

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**



**“PLAN DE MANEJO PARA UNA DISPOSICIÓN FINAL SEGURA DEL  
ACEITE DIELECTRICO GENERADO POR LOS TRANSFORMADORES  
DE POTENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA  
AMBATO S.A.”**

**TESIS DE GRADO**  
**Previa a la obtención del Título de:**  
**Máster en Ciencias de la Ingeniería y Gestión Ambiental**

**AUTOR: EDWIN PLUTARCO DOMÍNGUEZ HIDALGO**

**AMBATO – ECUADOR**

**2009**

## **Al Consejo de Posgrado de la Universidad Técnica de Ambato**

El Comité de Defensa del Trabajo de Investigación “**PLAN DE MANEJO PARA UNA DISPOSICIÓN FINAL SEGURA DEL ACEITE DIELECTRICO GENERADO POR LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.**”, Presentada por el Señor Maestrante Edwin Plutarco Domínguez Hidalgo, y conformado por: el Ingeniero M.Sc. Francisco Pazmiño, el Ingeniero M.Sc. Fausto Garcés y el Ingeniero M.Sc. Luis Bautista; Ingeniero Ph.D. Vinicio Jaramillo, Director de Tesis y presidido por el Ingeniero M.Sc. Luis Velásquez Medina, Director del CEPOS-UTA, una vez escuchada la defensa oral y revisado el Trabajo de Investigación de Grado escrita en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas por el Tribunal de Defensa, remite el presente Trabajo de Investigación para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

---

M. Sc. Ing. Francisco Pazmiño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL (E)

---

M. Sc. Ing. Luis Velásquez  
DIRECTOR del CEPOS-UTA

---

Ph.D. Ing. Vinicio Jaramillo  
Director de Tesis

---

M. Sc. Ing. Fausto Garcés  
Miembro del Tribunal

---

Ph.D. Ing. Francisco Pazmiño  
Miembro del Tribunal

---

M.Sc. Ing. Luis Bautista  
Miembro del Tribuna

## **AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido del Trabajo de Investigación de Grado, nos corresponde exclusivamente al Ingeniero Edwin Plutarco Domínguez Hidalgo y del Ingeniero Ph.D. Vinicio Jaramillo, Director del Trabajo de Investigación de Grado; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Técnica de Ambato.

---

Ing. Edwin Plutarco Domínguez Hidalgo

**AUTOR**

---

M. Sc. Ing. Vinicio Jaramillo

**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

*A mi esposa, hijos y padres  
por su comprensión y apoyo  
incondicional.*

Ing. Edwin Domínguez Hidalgo

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Ambato, a través de su Centro de Posgrado por permitir adquirir nuevos conocimientos relacionados con el medio ambiente , el mismo que comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras.

Ing. Edwin Domínguez Hidalgo

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
<b>A. PAGINAS PRELIMINARES</b>	
Portada	
Aprobación del Tribunal de Grado	
Autoría de la Investigación	
Dedicatoria	I
Agradecimiento	II
Índice General	III
Índice de Tablas, Gráficos y Anexos	VI
Resumen Ejecutivo	VII
Abstract	VIII
<b>B. INTRODUCCIÓN</b>	<b>IX</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>EL PROBLEMA</b>	
1.1 TEMA	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 Contextualización	1
1.2.2 Análisis crítico	4
1.2.3 Prognosis	5
1.2.4 Formulación del problema	5
1.2.5 Interrogantes	6
1.2.6 Delimitación del objeto de investigación	6
1.3 JUSTIFICACIÓN	6

1.4 OBJETIVOS	7
1.4.1 General	7
1.4.2 Específicos	7

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	8
2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	9
2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	9
2.4 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	11
2.5 HIPÓTESIS	17
2.6 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES	17
2.6.1 Variable independiente	17
2.6.2 Variable dependiente	17

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN	18
3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	19
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	20
3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	22
3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	23

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	24
4.2. INTERPRETACIÓN DE DATOS	25

4.3. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	26
--------------------------------	----

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1. CONCLUSIONES	27
5.2. RECOMENDACIONES	28

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

6.1. DATOS INFORMATIVOS	30
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	33
6.3. JUSTIFICACIÓN	34
6.4. OBJETIVOS	35
6.5. FUNDAMENTACIÓN	36
6.6. DESCRIPCION DE LA PROPUESTA	37
6.7. ADMINISTRACIÓN	60
6.8. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	60
6.9. RESUMEN DE LA PROPUESTA	63

### **C. MATERIALES DE REFERENCIA**

1. BIBLIOGRAFÍA	67
2. ANEXOS	68



## ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y ANEXOS

<u>Descripción</u>	<u>Pág.</u>
Tabla N° 1. Operacionalización de la variable independiente	20
Tabla N° 2. Operacionalización de la variable dependiente	21
Tabla N° 3. Plan de recolección de información	22
Gráfico N° 1. Flujograma de proceso para la gestión de aceites dieléctricos	59
Anexo N° 1. Modelo de la entrevista	69
Anexo N° 2. Modelo ficha de observación	70
Anexo N° 3. Vita del autor	71

## RESUMEN EJECUTIVO

Los bifenilos policlorados (PCB) solucionaron parte de los problemas de la vida moderna al permitir elaborar equipos eléctricos con alto nivel de aislamiento, facilitando al hombre avances tecnológicos y ofreciéndole comodidad, no obstante figuran actualmente entre los contaminantes ambientales más difundidos a escala internacional, ya que se han dispersado a lo largo y ancho del planeta.

Los PCB están incluidos en el Convenio de Estocolmo como Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), el mismo que 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 se siguen utilizando los equipos que contienen PCB, sobre todo ciertos transformadores y condensadores eléctricos, se ha establecido una excepción que permite seguir utilizando estos equipos hasta el año 2025, dentro del marco de la política establecido en el Convenio.

El primer problema que enfrentan los países que continúan utilizando equipos que contienen aceites contaminados con PCB es como localizar e identificar estos equipos para después tomar una decisión respecto a como y cuando habrá que gestionar, clasificar y, por último, eliminar el aceite contaminado.

En el presente trabajo se recogen una serie de aspectos importantes a tener en cuenta para una gestión primaria segura de aceites que contienen PCB en países en vías de desarrollo que no poseen capacidades tecnológicas para tratamientos avanzados. Esta gestión incluye una metodología a seguir para la identificación de aceites con PCB, almacenamiento, transporte y manipulación segura de equipos contaminados con estos productos; tratamiento de derrames, medidas de prevención de riesgos laborales y aspectos a tener en cuenta en caso de accidentes.

## **ABSTRACT**

The polychlorinated biphenyