneración de Aceite Aislante permite devolver las características funcionales mínimas para continuar usándolo. Este tratamiento debe realizarse antes de que la contaminación del Aceite provoque depósitos en el fondo del Transformador.

## Los peligros en los Aceites Dieléctricos

Desde su existencia, los Transformadores de Tensión han utilizado y siguen utilizando aceite de naturaleza mineral, procedente de la destilación fraccionada del petróleo, como elemento aislante y de refrigeración. Los primeros transformadores llenados con PCB se fabricaban de forma muy parecida a los equipos que se llenaban con aceite. Pero los modelos posteriores se fabricaron como unidades completa o herméticamente selladas sin válvulas de drenaje ni dispositivos de acceso. La razón de ello es que como los PCB tenían la reputación de ser fluidos muy estables, no se degradarían como los aceites normales, y por eso los transformadores podrían sellarse para siempre. La experiencia ha demostrado que no es así.

El PCB es difícilmente inflamable, siendo en su momento una solución para transformadores de usos especiales, como ser, aquellos instalados en sitios críticos ante peligros de incendio (P. Ej. Subterráneos). La poca utilización de dicho contaminante, fue debida a esa circunstancia y al elevado costo del mismo. Fueron sintetizados por primera vez en 1881 por SCHMITT-SCHULZ en Alemania. El uso de fluidos aislantes conformados por PCB, como alternativa al aceite mineral, en 1929, la empresa Monsanto inició la producción industrial y su uso se prolongó hasta la década de los '80, puesto que se desconocía hasta muchos años después sus efectos nocivos.

En 1976, bajo el Acta de Control de Substancias Tóxicas (The 1976 Toxic Substances Control Act) en Estados Unidos se prohibió la producción, manipulación, distribución y comercialización de los PCB. La misma prohibición se dio en el Reino Unido en 1986 como parte de una iniciativa de la Comunidad Económica Europea, CEE; sin embargo se reconoció que los PCB seguirían existiendo en equipos ya construidos, por lo que el Reino Unido y otros países del Mar del Norte determinaron en la Tercera Conferencia del Mar del Norte de 1990, encarar y destruir definitivamente los PCB a fines de 1999 y para los países que no pertenecen al Mar del Norte que participaron de la Convención de París, hasta el año 2010.

En los últimos años, muchos países industrializados han adoptado medidas para controlar y limitar el flujo de PCB hacia el ambiente. El factor decisivo que ha llevado a estas restricciones ha sido probablemente una recomendación de 1973 de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) (OMS, 1976; CIIC, 1978; OCDE, 1982). Desde entonces, los 24 países miembros de la OCDE han limitado la fabricación, la venta, la importación, la exportación y el uso de PCB, además de establecer un sistema de etiquetado de estos productos (1)

Los PCB están incluidos en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), el cual trata sobre la producción, uso, importación, exportación, liberación de sub-productos, gestión de existencias y eliminación de una primera lista de doce COP. Como aún son necesarios los equipos que contienen PCB, sobre todo ciertos transformadores y condensadores eléctricos.

En nuestro país todavía se encuentran transformadores de baja y media tensión que contienen aceite refrigerante de PCB y que, en muchos casos, chorrean ese lubricante por falta de mantenimiento. Un transformador con buen mantenimiento y trabajando sin exceso de carga, puede tener una vida útil variando entre 40 y 60 años, posteriormente se consideran residuos peligrosos. Estos transformadores pueden estar situados en postes de vías públicas o terrenos privados, así como en el interior de edificios, industrias o locales. Las fuentes de PCB en la naturaleza proceden exclusivamente de la actividad humana.

Por esta razón en los últimos años se han reemplazado a los PCB con aceites de tipo mineral que han sido los más empleados para hacer esta sustitución en transformadores, al igual que los esteres naturales (a partir de semillas) para los condensadores. Aunque estos aceites no brindan el 100% de las propiedades de los que contienen PCB, y además de ser mucho más costosos a la hora de la adquisición, resultan ser mucho más baratos al momento de sacarlos de circulación, pues son biodegradables con procesos de eliminación y degradación sencillos.

## 2.2 Los PCB.

Desde el punto de vista químico, los PCB (PCB) son hidrocarburos aromáticos clorados su fórmula molecular general es:  $C_{12}H_XCl_{10-X}$ . categoría con número CAS 1336-36-3 y número de Naciones Unidas UN 2315, comprenden una clase de 209 compuestos individuales, isómeros y congéneres (1), obtenidos mediante la cloración de los bifenilos y se caracteriza por el contenido de clorina, la volatilidad de las distintas moléculas varía según el grado de cloración. En general los congéneres con bajo contenido de cloro son líquidos que fluyen libremente y se hacen más viscosos y menos volátiles al aumentar el contenido de cloro.

Los PCB son una familia de sustancias químicas orgánicas compuestas de dos anillos de benceno unidos por un enlace carbono - carbono. Los átomos de cloro se sustituyen en uno o en los diez lugares disponibles restantes. El número y la posición de los átomos de cloro determinan la clasificación y propiedades de las distintas moléculas.

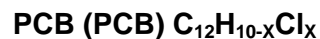
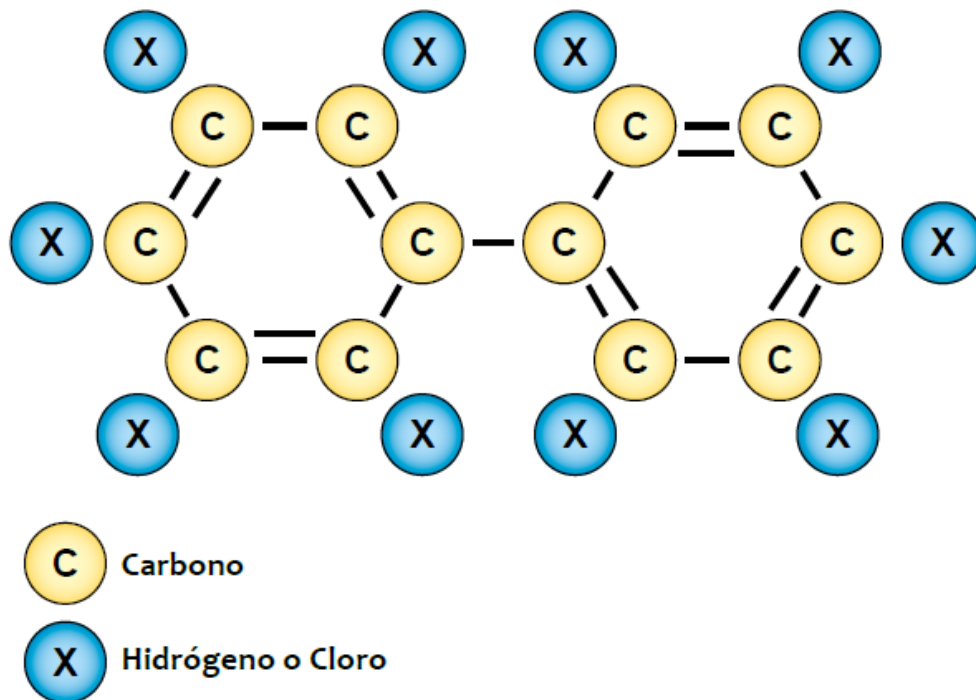
Son considerados productos peligrosos debido a su persistencia en el Medio Ambiente, por su capacidad de bioacumularse en las cadenas alimenticias, no degradar en el ambiente y causar efectos adversos o tóxicos en organismos expuestos a estas sustancias.

Los PCB son unas de las sustancias químicas orgánicas más estables que se conocen. Su constante dieléctrica baja y su punto de ebullición elevado los hacen ideales como fluidos dieléctricos en condensadores y transformadores eléctricos. Además, poseen baja volatilidad, son resistentes al fuego, baja solubilidad en agua, alta solubilidad en solventes orgánicos.

Sin embargo, hoy en día las desventajas de los fluidos de PCB se consideran significativas: no son biodegradables; son persistentes en el medio ambiente; pueden acumularse en los tejidos adiposos del cuerpo; son posibles carcinógenos. Los efectos de los PCB en los seres humanos pueden ser graves: la piel absorbe el PCB produciendo sequedad y enrojecimiento, el contacto con

la vista produce enrojecimiento y dolor, la ingesta, produce dolor de cabeza y fiebre pueden causar insuficiencia renal y trastornos en otros órganos humanos.

En el ambiente los PCB, que son lipofílicos, se acumulan en tejido graso, por tanto se encuentran con mayor frecuencia en animales que en plantas. Por ser más pesado que el agua se asienta en el lecho marino donde puede ser consumido por gran cantidad de especies que se alimentan de este. Por ser antiestrogénico, puede inhibir la deposición de calcio durante el desarrollo de la casaca del huevo (en aves) ocasionando fragilidad y pérdidas prematuras. Puede tener propiedades antiandrógenas que produzcan perjuicios en la capacidad reproductiva de los machos de algunas aves y otras especies.



**Fuente:** Guía para el Manejo Ambientalmente Racional de existencias y residuos de PCB (PCB). Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB. (MINSa 2017)

Figura N°1 Molécula de PCB

### **Propiedades Físico – Químicas**

Las características físico - químicas de los PCB están determinadas por la cloración alrededor del anillo fenil. Por ejemplo: el color es más oscuro y la viscosidad aumenta en la medida en que se incrementa el contenido de cloro.

- Densidad: 1,182 - 1,566 g/mL
- Punto de ebullición: 320 - 420 °C
- Constante dieléctrica alta.
- Gran estabilidad térmica y química.
- Alta tensión superficial (baja volatilidad)
- Difícil oxidación y reducción
- Prácticamente insolubles en el agua
- No combustibles
- No biodegradables
- Bioacumulativos





### **Tóxico-dinámica.**

- Estudios realizados en animales indican que los PCB son oncogénicos (causan tumores).
- En las personas se ha determinado la probabilidad de que el PCB y mezclas que contienen PCB sean carcinogénicas.
- La piel absorbe el PCB produciendo sequedad y enrojecimiento, en algunos casos se puede producir cloroacné (lesiones dérmicas severas) en el personal expuesto a PCB en el lugar de trabajo; los casos severos de cloroacné son dolorosos y desfigurantes, pudiendo ser persistentes.
- El contacto con la vista produce enrojecimiento y dolor. La ingesta produce dolor de cabeza y fiebre.
- Se han detectado cambios en pacientes relacionados con desórdenes funcionales en el sistema nervioso, especialmente en la corteza cerebral, causando dolores de cabeza, vértigo, depresión, nerviosismo y fatiga.

Experimentos de laboratorio en animales han demostrado que:

- Los PCB se absorben fácilmente a través de todas las áreas expuestas y permanecen en su mayoría en el tejido graso, donde tienden a acumularse.
- Más del 90 % de los PCB ingeridos atraviesan las paredes del intestino y son retenidos en el organismo.
- El órgano blanco de los PCB es el hígado, donde se acumulan (se ha observado el desarrollo de tumores malignos y benignos en ratones que han absorbido PCB y en monos, cuya sensibilidad a estos productos es muy cercana a la humana) y causan:
  - Acné, irritaciones cutáneas, hiperpigmentación
  - Hipersecreción de glándulas lacrimales, conjuntivitis
  - Desórdenes hepáticos (hipertrofia y cambios enzimáticos)
  - Se observan cambios en la epidermis (pérdida de cabello) y en la piel (acné, edema) de descendientes de madres expuestas, así como bajo peso al nacer y anomalías óseas.
- En ratones, la dosis letal 50 (DL50) al día octavo (es decir, la dosis letal para el 50% de la población al cabo de 8 días) es sólo 0,7 g de PCB por kg del animal. (1)
- Desórdenes en sangre (anemia e hiperleucocitosis)
- Efectos reproductivos

## Fichas Internacionales de Seguridad Química

<b>BIFENILO POLICLORADO (AROCOR 1254)</b>		<b>ICSC: 0939</b>	
		<b>Octubre 1999</b>	
Clorobifenilo (54% cloro)	Clorodifenilo (54% cloro)	PCB	
<b>CAS:</b> 11097-69-1 <b>RTECS:</b> TQ1360000 <b>NU:</b> 2315 <b>CE índice Anexo I:</b> 602-039-00-4 <b>CE / EINECS:</b> 215-648-1	<b>Masa molecular:</b> 327 (media)		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO</b>	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: polvo, dióxido de carbono,
<b>EXPLOSIÓN</b>			
<b>EXPOSICIÓN</b>		¡EVITAR LA FORMACION DE NIEBLA DEL PRODUCTO! ¡HIGIENE ESTRICTA!	
Inhalación		Ventilación.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Ojos		Gafas ajustadas de seguridad, pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor de cabeza. Aletargamiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Reposo. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Consultar a un experto. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).		Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Contaminante marino severo. <b>Clasificación UE</b> Símbolo: Xn, N R: 33-50/53; S: (2-)35-60-61 Nota: C <b>Clasificación NU</b> Clasificación de Peligros NU: 9 Grupo de Envasado NU: II	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-90GM2-II-L		Separado de alimentos y piensos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	
<b>IPCS</b> International Programme on Chemical Safety			
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2005			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO



## Fichas Internacionales de Seguridad Química

BIFENILO POLICLORADO (AROCLOR 1254)		ICSC: 0939
<b>DATOS IMPORTANTES</b>		
<p><b>ESTADO FÍSICO; ASPECTO:</b> Líquido amarillo claro, viscoso.</p> <p><b>PELIGROS QUÍMICOS:</b> La sustancia se descompone al arder, produciendo gases tóxicos e irritantes.</p> <p><b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN:</b> TLV: 0.5 mg/m<sup>3</sup> (como TWA), (piel), A3 (ACGIH 2004). MAK: 0.05 ppm, 0.70 mg/m<sup>3</sup>, H (absorción dérmica), Categoría de limitación de pico: II(8), Cancerígeno: categoría 3B, Riesgo para el embarazo: grupo B (DFG 2004).</p>	<p><b>VÍAS DE EXPOSICIÓN:</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol, a través de la piel y por ingestión.</p> <p><b>RIESGO DE INHALACIÓN:</b> Por evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire.</p> <p><b>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. Cloracné es el efecto más visible. La sustancia puede afectar al hígado. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.</p>	
<b>PROPIEDADES FÍSICAS</b>		
<p>Densidad relativa (agua = 1): 1.5 Solubilidad en agua: ninguna Presión de vapor, Pa a 25 °C: 0.01</p>	<p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 6.30 (estimado)</p>	
<b>DATOS AMBIENTALES</b>		
<p>Puede producirse una bioacumulación de esta sustancia en organismos acuáticos. Evítese efectivamente que el producto químico se incorpore al ambiente.</p>		
<b>NOTAS</b>		
<p>Cambia a estado resinoso (punto de fluidez) a 10 °C. Intervalo de destilación: 365 °-390 °C. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Límites de exposición, Clasificación UE, Respuesta de Emergencia</p>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011):</p> <p>VLA-ED: 0,05 ppm; 0,7 mg/m<sup>3</sup></p> <p>Notas: vía dérmica. Alterador endocrino. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH.</p>		
<b>Nota legal</b>	<p>Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.</p>	
© IPCS, CE 2005		

Figura N°2. MSDS de PCB. Fuente: Instituto Nacional de Higiene del Trabajo-ESPAÑA,

## **2.3 Impacto de los PCB en el Medio Ambiente**

### **Agua**

Es posible que los PCB se derramen accidentalmente al llevar al cabo tareas de mantenimiento de los equipos eléctricos así como filtrados frecuentes de las sustancias. Las coladeras en la mayoría de las subestaciones eléctricas descargan en drenajes municipales que eventualmente llegan a plantas de tratamiento de aguas donde no existe método alguno para la extracción particular de los PCB. También se pueden presentar fugas o pérdidas durante la operación normal de capacitores, balastos, transformadores, etc.

Otra forma de contaminación del agua son los derrames y lixiviados de equipos y contenedores inadecuadamente confinados o enterrados. En ocasiones estos elementos contaminados se almacenan, por períodos indefinidos de tiempo, sin tomar las debidas precauciones y sin brindarles protección contra los elementos de la naturaleza. El deterioro subsiguiente de los contenedores permite que el agua de lluvia acarree los PCB hasta los canales de agua subterránea, lagos y mares. A pesar de ser insolubles en el agua, los PCB se transportan en ella.

### **Aire**

Parte de la contaminación atmosférica por PCB y los solventes organoclorados que los acompañan se produce por el calentamiento de los equipos y envases que los contienen. No obstante la baja volatilidad de estos contaminantes, es común su evaporación e integración a las corrientes de viento.

### **Otros medios**

El uso de los PCB en algunas formulaciones de plaguicidas, con la finalidad de reducir su volatilidad, provoca la dispersión constante y regular sobre cosechas para alimento humano y animal. Otro de los usos de los PCB es como molusquicidas. Los cascos de los barcos son tratados con pinturas especiales que contienen PCB para prevenir el desarrollo de algunos moluscos en los

muelles. Los moluscos aumentan el coeficiente de fricción del barco sobre el agua, lo cual aumenta los costos del servicio de transporte. El constante roce del agua contra la pintura libera los PCB. Estos tienden a acumularse en el fondo del agua donde posteriormente son ingeridos por especies de mayor tamaño que comúnmente constituyen la base alimenticia de poblaciones costeras.

Otra causa de contaminación es el papel de copia sin carbón. En los países más desarrollados esta práctica está prohibida pues causa la contaminación directa del ser humano a través de la piel. La afinidad de los PCB con las grasas y compuestos no polares permite que la piel los absorba, se inserten en el torrente sanguíneo y se acumulen en el hígado, los riñones y otros tejidos.

### **Mecanismos de dispersión de los PCB**

Los PCB no son intencionadamente liberados en el medio ambiente como parte de una política gubernamental. Su aparición en la naturaleza se debe principalmente al manejo irresponsable y negligente que le dan las empresas públicas y privadas de los sectores energético e industrial, a derrames de los equipos que los utilizan, al derrame intencional para la reutilización de los recipientes que los contienen, al deterioro de los recipientes y a la mezcla de los aceites contaminados con aceite común.

Al contaminar los mantos freáticos los PCB ingresan en las cadenas alimenticias y aparecen casi sin excepción en todos los ecosistemas. Debido a su persistencia, alta solubilidad en grasas y mala metabolización, los PCB son bioacumulables en esas cadenas y se incrementa su concentración en cada nivel trófico (la llamada biomagnificación). Sobra decir que los humanos se encuentran en la cúspide de la mayoría de las cadenas.

Otra forma de invasión de los PCB en el ecosistema es el aceite mineral. En sí el aceite no representa un riesgo, pero es posible su contaminación al combinarse con PCB al regenerar aceite usado, utilizar sistemas de filtración contaminados, rellenar un equipo con aceite regenerado de dudosa procedencia (menos costoso), al utilizar tambores contaminados para almacenar aceite limpio, o al

mezclarlo y utilizarlo como combustible en vehículos. Esto puede suceder durante el proceso de mantenimiento de los transformadores, el cual usualmente se lleva a cabo una vez por año; por ello es indispensable una supervisión estricta por parte de técnicos calificados en la manipulación de sustancias peligrosas. De igual manera es imperativo tener en cuenta que cualquier equipo que entre en contacto con PCB, incluyendo mangueras, baldes, embudos, tambores y vestimenta, quedará contaminado.

#### Toxicidad, vías de acción y protección de la salud

Las principales fuentes de exposición de PCB son en el lugar de trabajo y el medio ambiente. Los síntomas de la exposición a los PCB son cloroacné, irritación en los ojos, somnolencia, dolor de cabeza e irritación en la garganta.

Esta exposición en el lugar de trabajo puede ocurrir durante la reparación y mantenimiento de equipos que contienen PCB (principalmente transformadores), accidentes, derrames, transporte del material o del equipo, o incendios.

Las principales rutas de ingreso al organismo son por vía respiratoria, con aire contaminado, y por vía dérmica, mediante el contacto directo con materiales contaminados con PCB, esto normalmente no debe ocurrir pero es necesario conocer que hacer en los casos que se produzca de forma accidental el contacto de estas sustancias con las personas.

La Comisión Internacional de Investigación del cáncer (IARC) perteneciente a la OMS, y la Agencia de Protección del Medio Ambiente EPA califican a los PCB como probablemente cancerígeno humano.

Los PCB fueron comercializados y usados por fabricantes de equipos eléctricos quienes los designaban con diversos nombres, a pesar de que el origen de los mismos fue su fabricante en los Estados Unidos de Norteamérica, Monsanto.

Los aceites usados son considerados desechos tóxicos peligrosos según lo establecido por el Convenio de Basilea y se clasifica por su estado físico como

un desecho sólido ya que es un líquido excepcional que recibe un tratamiento final muy diferente a otros.

#### **2.4 Identificación de PCB en Aceite Dieléctrico.**

Lamentablemente, no existe ningún método absolutamente seguro para identificar por fuera a los transformadores que contienen PCB. Sin embargo, además de la placa original con el nombre del fabricante (si la hay o es legible), algunos detalles de construcción pueden ser de gran utilidad para la identificación.

Estos Detalles son:

- La Placa Original,
- La Construcción del Transformador

Así también se pueden efectuar diversas pruebas para identificar PCB en los Aceites Dieléctricos, tales como utilizando diversos tipos de Cromatografía:

- Cromatografía de gas con columna empaquetada;
- Cromatografía líquida en capa delgada;
- Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).

Estos tipos de análisis son indispensables si se requieren concentraciones precisas de PCB. Sin embargo, los análisis cuantitativos no suelen ser necesarios en la primera fase de identificación del contenido de un transformador. Existen métodos rápidos, aunque no necesariamente certeros, que pueden señalar la presencia o contenido de PCB:

- a) Prueba de Densidad.- Al contener cloro, que es un átomo bastante pesado, los aceites de PCB suelen tener una densidad alta. Ello permite distinguirlos sobre todo de los aceites minerales, que por lo regular son más ligeros que el agua. Por otro lado, la gravedad específica de los aceites de PCB pueden llegar a 1.5. Dicho de otro modo, un aceite de PCB siempre se

irá al fondo de una mezcla con agua, mientras que un aceite mineral tenderá a flotar en la superficie.

b) Prueba del Cloro.- La presencia de cloro puede detectarse mediante un sencillo análisis químico.

Existen “tiras reactivas” sensibles a la presencia del cloro. Además, si se enciende un compuesto que contiene cloro en presencia de cobre se producirá una llama verde, ya que el cloro forma pequeñas cantidades de cloruro de cobre en la superficie del cobre y esta sustancia, al volatilizarse, produce una característica llama verde.

c) Análisis Colorimétrico.- Utiliza la tonalidad final como indicador de presencia de cloro. Este es el método que utilizamos en esta oportunidad.

Después de realizar estas sencillas pruebas, convendría verificar si el cloro existente se debe a la presencia de PCB y no a alguna otra sustancia que contenga cloro. Esta verificación puede hacerse mediante las pruebas Cromatográficas.

Una vez identificados los transformadores que contienen PCB se puede darles el tratamiento específico y diferenciado que deben de tener.

Un transformador que ha sido identificado, que utiliza un aceite que contiene PCB, debe tener su programa de mantenimiento

El mantenimiento implica en primer lugar, realizar evaluaciones y pruebas periódicas y constantes para detectar posibles ineficiencias en cualquier aspecto del funcionamiento del transformador. En segundo lugar implica tomar las medidas necesarias para poner remedio a las fallas observadas.

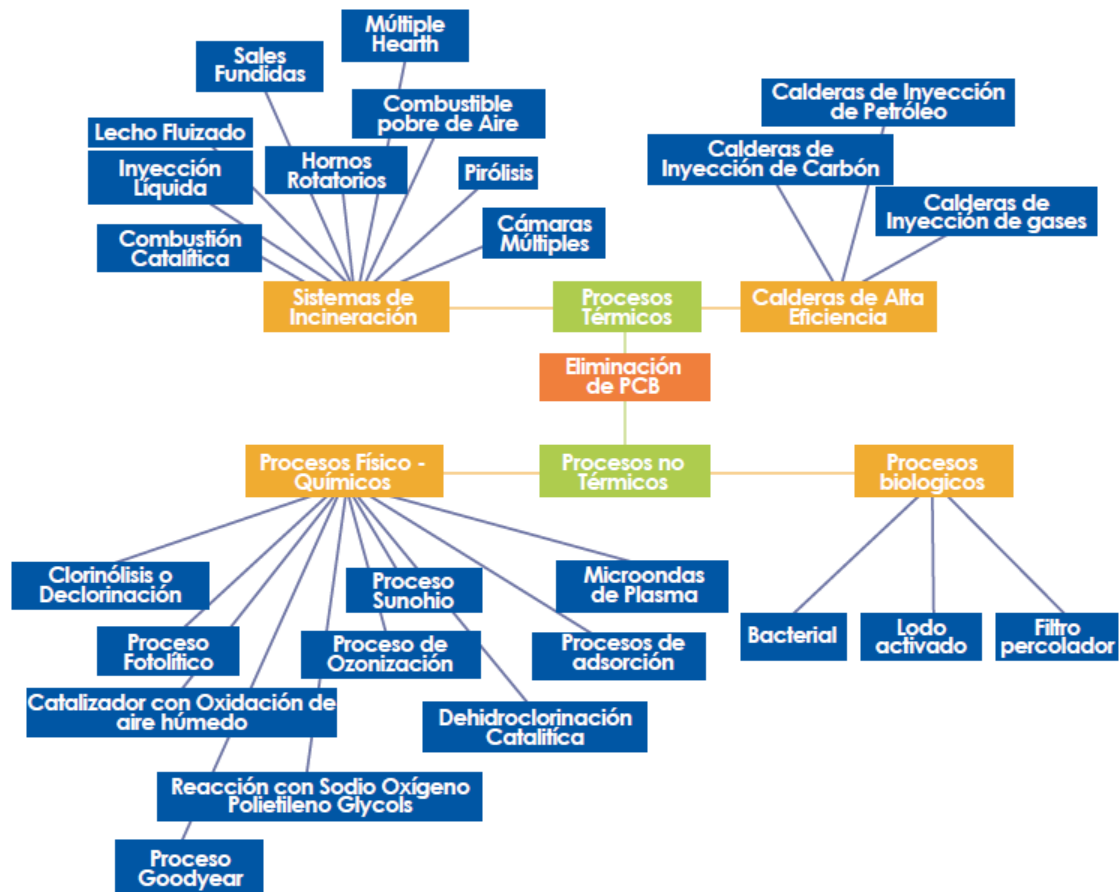
Estos tipos de análisis son indispensables si se requieren dosificaciones precisas de PCB. Se ha estandarizado dos métodos para la determinación de PCB en aceites de transformadores:

1. Para los análisis cromatográficos también existen varios métodos, pero se recomienda que se usen las normas ASTM D4059- 00-2005 y ASTM D6160-98. Se deberá solicitar los servicios de los laboratorios que cuenten con la acreditación otorgada por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL),
2. EPA-SW-846 Method 9079 Screening Test Method For Polychlorinated Biphenyls in Transformer Oil. Una muestra de aceite se hace reaccionar con una mezcla de sodio metálico catalizado con naftaleno y dimetilglioxima a temperatura ambiente. Este proceso convierte todos los halógenos orgánicos a sus respectivos haluros de sodio, estos haluros son extraídos en un buffer acuoso, se le adiciona una cantidad previamente medida de nitrato de mercurio, seguido de la adición de difenilcarbazona como indicador. El color que toma la solución al final indica si el nivel de cloro en la muestra está por encima o por debajo del nivel de cloro prefijado. Si el color es amarillo indica que la concentración de cloro en la muestra es mayor que la prefijada y si el color es azul violeta indica que está por debajo.

## 2.5 Disposición Final Tratamientos para el aceite Dieléctrico Contaminado

Se denomina eliminación ambientalmente racional de PCB al proceso mediante el cual se elimina la presencia del PCB de la matriz que lo contiene, los procesos de para la eliminación de PCB se pueden dividir en dos tipos de procesos generales a los que se puede someter una existencia o residuos con PCB:

- Eliminación ambientalmente racional de PCB con recuperación.
- Eliminación ambientalmente racional de PCB sin recuperación.



**Figura N°3.** Procesos reconocidos para eliminación de PCB

**Fuente:** Guía para el Manejo Ambientalmente Racional de existencias y residuos de PCB (PCB). Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB. (MINSa 2017)



En el presente documento se describirán los procesos más usados para dicha eliminación, asimismo en la Figura N°3 se muestran algunos procesos de eliminación de PCB.

Las empresas deben evaluar en función del volumen de PCB a eliminar y del que aún están utilizando, así como sus concentraciones para tomar la mejor decisión de eliminación ambientalmente racional de sus PCB.

Es importante que cuando se defina el procedimiento a aplicar para la eliminación de PCB con recuperación, se tome en cuenta tecnologías que hayan sido probadas y extensivamente aplicadas con éxito en el ámbito regional. En el caso del Perú se ha tenido experiencias exitosas con la aplicación de los siguientes procedimientos:

- Retrolenado
- Declorinación

A continuación describiremos algunos procesos Eliminación ambientalmente racional de PCB con recuperación:

#### Retrolenado

El retrolenado es un procedimiento de eliminación de PCB con recuperación que se aplica en transformadores con presencia de PCB con unas concentraciones por debajo de 500 ppm.

Este procedimiento tiene por finalidad reemplazar el aceite dieléctrico con PCB por debajo de 500 ppm de los transformadores con un aceite libre de PCB, con la finalidad de reducir la concentración de PCB en las partes internas del transformador mediante la lixiviación de las moléculas adheridas a las partes sólidas del equipo y eliminar los PCB del aceite extraído mediante el proceso de tratamiento químico que se elija.

El retrolenado consiste básicamente de:

- Vaciado del aceite dieléctrico con PCB
- Rellenado de transformador con aceite libre de PCB

Luego de la operación de vaciado, se realizará el rellenado del equipo con aceite nuevo libre de PCB. Esta operación se realizará utilizando herramientas y equipos diferentes a los utilizados para el vaciado a fin de evitar la contaminación cruzada y tomando las medidas de protección pertinentes.

Se sabe que, aunque se haya realizado un vaciado correcto, queda aún aceite con PCB en el núcleo, bobinas, papel y madera del equipo. A los 90 días este aceite habrá exudado y se mezclará con el aceite de relleno llegando éste a tener aproximadamente, un 10% de la concentración de PCB previa a las operaciones de retrolenado.

En la actualidad, los desechos con PCB se destruyen en su gran mayoría por incineración. Esto se debe a que la incineración a altas temperaturas es una tecnología bien establecida y fácilmente disponible en muchos países industrializados.

#### Declorinación

El proceso de declorinación se ha aplicado en el país con éxito y se basa en la posibilidad de revertir la clorinación de las moléculas de los hidrocarburos.

En este proceso se llevan a cabo reacciones químicas de sustitución de los iones de cloro que componen las moléculas de los PCB presentes en los aceites dieléctricos utilizando para ello, productos cáusticos, como el Declor K en base a Sodio Metálico en unos casos o Polietilen Glycol 400 en base a Hidróxido de Potasio en otros (tecnologías desarrolladas por las empresas Kioshi S.A. y Tredi S.A. respectivamente). Una vez culminado el proceso de declorinación se debe realizar un análisis de cromatografía de gases al aceite tratado para verificar el éxito del proceso. Las concentraciones que se pueden conseguir con estos procesos están por debajo de los 2 ppm de PCB.

Como reacción complementaria del proceso, el Cloro extraído es combinado con los reactivos de tal manera que se obtiene una sal que se precipita ya que es muy insoluble y tiene mayor peso específico que el aceite.

Los gases que se liberan están en su mayoría formados por vapor de agua e hidrocarburos livianos, que son retenidos por condensación y por un filtro de carbón activado.

Se puede llevar a cabo un proceso de dechlorinación con Sodio Metálico o con Potasio. Después del proceso de dechlorinación, será necesario tratar el aceite dieléctrico para reconstituir las propiedades dieléctricas.

A continuación describiremos algunos procesos de eliminación ambientalmente racional de PCB sin recuperación:

### La incineración

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

La efectividad de la incineración es función del tiempo de residencia, la temperatura, la turbulencia y la concentración de oxígeno. Para mantener esos parámetros en el punto deseado y asegurar la eficacia del sistema de depuración del gas es preciso mantener un riguroso control del proceso.

Temperaturas inferiores a los 1200-1300°C en el horno puede dar lugar a la formación de dioxinas y p-dibenzo furanos, compuestos que son un millón de veces más tóxicos que los cianuros. Esta tecnología tiene las desventajas de que sus costos son muy elevados y no son completamente aceptadas por la población.

La eficiencia de remoción y destrucción para productos químicos como cloruro de metileno, tetracloruro de carbono, triclorobenceno, tricloroetano y PCB (PCB) ha dado habitualmente como resultado un 99.995% y mejores valores aún. En muchos países se ha estudiado la posibilidad de que los hornos de cemento quemaran PCB. Las eficiencias de remoción y destrucción determinadas a partir de varias pruebas de quemado indican que los hornos de cemento son efectivos para destruir PCB. El Acta de Control de Sustancias Tóxicas de los Estados Unidos de Norteamérica establece como requisito una eficiencia de remoción y destrucción del 99.9999% para la incineración de estos compuestos.

Las condiciones para incinerar PCB líquidos se pueden resumir como sigue:

1. Tiempo y temperatura. Se debe cumplir cualquiera de dos condiciones. El tiempo de residencia de los PCB en el horno de ser 2 s a 1200°C +- 100°C, con 3% de exceso de oxígeno en el gas de chimenea, o en forma alternativa, el tiempo de residencia en el horno debe ser 1.5 s a 1600°C +- 100°C con 2% de oxígeno en el gas de chimenea.
2. Eficiencia de combustión. La eficiencia de la combustión debe ser como mínimo de 99.99%.
3. Vigilancia y controles. La tasa y cantidad de PCB alimentados al sistema de combustión se debe medir y registrar a intervalos regulares no mayores de 15 min. Las temperaturas del proceso de incineración deben regularse y medirse en forma continua. Se deben usar lavadores para eliminar el HCl durante la incineración de los PCB.

La incineración es un proceso que requiere grandes cantidades de energía para poder destruir la molécula de PCB, por lo cual se deben emplear combustibles suplementarios, equipos de limpieza y contención de gases, cámaras de combustión especiales, las cuales deben alcanzar una temperatura sostenida de 1.200°C para así obtener una eficiencia del 99,9999% según las normas internacionales, además de una cámara de postcombustión. La incineración debe ser realizada cuidadosamente para asegurarse de que el proceso de combustión no produzca dibenzodioxinas y dibenzofuranos que se liberen al medio ambiente, pues son perjudiciales para la salud humana y demás seres vivos.

La destrucción mediante oxidación térmica de los PCB tiene varias facetas:

- La primera es la destrucción de fluido y sólidos pequeños (balastos, capacitores, tierra, etc.) utilizando un incinerador rotatorio a través del cual el fluido contaminante se dosifica al interior del horno para mantener una combustión constante.
- La segunda es la destrucción de sólidos de mayor tamaño (transformadores) utilizando un incinerador estático donde entra el equipo y es sometido a altas temperaturas para lograr la disociación de la molécula de PCB.

- La tercera consiste en el arrastre por disolvente de los PCB que se encuentran en la superficie de los metales del núcleo de los transformadores utilizando percloroetileno. Se colocan los núcleos (espiras de alambre de cobre y carcasas) dentro de autoclaves donde se produce vacío. El percloroetileno que se encuentra en el fondo se evapora, condensándose en el techo del autoclave y cayendo sobre el material contaminado, limpiando poco a poco el PCB. Posteriormente se incinera el fluido y los metales se reciclan

#### Rellenos de Seguridad

Aunque esta alternativa no corresponde a destrucción ni descontaminación de PCB, es una instalación en la que suele disponerse temporalmente los residuos de PCB para su transporte con fines de ser exportado a países que los acepten para su reciclaje y destrucción según corresponda.

El Programa de las Naciones Unidas del Medio Ambiente, señala que los rellenos para residuos peligrosos están diseñados como obras de contención (enterramiento) y deben reunir ciertas condiciones.

Es preferible su destrucción y no llegar a los rellenos que aceptan desechos municipales. Hay pocas probabilidades de una acción microbiológica que degrade los PCB. Por consiguiente los PCB depositados, por migración y lixiviación pueden contaminar las aguas subterráneas y de superficie. En el lixiviado procedente de rellenos para desechos domésticos del Reino Unido se han observado concentraciones de PCB de unos 0,05mg/l. Esta concentración no se considera peligrosa para el ambiente.(1)

#### Sistemas de arco plasmático:

Los sistemas de arco plasmático crean un campo de plasma térmico dirigiendo una corriente eléctrica a través de una corriente de gas a baja presión para el tratamiento de materias orgánicas cloradas y otros desechos.

El proceso alimentado eléctricamente se puede cortar o iniciar en pocos segundos. El desecho se piroliza en iones y átomos a una temperatura superior a 3000°C. (1). Entre los productos finales figuran gases (argón, dióxido de carbono y agua) y una solución acuosa de sales de sodio.

## 2.6 Niveles de exposición

En la siguiente tabla se incluyen también valores ocupacionales establecidos por las agencias de los Estados Unidos Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y la National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Agencia	Matriz Ambiental	Nivel	Comentarios
OSHA	Aire: lugar de trabajo.	1,0 mg/m <sup>3</sup> para PCB con 42% de Cloro. 0,5 mg/m <sup>3</sup> para PCB con 54% de Cloro.	Exigible; TWA*, PEL+ Ambos valores abarcan todas las formas físicas de aerosoles, vapor, humos, sprays y partículas de polvo de PCB.
NIOSH	Aire: lugar de trabajo	1,0 ug/m <sup>3</sup>	Potestativo TWA (10 h)
EPA	Agua de consumo humano: ambiental.	0,0005 mg/L (ppm).	Exigible MCL (Safe Drinking Water Act)
FDA	Agua embotellada	0.0005 mg/L (ppm)	Como decaclorobifenilo.
FDA	Alimentos: ambiental.	0,2 – 3,0 ppm (para todo alimento) 2,0 ppm (peces) 10,0 ppm (papel y material de empaque de alimentos)	Exigible Nivel de tolerancia
FDA	leche, productos lácteos, aves de corral, huevos, pescado y mariscos, y comida para bebé	0,2 a 2 ppm	Tolerancia temporal
WHO/FAO	Alimentos: ambiental	6,0 µg/kg por día	Ingesta Diaria Admisible.

\*TWA (time, weighted average) (promedio ponderado en el tiempo) Concentración TWA para un día normal de trabajo y 40 h de trabajo semanal y a la que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente.  
**PEL+** (Límite de Exposición Permisible): el nivel más alto de PCB en el aire al cual el trabajador puede estar expuesto en un día de 8 horas de trabajo  
**MCL** (Nivel Máximo del Contaminante): Nivel exigible para el agua potable

**TABLA N°1** Valores de PCB en diferentes matrices.

**Fuente:** Guía para el Manejo Ambientalmente Racional de existencias y residuos de PCB (PCB). Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB. (MINSa 2017).

### 3. MARCO LEGAL

---

#### Marco Legal Internacional

- United States Toxic Substances Control Act (TSCA), Section 6 (e), 15 U.S.C., Section 2650(e) [ Ley de control de Sustancias Tóxicas de los Estados Unidos , Sección 6 (e), 15 U.S.C., Sección (e) ].
- U.S. EPA (OERR), Standard Operating Safety Guides, 1992. [Directrices para Seguridad Operativa] NIOSH/OSHA/USCG/EPA, Ocupational Safety and Health Guidance
- Manual for Hazardous Waste Site Activities, 1985[ Manual de Seguridad y Salud Ocupacional para Manejo de Instalaciones y Residuos Peligrosos].
- 29 CFR 1910.12 Hazardous Waste Remediation and Emergency Response [Remediación y Respuesta de Emergencia ante Residuos Peligrosos].
- EPA 40CFR761-Subpart D, Almacenamiento & traspaso
- EPA 40CFR761-Subpart G, Limpieza a fondo de derrame de PCB
- EPA 40CFR761-Subpart K, Traspaso & señalamiento.
- AS 4439, Sediments and Contaminated soils [Residuos, Sedimentos y suelos contaminados] Código del Medio Ambiente.
- Transformadores y condensadores con PCB: Desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. Elaborado por PNUMA Productos Químicos. Primera Edición Mayo de 2002

### **Convenios Internacionales.**

- Convenio de Basilea - Convenio sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos, de los desechos peligrosos y su eliminación. 22 de marzo 1989. Anexo I, Anexo VII, Anexo VIII
- Convenio de Róterdam - Convenio que establece el Procedimiento de Consentimiento Previo fundamentado aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. 10 de septiembre de 1998. Anexo III
- Convenio de Estocolmo - Convenio acerca de los contaminantes Orgánicos Persistentes (COP's). 22 de mayo de 2001. Art 5 Anexo A y Anexo C.

### **El Convenio de Estocolmo.**

El Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes se adoptó por la Conferencia de Plenipotenciarios el 22 de mayo de 2001 en Estocolmo, Suecia. La Convención entró en vigor el 17 de mayo de 2004. En el caso del Perú, la ratificación del Convenio original fue firmada por el presidente de la república el 10 de Agosto de 2005.

La exposición a los contaminantes orgánicos persistentes (COP) se puede llevar a efectos graves para la salud, incluyendo algunos tipos de cáncer, defectos de nacimiento, los sistemas inmunológico y reproductivo disfuncionales, mayor susceptibilidad a las enfermedades y daños a los sistemas nerviosos central y periférico.



### Marco Legal Perú

- Política Nacional de Ambiente - Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, (22.05.09).
- Ley General del Ambiente - Ley 28611, (13.10.2005),
- Ley General de Salud - Ley 26842 (09.07.97).
- Modifica Reglamento de la Ley General de Aguas- Decreto Supremo N° 007-83-SA – (17.03.1983).
- Convenio de Estocolmo ratificado por nuestro país, mediante D.S. N° 067-2005-RE (10.08.2005),
- Ratificación del Convenio de Rotterdam - Resolución Legislativa N° 28417. (11.12.2004)
- Ratificación del Convenio de Basilea - Resolución Legislativa N° 26234. (21.10.1993)
- Grupo Técnico de Sustancias Químicas - Resolución Presidencial N° 016-2002-CD/CONAM. (08.08.2002)
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas - Decreto Supremo N° 29-94-EM. (08.06.1994).
- Aprueban Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición - Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA. (08.02.2013).
- Ley para el Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos - Ley N° 28256, (19.06.2004).
- Reglamento de la Ley 28256, Aprueba el Reglamento Nacional de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos - D.S. N° 021-2008-MTC, (10.06.2008).
- Aprueban “Lineamientos para la Elaboración de un Plan de Contingencia para el Transporte Terrestre de Materiales y/o Residuos Peligrosos” - Resolución Directoral N° 1075-2016-MTC/16, (30.12.16).
- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Ley 29783, (20.08.11)
- Aprueban Norma Técnica “Uso de la Electricidad en Minas” - Resolución Ministerial N°308-2001-EM-VME. (11.07.2001)

- Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo con Electricidad – 2013 Resolución Ministerial N° 111-2013-MEM-DM (RESESATE-2013) (27.03.13).
- Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD),- Ley N° 29664, (19.02.2011).
- Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Ley N° 29664, que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) - Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, (25.05.2011).
- Aprueban Lineamientos para la Formulación y Aprobación de Planes de Contingencia - Resolución Ministerial N° 188-2015-PCM (11.08.2015).
- Ley que establece la obligación de elaborar y presentar planes de contingencia - Ley N° 28551 (19.06.2005)
- Dictan disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reusos de aguas residuales tratadas. Resolución Jefatural N° 0291-2009-ANA, (01.06.2009)
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (07.06.2017) Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.
- Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM (02.12.2017) Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM (07.06.17) Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y establecen Disposiciones Complementarias.
- Decreto Legislativo N° 1278, Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, (23.12.16) la misma derogatoria de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos.
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (20.12.17) Aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

- Aprueban el Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - Decreto Supremo N° 001-2012-MINAM. (27.06.12).
- D.S. N°040-2014-EM: Reglamento de Protección y Gestión Ambiental para las actividades de Explotación, Beneficio, Labor General, Transporte y Almacenamiento Minero. Tercera Disposición Complementaria Final, presenta el Formato para a Declaración de la existencia, plan de eliminación y Volúmenes de aceites dieléctricos con contenido de PCB (PCB). (12.11.2014).
- Disponen la prepublicación del proyecto de decreto supremo que aprueba el Reglamento para la Gestión Sanitaria y Ambiental de los PCB en el portal institucional del Ministerio de Salud - Resolución Ministerial N° 490-2016-MINSA. (13.07.16).

## 4. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

---

### 4.1 Justificación

Los acuerdos internacionales y la legislación nacional orientada a la protección del medio ambiente y a la protección de la vida humana y vida silvestre, hacen mención a los Contaminantes Orgánicos Persistentes, uno de los cuales es el denominado PCB (Bifenilo Policlorado).

En el Perú, las empresas deben cumplir con el marco legal nacional, en dicho marco legal se responsabiliza del manejo de los residuos generados a las empresas que los generaron, y en consecuencia son éstas empresas quienes deben gestionar su disposición final y evitar la contaminación ambiental; por lo que es necesario que éstas empresas generen información adecuada para una mejor administración de sus recursos que les permita cumplir dichas obligaciones.

En el caso de una empresa de distribución y comercialización eléctrica, uno de sus residuos potencialmente contaminantes es el aceite dieléctrico que puede contener PCB, que son sustancias de las que, cuando aún no se tenía conocimiento de su toxicidad se producían como aditivo de los aceites dieléctricos para aumentar su estabilidad.

Forma parte de la Gestión Ambiental de una empresa de comercialización y distribución eléctrica identificar el volumen el aceite dieléctrico con PCB, y que integre a sus procedimientos de trabajo los conocimientos necesarios para no contaminar el medio ambiente durante su manejo, así como no recibir aceite dieléctrico contaminado de sus proveedores.

Por esta razón existe la necesidad de conocer los métodos que permiten la identificación de éste contaminante en el aceite dieléctrico.

El uso del método colorimétrico puede arrojar resultado automático, realizarse in situ, requerir una muestra mínima, y ser comparativamente más económico que los demás métodos; y al usarse como la primera fase de identificación de PCB en el aceite dieléctrico puede facilitar el inicio del cumplimiento legal y ambiental de las empresas privadas generadoras de aceite dieléctrico que pueden contener PCB.

#### **4.2 Planteamiento del Problema.**

La liberación involuntaria de PCB al ambiente genera que se depositen en agua, aire y suelo, tal como está descrito en el capítulo de marco teórico de la presente tesis, y los seres humanos no estamos exceptuados de sufrir las consecuencias.

La liberación involuntaria de los PCB en el centro de trabajo significa la exposición directa de personas a este químico, las consecuencias de esta exposición comprometen la salud de los trabajadores, sus efectos son inmediatos y a largo plazo dependiendo de su exposición a este químico.

Esta situación se podría prevenir en caso de implementar y cumplir las medidas de control necesarias para que, los equipos contaminados puedan ser identificados plenamente, y las personas que se encarguen de manejarlos tengan el conocimiento necesario para realizar los controles correspondientes de manera eficiente.

Se realiza una Investigación Aplicada, ya que se ha identificado una oportunidad de mejora en una situación específica que es el Manejo Seguro de los aceites dieléctricos, para prevenir futuras liberaciones involuntarias de PCB que podrían estar presentes en ellos.

#### **Formulación del Problema**

¿Cómo se realiza el manejo seguro de los aceites dieléctricos?

### 4.3 Hipótesis y sus variables

#### **Hipótesis.**

El manejo seguro de los aceites dieléctricos en una Empresa de Distribución y Comercialización Eléctrica se hará con la identificación y evaluación de riesgos en salud y seguridad del trabajo de los PCB que pudieran contener estos aceites dieléctricos. Se espera encontrar un 30% de PCB.

#### **Variables.**

Las variables que consideraremos en esta labor de investigación son:

- Variable dependiente., Manejo Seguro de aceites dieléctricos
- Variable Independiente, Identificación y evaluación de PCB presentes en los aceites dieléctricos.
- Variable Interveniente, Año de los equipos que contienen aceites dieléctricos, Concentración de PCB contenido en los aceites dieléctricos, Límite de aceite contaminado por PCB regulado.

#### **4.4 OBJETIVOS.**

##### **Objetivo General.**

- Formular un Plan de Manejo de aceites dieléctricos y para cumplir con todas las obligaciones legales y ambientales de una empresa comercializadora y distribuidora eléctrica.

##### **Objetivos Específicos.**

- Para la identificación se aplicará el método de ensayo colorimétrico para identificación del PCB en fluidos aislantes, EPA SW – 846 Method 9079.
- Desarrollar la segregación de aceites libres de PCB.
- Generar las acciones, procedimientos que debe contener un Plan de Manejo Seguro de Aceites Dieléctricos en base a la segregación de los Aceites Dieléctricos libres de PCB de los que pueden tener PCB.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS.

---

### 5.1 Metodología.

#### Monitoreo de PCB.

##### Descripción del proceso.

Para el inicio del proceso de identificación de aceites dieléctrico que podrían contener PCB; se ha levantado una base de datos de los transformadores de mayor antigüedad con sus respectivas características técnicas.

La mayoría de éstos transformadores aún conservan sus placas originales en donde figuran datos acerca de la construcción del transformador.

Asimismo, de acuerdo con la normativa Nacional, la empresa de distribución y comercialización eléctrica está cumpliendo con presentar información a la Dirección General de Salud Ambiental DIGESA, para la labor que ésta organización está realizando con motivo del Inventario Nacional de PCB; se ha informado también de ello al Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN y al Ministerio de Energía y Minas, MINEM.

Se inició el proceso de identificación de transformadores que podrían poseer aceites contaminados con PCB, mediante monitoreo a los aceites dieléctricos contenidos en los transformadores.

La prueba consistió en un monitoreo a los aceites contenidos en dichos transformadores, se les sometió a una prueba colorimétrica según el protocolo EPA SW 846 9079 para un primer descarte, al que se transcribe a continuación.



### Protocolo EPA SW 846 9079

Se utiliza este método como un ensayo colorimétrico rápido para determinar la presencia de PCB en fluidos aislantes. Se utilizó como unidad de estudio a los transformadores los cuales contienen el aceite dieléctrico que debe ser evaluado para medir su posible contaminación por PCB.

#### Metodología de Muestreo y Análisis.

MATRIZ	ANALITO	MÉTODO O TÉCNICA	DESCRIPCION	NIVEL DE ACCION
Aceite Dieléctrico	PCB	US EPA SW – 846 Method 9079	PCB in Transformer Oil Screening Test	Arriba o debajo de 50 ppm

#### Alcances y Aplicación.

- a) El método 9079, puede ser usado para la investigación de carbonos hidratados basados en fluidos aislados por Policloruros Bifenilos en niveles de 20, 50, 100 a 500 ug/gr.

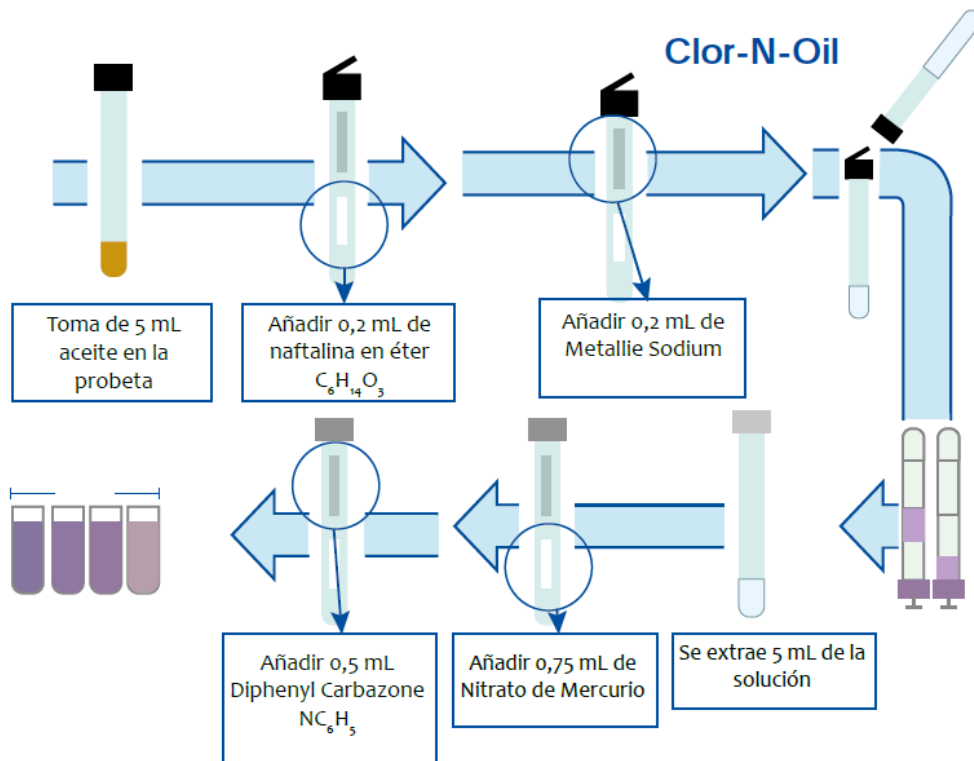
El método está designado a proporcionar información de datos fuera del laboratorio ambiental en un lapso de 10 minutos, proporcionando según la concentración por encima o por debajo del punto de detección establecido un indicador colorimétrico.

Los procedimientos del test, pueden significativamente reducir el número de muestreos que se requieren en el laboratorio.

- b) Los Cloruros son removidos de las moléculas de PCB, usando un reactivo órgano – sódico.
- c) Este método requiere ser usado bajo supervisión de analistas entrenados. Cada analista debe demostrar la habilidad de generar aceptables resultados en el manejo de este método.

Resumen del método.

- La muestra de aceite al ser probada reacciona con una mezcla de Sodio Metálico catalizado con naftalina y diglyme a temperatura ambiente. Este proceso convierte todo los halógenos orgánicos a sus respectivos Haloides de Sodio.
- Todo los Haloides en la mezcla tratada incluyen todo los anteriores mencionados en la reacción, son extraídos de la solución acuosa. Una cantidad pre medida de Nitrato de Mercurio adicionada, acompañada de una solución de Difenil carbonaza como indicador.
- El valor de referencia, que usa cada uno de los equipos de prueba es calibrado usando los estándares de Aroclor 1242. Aroclor 1242 proporciona un punto final conservador debido a su contenido bajo de la clorina concerniente al otro aroclor usado en el equipo eléctrico.



**Figura N°4** Descarte de PCB en aceite dieléctrico con Clor-N-Oil®

**Fuente:** Guía para el Manejo Ambientalmente Racional de existencias y residuos de PCB (PCB). Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB. (MINSA 2017).

### Interferencias.

- a) La presencia de agua en la muestra en más de 2%, puede causar retraso en la lectura. La presencia de agua en niveles mayores puede traer como resultado un cambio obvio en la reacción con Sodio y el usuario deberá detener la prueba.
- b) Altos niveles de sulfuros (4%), pueden causar resultados con lectura “falso positivo”.
- c) Cualquier clorina contenida en la muestra será medida como PCB posiblemente dando por resultado un “falso positivo”, si la concentración de la clorina del PCB del total, no en la muestra, es mayor que preestableció el punto final para el kit.

### Aparatos y Materiales

El equipo de Prueba Colorimétrica: Clor-N-Oil o su equivalente. Cada comercializadora dispondrá de los accesorios del equipo de prueba o específicamente de los aparatos o materiales necesarios para el buen funcionamiento del test. Los reactivos deberán ser rotulados con su respectiva fecha de vencimiento.

### Reactivos

Cada comercializador dispondrá de los accesorios del equipo de prueba o específicamente de los reactivos necesarios para el buen funcionamiento del test.

### Almacenamiento de Muestras, Preservación y Dirección

Las muestras de aceite pueden ser contaminadas, y deben estas ser consideradas peligrosas.

### Procedimiento.

Seguir las instrucciones del equipo de prueba antes usado. Esos equipos de prueba usados deben satisfacer o exceder las especificaciones del funcionamiento que se indica en las tablas correspondientes.

- a) Precaución: Algunos de los reactivos usados en esta prueba contienen solventes inflamables, ácidos diluidos y sodio metálico. Usar gafas y guantes de seguridad mientras se desarrolla el test. Leer todo los MSDS e interferencias incluidas en el kit antes de empezar el proceso de prueba.
- b) Interferencia: El mercurio contaminante debe ser correctamente dispuesto.

#### Control De Calidad

- a) Seguir los procedimientos del control de calidad específicos del equipo de prueba usado.
- b) Usar los análisis de réplica, particularmente cuando los resultados indiquen concentraciones cerca del nivel de acción. Se recomienda refinar la información que acompaña al equipo.
- c) El método 9079 es conveniente para su uso en campo o en laboratorio. El nivel apropiado de la garantía de calidad debe acompañar el uso de este método para documentar calidad de los datos.

#### Funcionamiento del método.

- a) Un par de estudios fueron concluidos usando el Clor-N-Oil 50 en 6 muestras claveteadas del aceite del transformador.
  - Un total de 38 operadores participaron en la prueba, 10 de los cuales tenían experiencia anterior con el método de la prueba, y 27 no tenían ninguna experiencia anterior usando los kits, y 1 que había visto una prueba de demostración antes de funcionar la prueba ellos mismos. esta distribución de la experiencia típica de usuarios en el campo.
  - Cada operador fue tomó seis muestras escogidas al azar que contenían una concentración desconocida de los operadores de PCB. Registraron sus resultados como mayor que o menos de 50 ug/g. Solamente después que todas las pruebas eran los datos recogidos y comparados con los valores conocidos.
  - De 288 pruebas del funcionamiento, 4 eran inválido debido al derramamiento los reactivos u operación del equipo del

promotor dando por resultado una prueba de incompleta, de estos datos, es evidente que hay una probabilidad mucho más alta de obtener una lectura “falso positiva” que una “falso negativa”.

- Las certezas previstas estimadas de estos datos se tabularon previamente. La probabilidad de obtener acercamientos “falsos positivo” el 90% en el 90% del nivel de la acción que ésta refleja el diseño conservador de la prueba. En el nivel de la acción de 50 ug/g. el casi 99% de las muestras serían identificados correctamente como contener 50 ug/g del PCB o mayor estos resultados representan los errores debido a todas las fuentes y por lo tanto representan el funcionamiento verdadero del mundo del método del personal del campo.
- Para muestras con contenido de 45 ug/g, 37 de 41 dieron resultados > 50 ppm.

b) El funcionamiento verdadero fue investigado detalladamente por Utah Power y Light Company. Ellos probaron que el líquido aislador aproximadamente de 200.000 piezas del equipo eléctrico con el kit de la prueba del Clor-N-Oil 50 para clasificar el PCB o no-PCB. (es decir que contenga más o menos 50 ug/g). Cada pieza del equipo fue probada una vez con el kit de prueba. Una muestra escogida al azar de 937 del Clor-N-Oil, las negativas fueron probadas por cromatografía de gas para confirmar los resultados. La tarifa negativa falsa predicha de los datos es menos del 1 % (0,65 %). Esto significa que un transformador puede ser clasificado como no – PCB mayor que un 99%.

De dicho protocolo se desprenden las siguientes consideraciones generales:

- El kit utilizado contiene Clor-N-Oil 50, como especifica en método
- La prueba se realizó in situ, dentro de los 10 minutos siguientes a la toma de muestra.
- La locación de la ejecución de la prueba fue con protección de los rayos solares.

- Se tuvo cuidado con la presencia de agua (que puede reaccionar de manera inapropiada con el sodio en la prueba) así como en el contenido de azufre en la muestra que puede generar un falso positivo.
- Los reactivos utilizados en el kit de muestreo contienen solventes inflamables, los ácidos diluidos, y el sodio metálico, por eso se deben utilizar los equipos de Protección Personal recomendados.
- Cabe señalar que clorina (compuesto con contenido de cloro) contenida en la muestra será medida y posiblemente dará por resultado un positivo falso si la concentración total de la clorina de non-PCB en la muestra es mayor que preestableció el punto final para el kit.
- Los residuos generados por la ejecución de la prueba serán evacuados y desechados siguiendo los procedimientos del laboratorio calificado.

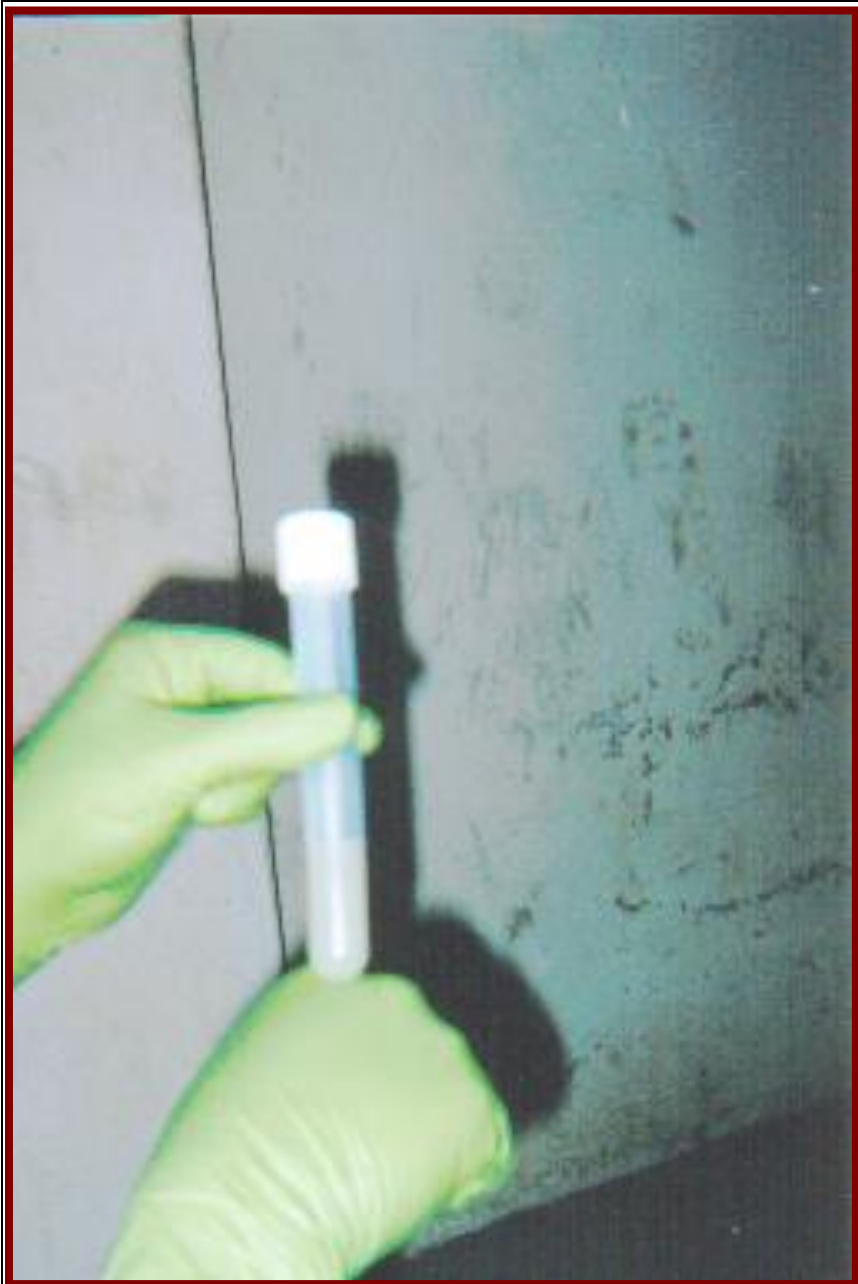
Luego de esta prueba se debe efectuar un análisis de laboratorio usando el método de cromatografía, y así descartar los falsos positivos; luego de la identificación se podrán tomar las medidas y el mantenimiento que el transformador requiera.

Las vistas siguientes ilustran los resultados obtenidos en campo.



**Foto N°1**

Color	: <b>MORADO</b>
Interpretación	: <b>NEGATIVO</b>
Concentración	: <b>&lt; 50 PPM</b>



**Foto N°2**

Color	: <b>AMARILLENTO</b>
Interpretación	: <b>POSITIVO</b>
Concentración	: <b>&gt; 50 PPM</b>



## 5.2 Muestreo

### Inventario de transformadores y aceite dieléctrico

En las dos Unidades de Negocio de la empresa de distribución y comercialización eléctrica, se ha identificado el total de equipos de transformadores con aceite dieléctrico y se obtuvo el siguiente inventario:

#### Unidad de Negocio UNO

##### Transformadores

- 85 transformadores en desuso
- 48 transformadores averiados
- 365 fabricados antes de 1980
- 1652 fabricados después de 1980

##### Aceite Dieléctrico

Se tiene almacenado 45 cilindros de Aceite Dieléctrico en desuso.

#### Unidad de Negocio DOS

##### Transformadores

En Funcionamiento existen 1667 transformadores, siendo su detalle

- 225 transformadores fabricados antes de 1977
- 999 transformadores fabricados después de 1977
- Sin datos de placa : 443 transformadores
- En Desuso (quemados) existen 25

##### Aceites Dieléctricos

Se encuentra almacenado en El Patio de Mantenimiento Regional, se registra un volumen de 30 cilindros de 55 gln

### 5.3 Técnicas y recolección de datos.

#### Observaciones durante el muestreo

Por razones de ubicación y de infraestructura se determinó que se realizaran 30 lecturas en la Unidad de negocios UNO y 10 lecturas en la Unidad de negocios DOS. Entre las observaciones principales podemos mencionar:

Unidad de Negocios UNO. Se evaluó un total de 30 transformadores.

#### Transformadores en uso:

- Se evaluó a 20 transformadores activos de las subestaciones de distribución (SED).
- Las instalaciones de dichas subestaciones cuentan con señalización e infraestructura apropiada.
- Los transformadores evaluados contaban con placas de identificación.
- Existe base de datos de los transformadores pero no de los aceites dieléctricos.
- Los trabajadores que prestaron apoyo para la realización de este monitoreo, contaron con sus Equipos de Protección Personal.

#### Transformadores en desuso Patio de Almacenamiento

- Se evaluó a 5 transformadores en desuso, en el Departamento de mantenimiento de transformadores.
- El área en el que se encuentran dichos transformadores en desuso está señalada y cercada, mas no cuenta con infraestructura de protección contra el Medio Ambiente. (suelo impermeabilizado, techo, restricción del acceso).
- Algunos transformadores ya no tienen placa de identificación.
- En algunos transformadores se observan signos de corrosión externa.

- Los trabajadores que prestaron apoyo para la realización de este monitoreo, contaron con sus Equipos de Protección Personal.

#### Transformadores en desuso Depósito

- Se evaluó a 5 transformadores en desuso.
- El área se encontraba cercada y delimitada, pero no señalizada como residuo peligroso.
- Esta área no cuenta con la infraestructura adecuada, (suelo impermeabilizado, techo, restricción del acceso, señalización)

Unidad de Negocios DOS, Se evaluó 10 transformadores.

#### Transformadores en desuso del Patio de Mantenimiento:

- Se evaluó a 2 transformadores en desuso.
- Se encuentra ubicado aproximadamente a 2 kilómetros de la chimenea de una Empresa Siderúrgica.
- Se estima que puede haber un porcentaje de sulfuro en el aire, así que se toman las precauciones del caso:
  - La muestra se evalúa en el momento para evitar contaminación por sulfuros que pueda derivar en un falso positivo.
  - La evaluación rápida también evitará la contaminación de la muestra con agua, a causa del alto porcentaje de humedad relativa por la cercanía al mar. Esto podría causar una reacción desfavorable puesto que se utiliza como reactivo al sodio metálico.
- El área en el que se encuentran dichos transformadores en desuso está señalada y cercada, mas no cuenta con infraestructura de protección contra el Medio Ambiente. (suelo impermeabilizado, techo, restricción del acceso).
- Algunos transformadores ya no tienen placa de identificación.

- En algunos transformadores se observan signos de corrosión externa.
- Los trabajadores que prestaron apoyo para la realización de este monitoreo, contaron con sus Equipos de Protección Personal.

#### Transformadores en uso:

- Se evaluó a 8 transformadores activos de las subestaciones de distribución (SED).
- Los transformadores se encontraban en forma aérea.
- No todos los transformadores en uso contaban con placas de identificación, por eso se evaluó uno con dichas características.
- Existe base de datos de los transformadores pero no de los Aceites Dieléctricos.
- Los trabajadores que prestaron apoyo para la realización de este monitoreo, contaron con sus Equipos de Protección Personal.

En las siguientes vistas podemos apreciar las tomas de muestra de los transformadores perteneciente a las en uso:

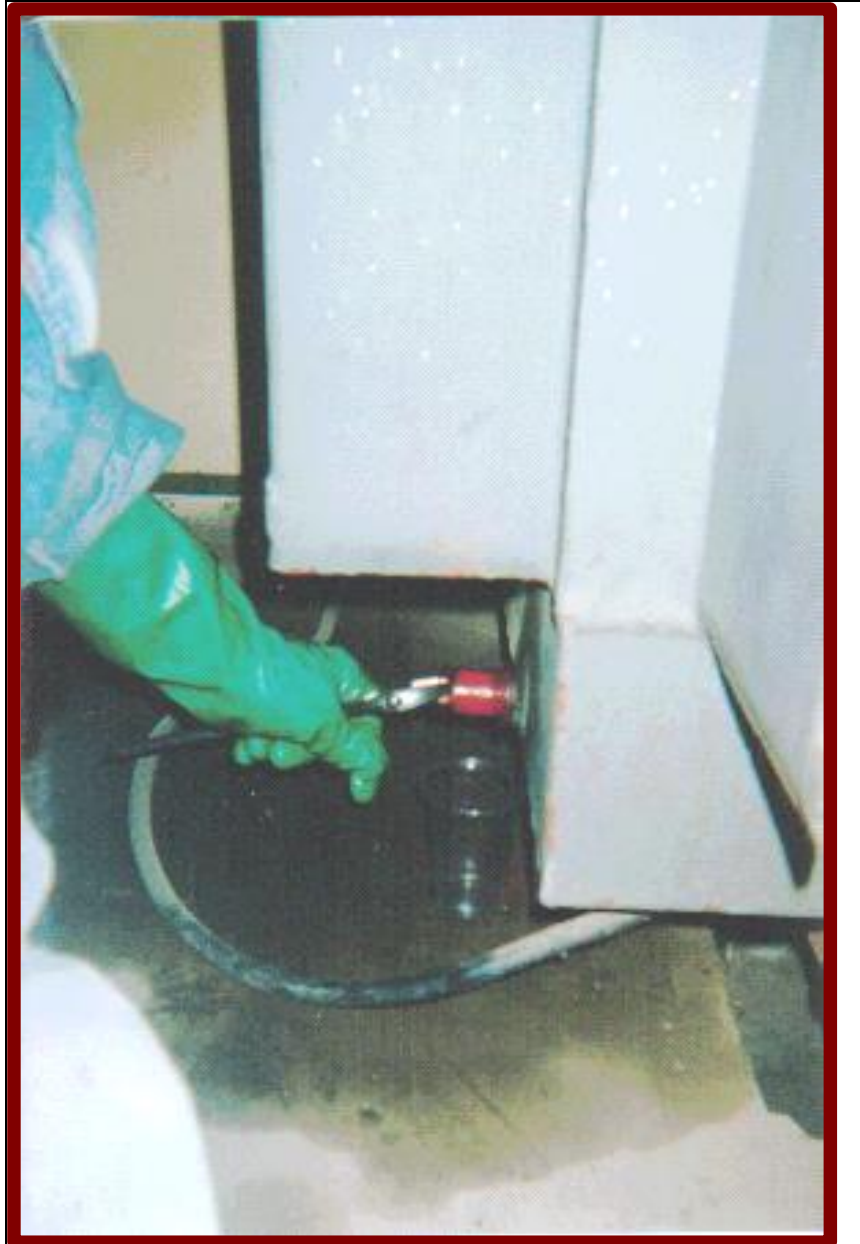


Foto N°3

Toma de muestra del aceite dieléctrico del transformador para realizar el monitoreo.

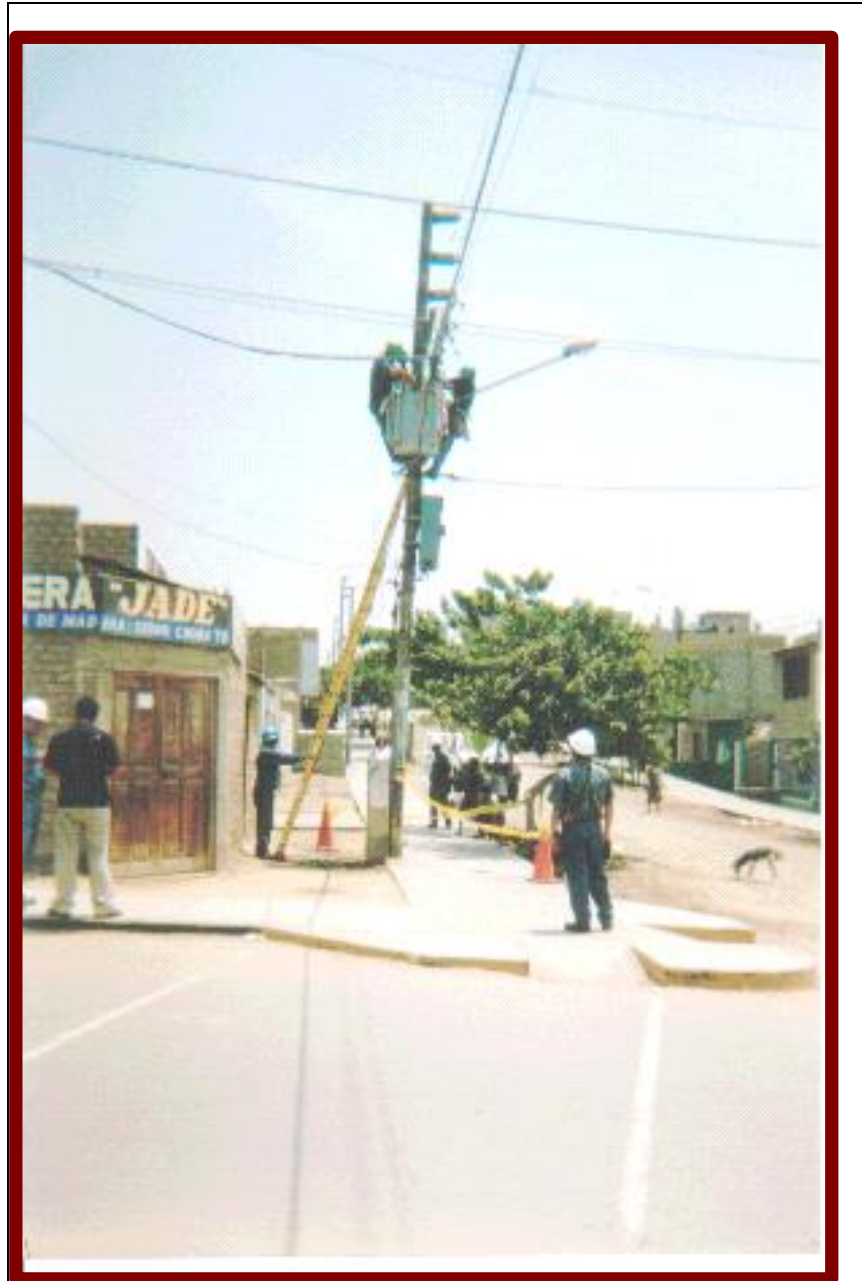


Foto N°4

Toma de muestra del aceite dieléctrico del transformador aéreo para realizar el monitoreo.

## **6. PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

---

### **6.1 Resultados Obtenidos**

A continuación presentamos los resultados de los monitoreos, en cada unidad de Negocios, acompañados con los datos de las especificaciones técnicas de los transformadores analizados.

TABLA N° 2 RESULTADOS DE MONITOREO DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS UNO

## Transformadores en Servicio Unidades de Negocio UNO

Marca	TraSerie	Año fab	SubPotencialns	DESCRIPCION	PCB ppm
ICT	A7153-4	1971	160	Urbs.Truj- MIRAFLORES_190- SED HI0010	< 50
CANEPA TABINI	A7125-3	1971	320	Urbs.Truj- FCO.DE ZELA _CDR.7- SED HI0014	< 50
DELCROSA	108206T2	1973	250	Urbs.Truj- AV.EJERCITO _CDR.12- SED HI0016	< 50
ICT	A-7055	1970	325	Urbs.Truj- AV. TUPAC AMARU_CDR.8- SED HI0025	< 50
DELCROSA	115424	1978	480	Urbs.Truj- AV. N.DE PIEROLA_CDR.9- SED HI0026	< 50
DELCROSA	106291	1972	315	Urbs.Truj- AV. 9 DE OCTUBRE_CDR.3- SED HI0029	< 50
ICT	T69125-6	1970	250	Urbs.Truj- ICA_CDR.3- SED HI0031	< 50
ICT	A71251	1971	320	Urbs.Truj- PSJE. EL TAMBO_149- SED HI0038	< 50
CANEPA TABINI	A72164-1	1973	100	Victor Larco-VICTOR LARCO CDR.4- SED HI0059	< 50
ICT	A-7125-4	1971	320	Urbs.Truj - PSJE. URUBAMBA CDR.2- SED HI0061	< 50
BROWN BOVERI	L12187	1974	500	Urbs.Truj - FRANK LIZI CDR.6- SED HI0065	< 50
BROWN BOVERI	L12197	1974	320	Urbs.Truj-LOS ROSALES_C.1-SED HI0068	< 50
FCT	A-721634	1973	160	Urbs.Truj- AV. SANTA CDR.11- SED HI0073	< 50
<b>BROWN BOVERI</b>	<b>L-12199</b>	<b>1974</b>	<b>320</b>	<b>Urbs.Truj- PROLONG.SANTA CDR.14- SED HI0078</b>	<b>&gt; 50</b>
ICT	10172	1960	160	Urbs.Truj - JR. PUNO 583- SED HI0087	< 50
BROWN BOVERI	A-1725-2	1972	315	Urbs.Truj - AV. AMERICA NORTE CDR.15- SED HI0090	< 50
ICT	L-2204	1974	400	Urbs.Truj - MERCED MZ. "L"- SED HI0092	< 50
BROWN BOVERI	L-11905	1974	320	Urbs.Truj - DAVID LOZANO CDR.9- SED HI0100	< 50
BROWN BOVERI	L11132	1972	160	Urbs.Truj - JUAN DEL CORRAL CDR.10- SED HI0102	< 50
DELCROSA	109896T1	1974	250	Urbs.Truj - HONORIO DELGADO 581- SED HI0107	< 50
DELCROSA	101153T1	1968	160	Urbs.Truj -PABLO CASAL CDR 7 SED HI0173	< 50
BROWN BOVERI	L-11781	1974	250	Esperanza- MZ. "C" (Parque Industrial)- SED HI0526	< 50
ICT	A-1725-1	1972	315	Huanchaco-BOLOGNESI (PQ.TUPAC AMARU)- SED HI1416	< 50



## Transformadores del Almacén de Moche

Marca	Serie	Año	Potencia	Tensión	PCB
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L121648	1976	37.5	10000/231 V	< 50 ppm
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L121646	1976	37.5	10000/231 V	< 50 ppm
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L121669	1976	37.5	10000/231 V	< 50 ppm
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L13682	1977	50	2300/230 V	< 50 ppm
Factoria Cánepa Tabini	N° 10292	1960	50	10000/231 V	< 50 ppm

## Transformadores del Almacén del Patio Norte

Marca	Serie	Año	Potencia	Tensión	PCB
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L121681	1976	37.5	10000/231 V	< 50 ppm
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L121550	1976	37.5	10000/231 V	< 50 ppm
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L120783	1976	25	Tensión 10000/230V	< 50 ppm
Brown Boveri Ind. Cánepa Tabini	N° L11782	1974	250	Tensión 10000/380 - 220 V	< 50 ppm
Marca: Factoria Cánepa Tabini	N° 10509	1963	160	Tensión 10000/231 - 400 V	> 50 ppm

**TABLA N° 3 RESULTADOS DE MONITOREO DE LA UNIDAD DE NEGOCIOS DOS**

**TRANSFORMADORES INOPERATIVOS (Mantenimiento Regional)**

Marca	Serie	Año	Potencia	Tensión	PCB
CANEPA TABINI		1960	150		> 50 ppm
BROW BOVERI		1974	100		< 50 ppm

**TRANSFORMADORES EN OPERACIÓN**

Marca	Serie	Año	Potencia	Tensión	PCB
CANEPA TABINI		1969	50		> 50 ppm
ABB		1972	50		< 50 ppm
CANEPA TABINI		1969	50		< 50 ppm
CANEPA TABINI		1972	15		< 50 ppm
CANEPA TABINI		1972	25		> 50 ppm
BROWN BOVERI		1972	50		< 50 ppm
BROWN BOVERI		1977	50		> 50 ppm
SIN PLACA		SIN PLACA	SIN PLACA		> 50 ppm

## 6.2 Discusión de Resultados

El Método Colorimétrico empleado según el Protocolo EPA SW 846 9079, ha sido efectuado en un muestreo representativo observando las proporciones en la distribución de los transformadores.

Esta prueba está diseñada para arrojar el resultado según la coloración que adopte la muestra al terminar las reacciones químicas, como resultado determina si la concertación de PCB presentes en el aceite dieléctrico es mayor o menor de 50 ppm.

Al efectuarse todos las observaciones y precauciones recomendados en el protocolo y en las indicaciones de uso del Kit, las posibilidades de que los resultados sean los reales es muy alta, y esto se apoya en que la realización de la prueba es efectuada por un profesional capacitado, que pertenece a un laboratorio acreditado.

De acuerdo a las demostraciones realizadas para validar esta metodología encontramos que a partir de una concentración real de 45 ppm el porcentaje de falso positivo es de casi del 88 %, por lo tanto es más probable un falso positivo que un falso negativo; es decir que efectuando esta prueba un resultado negativo es más confiable que uno positivo.

En los resultados obtenidos:

- En la Unidad de Negocios de UNO analizaron 30 transformadores de los cuales resultaron 2 positivos (6.67%)
- En la Unidad de Negocios de DOS de analizaron 10 transformadores de los cuales resultaron 5 positivos (50.0%)

No existe ninguna razón para pensar que lo transformadores que se encuentran en la Unidad DOS sean muy diferentes a los que se encuentran en

la Unidad UNO, ya que todos cumplen con el requisito de una fecha de fabricación anterior al año 1976. No se hizo ninguna diferenciación entre trifásicos y monofásicos.

Existe la posibilidad que las muestras de aceite en la Unidad de DOS se hayan contaminado con Sulfuro dada la cercanía a la Empresa Siderúrgica y por lo tanto exista la tendencia a arrojar un falso positivo. Por eso se recomienda un descarte las muestras que resultaron positivas, mediante el método de la Cromatografía.

## 7. PLAN DE MANEJO DE ACEITE DIELECTRICO - PCB.

---

### 7.1 Manejo Actual del Aceite Dieléctrico

La empresa de distribución y comercialización eléctrica utiliza el aceite dieléctrico como refrigerante en sus equipos tales como transformadores, capacitores, etc. Por esa razón el aceite dieléctrico pasa por diversos procesos durante su manejo, los cuales mencionamos a continuación.

#### Adquisición del Aceite Dieléctrico

La adquisición del aceite dieléctrico se realiza actualmente por intermediación del departamento de Logística de la empresa de distribución y comercialización eléctrica.

#### Transporte del Aceite Dieléctrico adquirido.

El proveedor se encarga del traslado del aceite dieléctrico hasta las instalaciones de la empresa de distribución y comercialización eléctrica, en dichas instalaciones es recibido por el personal de mantenimiento, el mismo que ha recibido nociones en materia de medio ambiente y seguridad industrial en relación al manejo del aceite dieléctrico.

#### Evaluación del Aceite Dieléctrico,

Las pruebas que actualmente se realizan en el área de mantenimiento, se ejecutan exclusivamente con la finalidad de comprobar sus características físicas y químicas, para la verificación del estado de funcionamiento del aceite.

#### Almacenaje del Aceite Dieléctrico

Los cilindros nuevos y usados de aceite dieléctrico son almacenados en locaciones techadas, pero en ambos casos no se observa restricciones de acceso ni tampoco cuenta con señalización adecuada.

### Transformadores

Los transformadores en desuso que cuentan con una antigüedad anterior al año 1976 y que han sido separados en cada Unidad de Negocios, si cuentan con señalización adecuada, mas no con la infraestructura adecuada para su almacenamiento.

### El Almacenamiento Central

Actualmente se ubica un almacenamiento central en cada unidad de negocios, en donde se almacena el aceite dieléctrico que ya no se va reutilizar, no cuenta con señalización adecuada.

### Disposición Final

Actualmente no se realiza, ya que se encuentra en evaluación ambiental, legal y financiera, la mejor opción para la ejecución de la disposición final de los aceites dieléctricos contaminados con PCB.

### Proyectos a futuro

Se encuentran desarrollando un proyecto de la construcción de las instalaciones de un Almacenamiento Central; que contará con las consideraciones ambientales, y los cumplimientos legales nacional e internacional, apropiado para el volumen a tratar. El volumen a tratar será estimado mediante la identificación del aceite contaminado y no contaminado que maneja la empresa de distribución y comercialización eléctrica.

## **7.2 Plan de Manejo de Aceite Dieléctrico - PCB.**

Luego de la información analizada y vista la obligación ambiental y legal de controlar el contaminante PCB que puede estar presente en el aceite dieléctrico, manejado por la empresa de distribución y comercialización eléctrica, es que se deben implementar medidas y procedimientos para prevenir futuras exposiciones de este contaminante al personal que labora en la empresa y contaminación al medio ambiente

Para este fin se propone un Plan de Manejo del Aceite dieléctrico acompañado de un programa de capacitación, para que el personal tenga conocimiento del peligro potencial al que se expone, todo esto como medidas preventivas, es decir, antes que suceda un accidente; adicionalmente se incluye un plan de contingencias donde se describen las acciones a ejecutar durante un accidente ocurrido con el aceite dieléctrico contaminado.

### **Propuesta de Manejo del Aceite Dieléctrico.**

A continuación se presenta una propuesta para el Manejo Seguro de los Aceites Dieléctricos que podrían estar contaminados con PCB; desde su adquisición dentro o fuera de los transformadores hasta su disposición final.

#### Adquisición del Aceite Dieléctrico.

Para la adquisición del Aceite Dieléctrico, se debe optar por los proveedores que puedan otorgar una Hoja de Seguridad de Material del aceite dieléctrico, y cuenten con certificado "Libre de PCB" en caso que no contara con dicho certificado se realizarán pruebas de descarte de PCB.

Igual requisito se debe exigir cuando se adquiere un transformador o un condensador.

### Almacenaje del Aceite Dieléctrico (almacenamiento intermedio)

Los cilindros de aceite nuevo, del que no se tenga un dato certero si se tiene o no PCB en su composición, debe ser tratado con la misma rigidez del que lo tuviese, hasta que se pueda demostrar que no contiene dicha sustancia. Antes de ser utilizados en el mantenimiento de los transformadores, deben ser almacenados en un lugar previamente acondicionado, en caso se adecúe una zona al interior de sus instalaciones para almacenar temporalmente aceite con PCB o del que aún no se tiene certeza de su contenido, se deberá contar con lo siguiente:

- Tener piso de material impermeable resistente al aceite dieléctrico y al PCB, resistente a la carga y abrasión, con una pendiente adecuada para permitir el drenaje en caso de derrames o fugas a pozas de recolección y permitir su posterior descontaminación o eliminación.
- Los almacenes deberán estar techados y con candados.
- Deberá contar con ventilación forzada si el ambiente es cerrado.
- Contar con sistema de protección contra incendio.
- El ingreso deberá ser a personal autorizado.
- Tener avisos y señales de seguridad colocados de manera visible con información relacionada a estas sustancias peligrosas.
- Los cilindros deberán rotularse indicando contenido de Aceite Dieléctrico PCB.
- Disponer de bandejas debajo de los cilindros para posibles fugas.
- Estar ubicado como mínimo a 100 metros de puntos sensibles tales como cuerpos de agua y áreas como colegios, hospitales, centros comerciales y mercados.



### Evaluación del Funcionamiento

Los transformadores deben examinarse periódicamente para detectar cualquier cambio que pueda constituir un primer signo de deterioro en el funcionamiento del transformador y, por ende, de riesgos latentes. El proceso de verificación comprenderá los siguientes aspectos:

- a) Funcionamiento Eléctrico. Se trata de una evaluación directa del funcionamiento y se realizará siguiendo las instrucciones del fabricante. Esta inspección es sobre todo eléctrica.
  
- b) Nivel de aceite en el transformador. Ciertos transformadores tienen dispositivos directos o indirectos que permiten controlar el nivel de aceite. En algunos casos, la reducción del nivel de aceite se compensará agregando un aceite dieléctrico similar.
  
- c) Cambios en las características del Aceite. Este control implica tener acceso al aceite del transformador. De ser posible, es preciso realizar ciertas mediciones en el aceite para asegurarse de que sus propiedades físicas y eléctricas no hayan sufrido cambios negativos.(1)

### Manipuleo de los Aceites Contaminados Identificados.

- Durante el manipuleo se debe utilizar los EPP adecuados.
- Deben ser bombeados manualmente no vertidos, para minimizar las salpicaduras.
- Los equipos de bombeo utilizados para los aceites con PCB's será exclusivos para este fin.
- Avisos de advertencia cerca de los lugares de drenaje (válvulas de transformadores).
- Capacitar al personal sobre los riesgos del manipuleo de los aceites con PCB's.

- Durante el ingreso y las tareas que desarrolle el personal deberá usar EPPs
- Los residuos como tierras, material absorbente, vestimentas y trapos se consideran como contaminados, y se le debe dar el tratamiento correspondiente como residuos contaminados.
- Contar con lugares apropiados para poder disponer de EPP, material absorbente, bolsas, botiquín y otros.
- Verificar que el área de trabajo tenga buena ventilación.
- Los síntomas por exposición de las personas a PCB son cloracné, irritación de los ojos, somnolencia, dolor de cabeza e irritación de la garganta. En caso de presentarse estos casos aplicar el Plan de Contingencias (llamar al médico).
- No se debe permitir en ningún caso que el personal fume.

#### Transporte y Traslado a la Zona de Almacenamiento Central.

El transporte de los residuos fuera de las instalaciones se realizará a través de una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos EPS RS, debidamente registrada y autorizada por la Dirección General de Salud Ambiental DIGESA y que este facultada para realizar dichos servicios a residuos peligrosos.

Los vehículos de transporte de los PCB deben cumplir la legislación vigente. Para este fin, deberán estar provistos como mínimo de equipos para el caso de situaciones de emergencia, como:

- Extintores para fuego
- Radio
- Linterna
- Botiquín de Primeros Auxilios
- Caja de herramientas.

Las medidas de seguridad en el transporte de los residuos sólidos, estará a cargo de la Empresa Prestadora del Servicio, la misma que debe llenar en el Registro de

Autorización de Retiro de Residuos la información del control de seguridad en el transporte de los mismos.

La Supervisión Ambiental de la empresa de distribución y comercialización eléctrica debe verificar que las la Empresa Prestadora del Servicio - EPS-RS cumplan con la declaración efectuada en dicho Registro.

### El Almacenamiento Central

La zona de almacenamiento Central debe cumplir con las condiciones de infraestructura mencionadas el almacenamiento intermedio y adicionalmente:

- Debe estar cerrada y cercada y estar bien ventilada.
- El depósito se construirá totalmente con materiales incombustibles.
- Los cilindros deberán rotularse indicando contenido de PCB.
- Las válvulas de los transformadores deberán ser reemplazadas y taconeadas.
- Debe contener el número de contenedores necesarios para almacenar temporalmente los residuos.
- El local será de una sola planta, apto para estiba a un solo nivel y contará con pasillos interiores apropiados para transporte.
- Contará con un techo adecuado a fin de evitar la incidencia directa de la radiación solar y el ingreso de agua sobre los elementos almacenados.
- La altura de las paredes será tal que impedirá la incidencia del sol y/o la proyección de agua de lluvia sobre los elementos almacenados.
- Las paredes, el piso, los muros de contención y canaletas de evacuación serán impermeabilizados con pintura epoxi.
- Disponer de bandejas y barreras para posibles fugas y debajo de los cilindros.

- El piso del área de almacenamiento estará construido de manera tal que no permita que ante un derrame o pérdida del líquido, éste se expanda fuera del depósito, por tanto, el piso contará con canaletas colectoras, con pendiente hacia un tanque colector de PCB, con mayor capacidad que la del contenedor más grande, con tapa, a fin de contener posibles derrames o pérdidas de PCB.
- Se contará con una bomba destinada exclusivamente a transvasar este producto.
- En el exterior y próximo al acceso de este depósito se construirá un cuarto de vestuario, el que deberá contar con:
  - Instalación sanitaria.
  - Ducha, lavaojos y piletas para casos de emergencia.
  - Armarios que deben poseer los elementos de seguridad personal y ropa desechable destinada a los operarios que realicen tareas en el lugar.
- Dispositivos de seguridad:
  - Contará con algún medio de comunicación (teléfono, intercomunicador, etc.) para reportar algún incidente que se presente en el área.
  - Se dispondrá la instalación de pararrayos.
  - Contará con instalación eléctrica de seguridad.
  - Contará con medios de extinción de incendio.
- Medidas generales de seguridad:
  - Será señalizado en la entrada con el lema: "Entrada prohibida a personal no autorizado" Peligro.
  - El depósito estará permanentemente cerrado, garantizándose la no entrada de intrusos.

- La alimentación eléctrica de iluminación del área de almacenamiento se conectará mediante un dispositivo que se encontrará en el exterior del depósito.
- El ingreso del personal autorizado se hará con el equipo de seguridad.
- Dentro del depósito estará terminantemente prohibido fumar, comer o beber.
- No se permiten fuentes de calor y trabajos en caliente dentro del área de almacenamiento sin autorización del responsable.
- La movilización de los equipos y/o envases se hará a través de guinches, autoelevadores (montacargas) apropiados, y conducidos por personal capacitado.
- Cuando los equipos y/o envases fuesen movidos a través de autoelevadores serán dispuestos sobre pallets y amarrados.
- Los equipos y/o envases serán movidos siempre en posición vertical y amarrados, a fin de evitar posibles pérdidas y/o derrames
- En esta área se designará un responsable, que realizará inspecciones visuales semanales para detectar anomalías y llevará un registro que contará con:
  - Fecha de entrada del equipo y/o envases.
  - Si fuese un equipo, constará el tipo (ej. transformador, capacitor) y la cantidad de PCB que contiene.
  - Si fuera un envase, constará el contenido y la cantidad.

- Registro de inspecciones, con la firma del responsable.
- Estadísticas de derrames, pérdidas y otros accidentes.
- Características generales de los envases y/o contenedores de aceites contaminados con PCB:
  - Tendrán preferiblemente una capacidad no mayor de 200 litros y poseerán tapa.
  - Serán construidos íntegramente en chapa de acero calibre BWG 16, tanto envolvente como tapa y fondo.
  - Llevará brida de  $\frac{3}{4}$ " y 2" para almacenamiento de desechos sólidos.
  - Serán tratados internamente con pintura epoxi o poliuretánica, o galvanizados por inmersión en caliente.
  - Serán fácilmente identificados a través de rótulos que indiquen que es un material peligroso.
  - Los envases que hayan contenido PCB se podrán utilizar para almacenar PCB fuera de uso si cumplen las presentes especificaciones.
  - Los equipos y/o envases serán almacenados siempre en posición vertical, con sus válvulas y/o tapas cerradas.
  - Los envases utilizados para guardar PCB no deben ser enajenados, ni utilizados para acondicionar otros productos.
- Los equipos que contengan PCB serán manipulados y movilizados con cuidado a fin de evitar choques mecánicos que puedan ocasionar pérdidas y/o derrames. La seguridad al manipular materiales con PCB es de primordial importancia,

se deben tomar las siguientes precauciones en la manipulación de líquidos y materiales contaminados con PCB:

- Cerciorarse de que el área de trabajo tenga ventilación suficiente. En subestaciones cerradas se utilizarán ventiladores portátiles a ras del suelo.
- Usar vestimenta de protección completa: traje de una sola pieza a prueba de productos químicos; guantes a prueba de productos químicos; botas desechables; máscara respiradora (oficialmente aprobada) con aire insuflado desde compresores o cilindros a distancia; para exposiciones de menor intensidad puede usarse una máscara completa con cartucho de reemplazo tipo "CC".

#### Disposición Final

Dependiendo del contenido de PCB, la quema de este producto es altamente tóxica por las dioxinas y furanos que se forman. También existen métodos alternativos de Declaración que utilizan alcalinos para dicha reacción.

Se ha determinado en primer lugar identificar los transformadores que contengan PCB, esto se ha iniciado con un monitoreo utilizando el método colorimétrico, lo cual nos arroja los resultados ya expuestos.

En el caso específico de los transformadores que contengan PCB, en primer lugar, se debe determinar la cantidad de aceites dieléctricos y transformadores, así como las concentraciones de PCB en ellos, que reúnen estas condiciones para efectuar las evaluaciones de factibilidad económica y técnica con las que se les pueda dar la disposición final.

Se deben evaluar las diversas alternativas de tratamiento y/o eliminación, la disponibilidad tecnológica y costos asociados, realizando las consultas correspondientes a las empresas que realizan este servicio dentro del país, antes de optar por la exportación de estos residuos.

El transporte de desechos peligrosos que contienen PCB en el ámbito internacional es materia del Convenio de Basilea. "Convenio sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos, de los Desechos Peligrosos y su Eliminación".

Según este Convenio los PCB, una vez desechados de su actual uso, son considerados Residuos Peligrosos y deben ser destruidos en el país o exportados para su adecuada destrucción en otros países.

En el marco del Convenio de Basilea, se puede exportar un residuo peligroso a un país que lo pueda tratar o disponer en forma ambientalmente correcta, que no tenga prohibición de ingreso en los siguientes casos:

- a) Falta de tecnología en el país para el tratamiento y/o disposición final ambientalmente racional del residuo.
- b) Aún con tecnología existente, insuficiente capacidad instalada para el tratamiento del mismo en tiempo y forma para cumplir con el cronograma de eliminación declarado.
- c) En aquellos casos en que se recupere un material de valor para el país de importación.
- d) Razones debidamente justificadas, que deberán ser autorizadas por las Autoridades Ambientales tanto del país de exportación como de importación.

Por lo que es conveniente que la empresa de distribución y comercialización eléctrica S.A. se contacte y se reúna con otras del mismo rubro, para que el volumen de residuos peligrosos con fines de exportación sea rentable.



### **7.3 Plan de Contingencia.**

El presente plan de contingencias para el Manejo del aceite dieléctrico contaminado con PCB, tiene como objetivo identificar los riesgos potenciales, y describir las medidas a tomar en caso de que alguno de los riesgos identificados se manifiesten.

El Plan considerará todas las instalaciones de la empresa, ya que los incidentes que puedan ocurrir por el contacto con los aceites dieléctricos, pueden ocurrir en dichas zonas y generar eventuales riesgos a la salud y la Seguridad de las personas que trabajan en la empresa de distribución y comercialización eléctrica.

La responsabilidad principal de la aplicación de este Plan será asumida por la Jefatura de Seguridad Industrial de la empresa de distribución y comercialización eléctrica S.A, la que deberá contar con los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

Se analizaron los riesgos y medios de exposición que podrían eventualmente afectar a los trabajadores y al Medio Ambiente durante sus labores cotidianas durante la visita técnica efectuada en la Empresa.

La estructura del Plan de Contingencia será la siguiente:

- a) Estimación de Riesgo.
- b) Prevención de Riesgos.
- c) Reducción del Riesgo.
- d) Preparación.
- e) Respuesta.
- f) Rehabilitación.
- g) Reconstrucción.

### **a) Estimación del Riesgo.**

El proceso de Estimación del Riesgo comprende las acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones.

El Análisis y Evaluación de Riesgos es un proceso dirigido a estimar la magnitud de riesgos, obteniendo la información necesaria para que la empresa esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas.

#### La Metodología

En el análisis riesgo en la Matriz, se identifica el peligro, y se debe estimar el riesgo, determinando la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho. En función del puntaje alcanzado se determina de qué orden de magnitud es el riesgo:

- Alto, si alcanza la puntuación de 9.
- Medio, si alcanza la puntuación 6 ó 4.
- Bajo, si alcanza la puntuación de 3, 2 ó 1.

Valoración del Riesgo, con el valor del riesgo obtenido, se emite un juicio sobre la tolerabilidad del riesgo en cuestión, si de la Evaluación del riesgo se deduce que el riesgo es alto (según puntuación alcanzada), hay que tomar medidas para controlarlos.

MATRIZ DE RIESGOS																		
PCB'S EN ACEITE DIELECTRICO																		
RIESGOS OBSERVADOS	CLASIFICACION	CARACTERISTICA DEL RIESGO			EVALUACION DE IMPACTOS				Probabilidad de Ocurrencia (PO)			Nivel de Severidad (NS)			EVALUACION DE RIESGOS	ACCIONES PREVENTIVAS (AP) Y/O CORRECTIVAS (AC) RECOMENDADAS		
		Factor Personal	Factor de Trabajo	Factor Ambiental	A la Salud	A la comunidad	Al Medio Ambiente	En las Finanzas	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel I	Nivel II	Nivel III				
Mantenimiento del aceite dieléctrico de los transformadores	Efectos agudos de exposición Efectos crónico de exposición	x	x		x	x		x				2				3	6	Todo el personal estará informado de los riesgos de la exposición a las sustancias que contienen PCB's toxicidad de riesgo. También deben encontrarse capacitados para el correcto uso de los Equipos de Protección Personal. La empresa contará con la brigada entrenada para hacer frente a esta contingencia
Limpieza de cuba de transformadores en desuso	Efectos agudos de exposición Efectos crónico de exposición	x	x		x	x						1				2	3	Todo el personal estará informado de los riesgos de la exposición a las sustancias que contienen PCB's toxicidad de riesgo. También deben encontrarse capacitados para el correcto uso de los Equipos de Protección Personal. La empresa contará con la brigada entrenada para hacer frente a esta contingencia
Riesgo de derrames de aceite dieléctrico	Derrames en frío	x	x	x	x	x	x	x				2				3	6	Todo el personal estará informado del riesgo que significa el derrame en frío. La empresa contará con la brigada entrenada para hacer frente a esta contingencia.
Explosión de transformadores	Derrames en caliente	x	x	x	x	x	x	x				1				3	3	Todo el personal estará informado del riesgo que significa el derrame en caliente. La empresa contará con la brigada entrenada para hacer frente a esta contingencia.

Se identificaron las principales situaciones de riesgo, las cuales fueron analizadas en la matriz.

- Mantenimiento del Aceite Dieléctrico de los transformadores.
- Limpieza de cuba de transformadores en desuso.
- Explosión de transformadores.
- Derrame de Aceite Dieléctrico del transformador.

### Conclusiones de la Matriz de Riesgos

Los riesgos analizados en la matriz son los siguientes:

- Derrames en Frío
- Derrames en Caliente.
- Efectos Agudos de Exposición
- Efectos Crónicos de Exposición

La matriz han arrojado los siguientes resultados:

- El derrame en frío ha alcanzado una calificación de 6, lo que significa: riesgo medio.
- El derrame en caliente presenta una calificación de 3 debido a la baja probabilidad de ocurrencia de este suceso; esto nos da como resultado un riesgo bajo pero de ocurrir este suceso las consecuencias serían muy graves.
- La tarea crítica de mantenimiento de transformadores, nos da como resultado una calificación de 6, lo que significa riesgo medio.
- La tarea crítica de limpieza de cuba de los transformadores, nos da como resultado una calificación de 3, lo que significa riesgo bajo; ésta calificación se obtiene a causa de que las cubas se limpian sólo cuando se da de baja a un transformador.

- En el caso de los efectos crónicos de la exposición, no es necesario contar con una brigada de acción, ya que dichos efectos no pueden ser reversibles y sólo se pueden tomar medidas de prevención.

En el presente Plan de contingencia se desarrollan las acciones que se deben realizar en caso que se manifiesten dichos peligros.

**b) Prevención del Riesgo.**

El proceso de Prevención del Riesgo comprende las acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible.

**c) Reducción del Riesgo.**

El proceso de Reducción del Riesgo comprende las acciones que se realizan para reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenible. A continuación se detallan las medidas que se adoptarán para prevenir derrames en general:

Medidas de Prevención Derrames

Se deben aplicar medidas para prevenir que ocurran derrames durante el funcionamiento, mantenimiento, de los transformadores y almacenamiento temporal del aceite dieléctrico.

- i. Funcionamiento del Transformador. La acidez del aceite dieléctrico puede a su vez ocasionar corrosión interna en las partes más frágiles del transformador, aun cuando este parezca estar en condiciones satisfactorias. Las partes más frágiles de un transformador son las aletas de enfriamiento, que se fabrican mediante flexión, moldeo y posiblemente

soldeo. Estas operaciones pueden provocar tensiones y el debilitamiento de la estructura, lo que la hace más vulnerable a la corrosión.

Para esto es muy importante realizar inspecciones visuales durante las labores de mantenimiento, en las que se buscarán fallas en la estructura metálica.

Una fractura se puede ocasionar por varias razones, por un desperfecto en la cuba lo que la puede exponer a la acidez del aceite, o por la degradación lenta del aceite, que lo hace más corrosivo. En caso de identificar un derrame se debe dar aviso para que la Brigada ejecute el recojo de la sustancia contaminada.

ii. Prevención de Derrame durante el Mantenimiento del Transformador

- El personal que realiza el trabajo debe tener conocimiento del Análisis de Trabajo Seguro - AST del mantenimiento del transformador.
- Debe contar con los equipos de protección personal adecuados para realizar este trabajo.
- Tener conocimiento de los procedimientos a seguir durante una contingencia mientras ejecuta su trabajo.
- En caso de derrame debe dar aviso para que la Brigada se encargue del recojo de la sustancia contaminada.

iii. Prevención de Derrame en su Almacenamiento Temporal.

- Respetar la rotulación de los cilindros al depositar los residuos.
- Mantener el área despejada y con libre acceso.

- Mantener el orden y limpieza.
- Mantener los cilindros tapados.
- Iluminación suficiente.
- Protección Contra Incendios.
- Vías de acceso despejadas

### Prevención de la Exposición

El personal expuesto, es principalmente quien ejecuta las labores de manejo de las sustancias que contiene PCB (aceites dieléctricos) tales como:

- Mantenimiento transformadores de PCB.
- Disposición final de los transformadores.

La exposición a los Aceites Dieléctricos que contengan PCB puede generar efectos agudos y crónicos. Los efectos agudos son respuestas fisiológicas que ocurren poco después de la exposición; los efectos crónicos se refieren principalmente a respuestas ocurridas después de exposiciones prolongadas.

Todo el personal debe contar con sus Equipos de Protección Personal, para la ejecución de las tareas críticas en el manejo de los PCB. Los equipos de protección personal deberán figurar en los AST de dichas tareas.

El almacén se encargará de la distribución de los Equipos de Protección Personal a todo el personal, bajo la supervisión de la Jefatura de Seguridad de la empresa. El procedimiento será como se menciona a continuación:

Cualquier duda acerca del tiempo que puede durar un equipo o del nivel de protección que debe tener un trabajador, será resuelta por los Inspectores de Seguridad de cada Unidad.

Como el riesgo mayor de los PCB es la absorción cutánea, se debe tener especial cuidado al elegir la vestimenta de protección: overoles, botas o cubrezapatos,

guantes y protecciones oculares. Los PCB pueden penetrar casi todos los materiales, pero existen algunos, como el caucho natural, que son particularmente permeables a los PCB y, por eso, no sirven como equipo de protección, son más adecuados los cauchos o elastómeros fluorados a prueba de productos químicos, y los materiales laminados son los que ofrecen la mejor protección contra los PCB.

Ningún material es cien por ciento impermeable a los PCB. Por eso es preciso prever la sustitución periódica de todo el EPP. El proveedor del equipo generalmente proporciona detalles sobre el tiempo que tardan los PCB en permear el equipo protector, información que será útil para calcular, según cada operación, el momento en que los PCB comenzarán a penetrar en el equipo. Este factor se conoce como tiempo de paso; depende de la frecuencia y duración del contacto del equipo protector con los PCB, y puede variar según el tipo de trabajo que se realice. El proveedor deberá proporcionar los tiempos normales de paso para las distintas aplicaciones y decir si es necesario reducir este tiempo para tomar en cuenta otros factores, como la abrasión

Si se utilizan botas de caucho, éstas deben ser desechadas regularmente, y se debe reforzar la protección de los pies utilizando cubrezapatos desechables que pueden usarse por dentro o fuera de la bota. Para el trabajo en laboratorio, es necesario utilizar batas y guantes desechables para evitar el contacto con la piel.(1)

#### **d) Preparación**

La Preparación está constituida por el conjunto de acciones de planeamiento, de desarrollo de capacidades, organización, operación entre otros, para anticiparse y responder en forma eficiente y eficaz, en caso de desastre o situación de peligro inminente, a fin de procurar una óptima respuesta.

#### Planes de Acción.



Luego de la identificación y dimensionamiento de los riesgos potenciales, se determinan los planes de acción y la organización para la atención de las emergencias.

Las medidas para atender las emergencias dependen del tipo y gravedad de emergencia, por lo que a continuación se definen la clasificación de emergencias y las acciones en cada tipo de emergencia.

#### Clasificación de las Emergencias.

El sistema de clasificación de emergencias se basa en aspectos como: severidad, gravedad, potencial del incidente, nivel de respuesta requerido y grado de afectación a las operaciones de la organización. La clasificación de emergencias, se divide en tres niveles que van en orden ascendente:

##### Nivel I:

Cualquier incidente que puede ser manejado con recursos propios del personal del Área en donde ocurre el incidente. No se requiere la activación ni intervención de los Equipos de Respuesta (Brigadas) de la Empresa, o de los Servicios de Ayuda Externa.

##### Nivel II:

Cualquier incidente que puede ser manejado por los Equipos de Respuestas (Brigadas) de la Empresa, utilizando sus propios recursos o los servicios de ayuda externa. Representa una amenaza para el área afectada y por lo tanto requiere su evacuación.

##### Nivel III:

Cualquier incidente que tiene el potencial de convertirse en una amenaza potencial para la Vida, la Salud, la Propiedad, el Medio Ambiente y para las comunidades vecinas. Los equipos de respuesta de la Empresa y recursos propios, son insuficientes para controlar la

emergencia y se requiere la intervención directa de los servicios de ayuda externa. Se requiere la evacuación total del área. Involucra la paralización total de las operaciones del área.

### Programa de Capacitación

El personal que labora en la empresa de distribución y comercialización eléctrica sea o no de empresa especializada (contratista) que trabaje en el área de mantenimiento o pueda tener contacto directo con el Aceite Dieléctrico, deberá ser capacitado y tener conocimiento en los siguientes aspectos:

- La naturaleza tóxica de los PCB.
- El Plan de Manejo de los Aceites Dieléctricos que pueden contener PCB.
- Riesgo Eléctrico.
- Los procedimientos a seguir en caso de una emergencia con PCB
- Aspectos de la higiene personal en el trabajo con los PCB
- El personal que integrará las Brigadas, deberá recibir una capacitación diferenciada para poder cumplir con sus funciones.

Estas capacitaciones serán dictadas prioritariamente a los responsables de cada área de trabajo, adicionalmente el personal de la empresa deberá participar de los simulacros programados para atender las contingencias que pudieran ser ocasionadas por el contaminante PCB.

Los objetivos principales de los Simulacros son:

- Detectar errores u omisiones tanto en el contenido de los planes de acción en caso de una emergencia.
- Prueba de idoneidad y suficiencia de equipos y personal, así como los medios de comunicación, alarma, señalización.
- Adquirir experiencia y soltura en el procedimiento.

- Estimación de tiempos de evacuación, de intervención de equipos propios y de intervención de ayudas externas.
- Los Simulacros deberán ser programados por el Comité de Emergencia.
- Los trabajadores de la zona, serán notificados de la realización del Simulacro.
- Se activan las Brigadas de acuerdo a la contingencia ocurrida y es el Coordinador General quien decide el nivel de emergencia.
- El Jefe de Brigada determina las acciones de la brigada y efectúa la llamada a los organismos de ayuda externa.
- Al finalizar el Simulacro, el Comité efectuará una evaluación de eficiencia a las acciones tomadas por la Brigada.
- El Comité de Emergencia decidirá la frecuencia de los Simulacros; se recomienda que se realice un Simulacro al año

#### **e) Respuesta**

La Respuesta, como parte integrante de la Gestión del Riesgo de Desastres, está constituida por el conjunto de acciones y actividades, que se ejecutan ante una emergencia o desastre, inmediatamente de ocurrido éste, así como ante la inminencia del mismo.

#### **Acciones por tipo de emergencia.**

##### **Procedimiento para Caso “Contaminación en Caliente”.**

En caso de suceder la explosión de un transformador ocurriría lo denominado: “Contaminación en caliente” del aceite dieléctrico, que posiblemente contenga PCB.

Un transformador puede explotar a causa de un cortocircuito, o a un sobrecalentamiento; cuando esto ocurre el aceite se esparce y el PCB se inflama y pueden transformarse en otros compuestos químicos peligrosos, incluyendo

Dibenzofuranos Policlorados y ocasionalmente Dibenzodioxinas Policloradas (Dioxinas y Furanos, en general).

Luego de un incendio, el material particulado emitido a la atmósfera que puede contener estas sustancias, se depositaría en distintas superficies incluyendo suelo y agua con potencial exposición humana.

#### Del Jefe de la Brigada

- Administrar los recursos necesarios para garantizar la seguridad del personal, y un combate del fuego, rápido, eficiente y seguro.
- Evaluar y decidir enfrentar la emergencia de incendio o explosión con personal de la brigada de emergencia, o solicitar apoyo externo.
- Solicitar a los organismos de apoyo externo (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y Defensa Civil), el envío de unidades especializadas para la respuesta durante situaciones de emergencia.
- Determinar el cese del Estado de Emergencia, y ordenar el restablecimiento de las operaciones.
- Preparar el Reporte de Emergencia.

#### De la Brigada de Incendios

- En caso de Incendio, los Brigadistas tienen la libertad de ordenar al personal y ciudadanos cercanos al área afectada, la evacuación parcial o total de las instalaciones, teniendo en cuenta la intensidad y probabilidad de propagación del siniestro.

#### De los trabajadores

- Dar aviso inmediato al Inspector de Seguridad industrial de cada Unidad.

- Cumplir cabalmente, con responsabilidad y seriedad, las instrucciones emanadas por los Brigadistas.
- Participar activamente en los Simulacros programados por el Comité de Emergencia.

#### Ejecución:

- El personal que se encuentre cerca de la zona en donde ocurra la emergencia, dará inmediato aviso a Inspectores de Seguridad de cada Unidad.
- El Jefe de Brigada verificará y evaluará el riesgo y decidirá la necesidad o no, de ejecutar las acciones, comunicando de ello al Coordinador General.
- La respuesta inicial para el control de este tipo de incendio es declarar el área en evacuación por el Jefe de Brigada.
- La principal actividad de los Brigadistas, es apoyar en la evacuación de la zona delimitada, poniéndose a disposición del Jefe de Brigada para apoyar en las demás acciones.
- Se solicitará al personal de mantenimiento, el corte del suministro de energía en el área afectada.
- Solicitará la intervención de los equipos de apoyo externo (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y Defensa Civil), a quienes se les informará expresamente que ha tomado fuego un equipo que potencialmente contiene PCB y registre la información.
- Al llegar la primera Unidad del equipo de apoyo externo (Cuerpo de Bomberos), el Efectivo al mando de la Unidad respectiva, asumirá el mando de las Operaciones con el Coordinador General de Emergencia.
- Si fuese posible, se hará entrega al Jefe de la Unidad de Bomberos, los planos del sistema de distribución eléctrica y los inventarios de los materiales almacenados.

### Medidas después del incendio

- El Jefe de Brigada será el responsable del cumplimiento de estas medidas de control
- Cercar el área tomada por el fuego y el área contaminada.
- Será evitado todo contacto con los residuos del incendio.
- De inmediato se pondrá en operación un Plan de Seguridad, con intervención de especialistas en Seguridad Industrial juntamente con los Bomberos y Defensa Civil, limitando el área y los accesos del lugar, y la evacuación de las áreas aledañas si fuera necesario.
- Se estos especialistas pondrán en prácticas las recomendaciones escritas en la EPA 40 CFR:
- EPA 40CFR761-Subpart D, Almacenamiento & traspaso
- EPA 40CFR761-Subpart G, Limpieza a fondo de derrame de PCB
- EPA 40CFR761-Subpart K, Traspaso & señalamiento
- La operación de limpieza será llevada a cabo por expertos en descontaminación química conjuntamente con especialistas y autoridades, quienes delimitarán el área y dispondrán de los métodos a aplicar y los materiales que deben ser desechados.
- La operación se basará en el nivel de contaminación determinado por análisis de residuos.
- No se podrá habilitar el lugar si no es asegurado mediante limpieza exhaustiva y se haya logrado el nivel de descontaminación requerida.

### Control:

- Toda acción que se tome y que esté especificado en el presente procedimiento, dará origen a la presentación del

Reporte de Emergencia al Supervisor de Seguridad Industrial de las empresa y al Comité de Emergencia, el mismo que será preparado y visado por la Brigada de Incendio, siendo remitido dentro de las 24 horas subsiguientes.

- Semestralmente y/o cuando sea conveniente, el Comité de Emergencia revisará el presente Procedimiento de Control de Incendios, a fin de mantenerlo actualizado y realizar las enmiendas que estime conveniente.

### **Procedimiento para Caso “Contaminación en Frió” Derrames**

En caso de suceder el denominado: “Contaminación en Frió” o derrame del aceite dieléctrico de los transformadores que posiblemente contengan PCB, entrará en acción la Brigada de Derrame.

#### **Del Jefe de la Brigada**

- Administrar los recursos necesarios para garantizar la seguridad del personal y de los vecinos si es que el transformador se ubica en una zona urbana.
- Evaluar y decidir poner en ejecución el procedimiento de evacuación de instalaciones.
- Encabezar las acciones de la Brigada y cuando sea necesario, tomar la decisión para solicitar ayuda externa
- Solicitar a los organismos de apoyo externo (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y Defensa Civil), el envío de unidades especializadas para la respuesta.
- Determinar el cese del Estado de Emergencia, y ordenar el restablecimiento de las operaciones.
- Preparar el Reporte de Emergencia.

#### **De la Brigada de Incendios**

- En caso de derrame de líquido dieléctrico, los Brigadistas deben de seguir el procedimiento establecido.

#### De los trabajadores

- Dar aviso inmediato al Inspector de Seguridad de la zona afectada para que tome las medidas y acciones del caso.
- Cumplir cabalmente con responsabilidad y seriedad, las instrucciones emanadas por los Brigadistas.
- Participar activamente en los Simulacros programados por el Comité de Emergencia.

#### Ejecución:

- El personal que se encuentre cerca de la zona en donde ocurra la emergencia, dará inmediato aviso a Inspectores de Higiene y Seguridad de cada Unidad.
- El Jefe de Brigada verificará y evaluará el riesgo y decidirá la necesidad o no de ejecutar las acciones.
- La respuesta inicial para el control de este tipo de emergencias, es declarar el área en evacuación por el Jefe de Brigada.
- Los brigadistas se organizarán para poder cumplir con los siguientes lineamientos:
- Una Brigada debe responder de inmediato a la notificación de que ha ocurrido un derrame de PCB.
- Todo el personal de limpieza que manipule PCB y/o que esté trabajando en la limpieza misma, deben utilizar vestimenta y equipo de protección personal para evitar la contaminación con PCB.
- Es importante evitar que los fluidos de PCB alcancen canales de aguas pluviales, cloacas, desagües o cualquier otro lugar en que corra agua. La brigada deberá aplicar todas



las opciones existentes para contener un derrame de PCB, como desviaciones temporales o cercados (uso de muros de contención).

- Asimismo, la Brigada debe anticipar y evitar que en el área contaminada fluyan aguas provenientes de sistemas de rociado y/o aguas de alcantarillado. Se debe hacer todo esfuerzo razonable para detener o retardar el flujo de PCB y contener el que se haya derramado, utilizando el personal, equipo y material que esté en el lugar o del que se pueda disponer inmediatamente.
- En caso de que el PCB alcance una corriente de agua, canalización, o algún área inaccesible, el primer empleado que llegue al área del derrame deberá iniciar procedimientos de notificación de inmediato, y emprender medidas para evitar que más material derramado alcance aguas o suelos.
- Se deberán colocar barricadas alrededor de las áreas contaminadas para evitar que los transeúntes y vehículos ingresen antes de que el material haya sido recogido y retirado.
- En la mayoría de los casos se puede utilizar materiales para absorber aceite. Cuando es así, deben esparcirse en el área contaminada y permanecer ahí por lo menos durante una hora, o el tiempo necesario para que todo el aceite haya sido absorbido.
- Una vez que los fluidos derramados hayan sido absorbidos, el material absorbente y los suelos contaminados deben depositarse en los barriles preparados para tal fin. Cuando la situación no permita determinar el nivel de penetración de PCB, se retirarán por lo menos 15 cm. de profundidad del suelo.

- Todas las estructuras de acero, estantes de madera, bandeja portacables (de todo tipo) etc., también deben lavarse con solvente. Todo el equipo en estas estructuras, que puede estar contaminado por el derrame con PCB pero que no se va a eliminar, debe igualmente limpiarse. El solvente se utilizará con precaución para evitar la contaminación de otros equipos, vehículos, etc., en el área del derrame.
- Todos los tipos de estructuras, edificios, vehículos privados, etc. que puedan estar contaminados deben lavarse con solvente . Deben tomarse todas las medidas necesarias para evitar que el solvente y los aceites derramados ingresen a los sistemas de drenaje o alcantarillado.
- Cuando sea posible, deben lavarse perfectamente con solvente todos los objetos contaminados, como herramientas, ropa, botas y otros equipos. De lo contrario, deben depositarse en los barriles de preparados especialmente para su eliminación.
- Todos los barriles deben estar debidamente identificados y deben almacenarse o colocarse en un vehículo.
- Los barriles deberán quedar perfectamente sujetos para evitar otros derrames.
- Los vehículos que transportan los barriles también deben estar etiquetados según los procedimientos de transporte.
- Los barriles deberán llevarse directamente a un área de almacenamiento de PCB autorizada para su posterior embarque al lugar de eliminación.
- En caso de grandes derrames en áreas densamente pobladas, el área afectada será atendida permanentemente hasta que el aceite de PCB derramado y todos los materiales de saneamiento hayan sido retirados del lugar, guardados en barriles, o neutralizados de alguna otra forma.

- Si hay contacto de PCB con la piel deberá utilizarse un detergente sin agua para eliminar el aceite, y el detergente será depositado en un recipiente para tal fin. Si hay contacto con los ojos, hay que enjuagarlos repetidamente con agua y solicitar asistencia especializada.
- Los derrames en el agua requieren particular consideración.
- Se solicitará al personal de mantenimiento, el corte del suministro de energía en el área afectada.
- Se solicitará la intervención de los equipos de apoyo externo (Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú y Defensa Civil).
- Al llegar la primera Unidad del equipo de apoyo externo (Cuerpo de Bomberos), el Efectivo al mando de la Unidad de Bomberos asumirá el mando de las Operaciones con el Coordinador General de Emergencia de la empresa
- Si fuese posible se hará entrega al Jefe de la Unidad de Bomberos, los planos del sistema de distribución eléctrica y diagrama unifilar del sistema.

Control:

- Toda acción que se tome y que esté especificado en el presente procedimiento, dará origen a la presentación del Reporte de Emergencia al Comité de Emergencia, el mismo que será preparado y visado por la Brigada de Contaminación en frío siendo remitido dentro de las 24 horas subsiguientes.
- Semestralmente y/o cuando sea conveniente, el Comité de Emergencia revisará el presente procedimiento, a fin de mantenerlo actualizado y realizar las enmiendas que estime conveniente.

**Procedimiento para Caso de efectos Agudos.**

Procedimiento para caso de Efectos Agudos generados en el Manejo de Sustancias que contengan PCB

El manejo de los PCB pueden causar efectos agudos en la salud del personal de trabajo cuando se realiza manipuleo inadecuado o existe una exposición a las sustancias que contengan PCB, (aceites dieléctricos).

Estas emergencias comprenderán contacto con la piel, contacto con los ojos, inhalación é ingestión, de sustancias que potencialmente contengan PCB y estas emergencias deberán ser atendidas por la Brigada de Primeros Auxilios.

Del Jefe de Primeros Auxilios: Es responsabilidad del Jefe de Brigada:

- Administrar los recursos necesarios para garantizar una atención rápida y eficiente.
- Evaluar a la(s) víctima(s), hasta que ésta(s) sea(n) atendida(s) por personal médico especializado, trasladarlas(s) a un Centro Asistencial.
- Solicitar apoyo Médico externo (servicio médico especializado, ambulancia).

De la Brigada de Primeros Auxilios:

- Tiene la responsabilidad de prestar los primeros auxilios a las personas que hayan sido afectadas, ya sean de la Empresa o pertenezcan a la comunidad hasta la llegada del personal médico especializado, y/o su traslado a un Centro Asistencial.

De los Trabajadores:

- Dar aviso inmediato al Comité de Emergencia de la empresa o al Servicio de Vigilancia, ante cualquier indicio de personal afectado por lesión.
- Cumplir cabalmente con responsabilidad y seriedad, las instrucciones de los Brigadistas de Rescate y Primeros Auxilios.
- Participar activamente en los Simulacros de Emergencia que sean programados en la empresa.

#### Ejecución

- Al identificar una víctima de exposición al PCB, la persona avisará al Comité de Emergencia y/o al Inspector de Higiene y Seguridad de cada Unidad de Negocios, a fin de que pueda recibir la atención requerida.
- El Inspector de Higiene y Seguridad de cada Unidad de Negocios, designará al personal de brigada que será destinada para ejecutar las acciones.
- Al llegar al lugar del accidente, el Brigadista de Primeros Auxilios se hará cargo de la víctima y procederá a evaluar su gravedad.
- De acuerdo con la gravedad de la víctima, se le aplicarán las siguientes medidas:

#### Contacto con la piel:

- Quitarse de inmediato toda la ropa contaminada y lavar la parte del cuerpo afectada con abundante agua corriente fría y jabón neutro.
- En caso de grandes áreas contaminadas bañarse con abundante agua corriente fría y jabón neutro.
- No se usarán solventes, detergentes o abrasivos.

- Eventualmente se untará la piel afectada con crema emoliente.

Contacto con los ojos:

Si ha habido contacto de los ojos con PCB, hay que enjuagarlos de inmediato con agua corriente en abundancia, por lo menos durante 15 minutos y solicitar atención médica;

Inhalación:

Retirar a la persona afectada del lugar y hacerle respirar aire fresco. En caso de intoxicación aguda suministrarle oxígeno y solicitar atención médica.

Ingestión:

En caso de ingestión, enjuagarse la boca varias veces con agua limpia, tomar agua, y solicitar atención médica.

NOTA:

En todos los casos, luego de practicados los primeros auxilios concurrir al médico.

Control:

- Toda acción que se tome y que esté especificado en el presente procedimiento, dará origen a la presentación de un Reporte de emergencia, el mismo que será preparado y visado por la Brigada siendo remitido dentro de las 24 horas subsiguientes.
- Los Brigadistas de Primeros Auxilios, serán los encargados de verificar que los botiquines con los que se cuenta en las instalaciones de la Empresa tengan los medicamentos y suministros necesarios para la atención de Primeros Auxilios.

### Organización para atención de la emergencia.

La organización que debe estar constituida para atender las emergencias ocasionadas por los riesgos identificados debe contar con un Comité Operativo de emergencia el cual está constituido por:

Coordinador General.- Es el responsable principal durante la emergencia, y es quien decide la estrategia a seguir durante ésta; asimismo, es el responsable de la información que se brinde al exterior acerca del desarrollo de la emergencia y sus consecuencias. En este caso el Coordinador General puede ser el Jefe de Seguridad Industrial de la empresa.

Jefe de Brigada.- Es responsable de coordinar con los integrantes de la brigadas de incendio o de evacuación, las acciones a tomar y recibe las órdenes emitidas por el Coordinador General. En este caso se puede nombrar como Jefe de las brigadas a los Inspectores de Higiene y Seguridad de cada Unidad.

Las Brigadas de Control De Emergencias La Brigada de Emergencia, es un grupo de personas especializado y equipado, cuya finalidad es minimizar las lesiones o pérdidas que se puedan presentar como consecuencia de una emergencia en la Empresa.

Las acciones que tome la brigada dependerán del grado y magnitud de la emergencia, y estarán integradas por personal voluntario y capacitado en la naturaleza tóxica de los PCB (PCB).

#### **f) Rehabilitación**

El proceso de Rehabilitación es el conjunto de acciones conducentes al restablecimiento temporal de las operaciones e inicio de la reparación del daño

físico, ambiental, social y económico en la zona afectada por una emergencia o desastre. Se constituye en el puente entre el proceso de respuesta y el proceso de reconstrucción.

#### **g) Reconstrucción**

El Proceso de Reconstrucción comprende las acciones que se realizan para establecer condiciones sostenibles, reduciendo el riesgo anterior al desastre.

##### Retiro del Servicio de Equipos

Ningún equipo con PCB puede ser removido para ser reinstalado o vendido para el reciclaje de sus partes metálicas.

Equipos contaminados solamente se pueden remover del servicio para ser almacenados en espera del transporte hacia su disposición final.

Los capacitores con PCB deben ser retirados del servicio, no deberán ser drenados a menos que exista una fuga. En ese caso todas las precauciones descritas deben ser consideradas.

La unidad drenada debe ser sellada. Bajo ninguna circunstancia se deben utilizar el recipiente del capacitor con otro propósito.

Los capacitores y transformadores pequeños que estén sellados y asegurados pueden ser almacenados y transportados sin necesidad de drenar los PCB. Deben ser envueltos en bolsas de plástico de alto calibre y colocados dentro de tambores de acero de 200 litros con tapas del mismo material que puedan ser reselladas. Los capacitores se deben colocar dentro de los contenedores con las terminales hacia arriba para prevenir derrames. Tantos capacitores como permita el espacio pueden ser colocados dentro de cada contenedor junto con todo el material absorbente



(como el aserrín) que se pueda ubicar en los espacios libres. El contenedor debe ser sellado y debidamente etiquetado.

Los desechos sólidos contaminados se deben envolver en bolsas de plástico grueso. Las bolsas se deben sellar y colocar dentro de tambores de acero, tal como se ha hecho con los equipos. Los capacitores de mayor tamaño, que no caben dentro de este tipo de tambor, deben ser envueltos en plástico grueso y sellados.

A los transformadores de mayor tamaño se les deben drenar los PCB. Estos deben ser colocados dentro de tambores de acero de doble tapón que cumplan con las exigencias de la Organización de las Naciones Unidas. Se deben tomar medidas de prevención de derrames durante este proceso.

El PCB líquido se debe almacenar dentro de tambores como sigue:

- Se deben utilizar tambores sellables de acero en perfecto estado (Clase ONU).
- Las válvulas deben ser removidas y reemplazadas con tapones a prueba de goteo.
- Se deben utilizar tambores de primer y único uso. Todos los tambores deben ser etiquetados apropiadamente.
- Un espacio de aire de entre 7 y 10 centímetros debe dejarse para permitir la expansión del líquido.

Una vez que todos los líquidos de PCB han sido drenados del transformador a lo largo de un período de 48 horas, todas las aperturas deben ser selladas. El equipo debe ser resguardado en un área protegida contra los elementos climáticos o de cualquier otro riesgo, junto con suficiente material absorbente como para recoger todo el líquido que pueda derramarse.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

---

### Conclusiones.

- Los PCB son compuestos peligrosos por su capacidad de bioacumulación en el organismo vivo, en el que puede causar diversos efectos adversos, pueden ser absorbidos por vía dérmica, ingesta o inhalación.
- Por ser un producto sumamente estable y difícilmente inflamable, se utilizó masivamente en la fabricación de los Aceite Dieléctricos, hasta que se hizo pública su toxicidad y entonces se prohibió su fabricación, pero los equipos que fueron fabricados con este compuesto y se encontraban en funcionamiento, se mantuvieron mientras cumplían su vida útil.
- La empresa de Distribución y comercialización eléctrica utiliza transformadores para su labor operativa, algunos son antiguos y por eso es altamente probable que estos equipos contengan PCB.
- Para determinar que equipos contienen PCB, era necesario ejecutar un monitoreo de identificación para luego diseñar un programa de manejo de dichos aceites.
- La metodología empleada está propuesta por la EPA; el método EPA SW 846 9079 es Colorimétrico y determina la concentración de PCB mayor o menor a 50 ppm.
- En la hipótesis planteada se estimaba encontrar un 30% de presencia de PCB en los aceites dieléctricos muestreados, en función de la antigüedad de los equipos y de los controles actuales en la empresa de distribución y comercialización eléctrica.
- Los resultados obtenidos en ambas Unidades difieren mucho en el porcentaje de resultados positivos (Unidad de negocios UNO 6.67% y Unida de Negocios DOS 50.0%).
- Los resultados en la Unidad de Negocios DOS se puede deber a la cercanía de la Empresa Siderúrgica en al Patio de Mantenimiento, esto podría contaminar los aceites dieléctricos con sulfuros y provocar un falso positivo en

el monitoreo, por lo que se debe ejecutar un descarte de falso positivo en dichas muestras.

- En la unidad DOS, los transformadores presentan mayor corrosión, ya que se encuentran cerca del mar; los aceites dieléctricos monitoreados estaban contenidos en los transformadores, los mismos que no se encontraban cerrados completamente.
- Esta metodología Colorimétrica tiene mayor confiabilidad en los resultados negativos que en los positivos, ya que la prueba es conservadora.
- En cuanto a los transformadores en desuso, contaban con la señalización en el Patio de Mantenimiento, ninguno presentaba la señalización de uso de Equipos de Protección Personal ni con la infraestructura adecuada para almacenar residuos con PCB (techo, suelo impermeable, precauciones en caso de derrame).
- Para los planes de exportación de estos residuos, se debe considerar las directrices del Convenio de Basilea “Convenio Sobre El Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación”. Ratificado por el Perú. Resolución Legislativa N° 26234, el 19 de Octubre de 1993.

### **Recomendaciones.**

- Se debe estructurar e implementar de manera progresiva las medidas propuestas para un Plan de Manejo Seguro de Aceites Dieléctricos, considerando todas las etapas de manejo de los aceites dieléctricos, para descartar la presencia de PCB.
- Se debe capacitar al personal del Departamento de Logística, para que cuando tomen la decisión de adquirir aceite dieléctrico o un transformador, deben solicitar al vendedor la información del producto; el MSDS del aceite dieléctrico en el cual se especifique que no contiene PCB.

- Se recomienda realizar pruebas de descarte de los falsos positivos, mediante el método de la Cromatografía para las muestras tomadas en la Unidad DOS.
- La implementación de las Brigadas de acción, será de manera gradual, por lo que en un inicio se capacitará al personal para integrar una sola Brigada que podrá desempeñarse siguiendo las instrucciones del Jefe de Brigada (El Inspector)
- Se recomienda realizar un Simulacro de Emergencia de Nivel II, una vez al año.
- Mientras no se sepa exactamente qué transformadores presentan PCB, se debe asumir que todos contienen potencialmente este compuesto.
- El Departamento de Mantenimiento debe contar con el AST del mantenimiento de los transformadores y el de la limpieza de cuba, ya que son tareas críticas.
- Para la disposición final de los residuos que contengan PCB se deberá efectuar una evaluación técnico económica, así como en coordinación con otras empresas en similar situación para efectuar una disposición final que puede implicar la exportación de este residuo. Dicha exportación se debe realizar en el marco del Convenio de Basilea.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

---

1. Wilmer Llagas Ch CCC. Contaminación por PCB (pcb) en equipos transformadores del subsector eléctrico en el Perú. Julio-Diciembre 2010. 2014 May 20;13(N°26):111–20.

“Inventario de la Capacidad Mundial de Destrucción de PCB” (PNUMA 1998)

“Transformadores y condensadores con PCB’s: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación” (PNUMA 2002)

“Manuel de manejo de PCB para Colombia” Proyecto CERI ACIDI Colombia 1999.

Plan Nacional de Implementación del Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes en el Perú. 2007

Procedimientos para la Gestión Racional del PCB en el Sector Minero. Proyecto FMAM PNUMA. Enero 2014.

Guía para el Manejo Ambientalmente Racional de existencias y residuos de PCB (PCB). Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB. (MINSA 2017).

Inventario y Eliminación de Existencias y Residuos con PCB. Proyecto "Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB (PCB). Lima Enero 2017

La tesis “Gestión y manejo de residuos peligrosos en la planta de recupero de una empresa eléctrica” de Ing. Cecilia Vigo, año 2005

La tesis “Manejo de residuos peligrosos - aceite usado en la EPS-RS L.F. Marte” de Ing. Jorge Luis Castro Rojas, año 2005

La tesis “Tecnología disponibles para la gestión integral de equipos y aceites con alto contenido de PCB (PBC)” de Ing César Emiliano Huerta Valverde, año 2007.

**Bibliografía internet:**

<http://www.basel.int/> Lugar virtual del convenio de Basilea

<http://www.pic.int/> Lugar virtual del Convenio de Rotterdam.

<http://www.pops.int/> Lugar virtual del Convenio de Estocolmo.

<http://synergies.pops.int/> Lugar virtual de la sinergia de los tres Convenios internacionales

<http://www.pnuma.org/> Lugar virtual para Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

<http://www.insht.es/portal/site/Insht/> Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – Gobierno de España.

<http://proyectopcb.com/> Lugar virtual para Proyecto ONUDI GF/PER/10/001, “Manejo y Disposición Ambientalmente Racional de PCB – PCB” en el Perú.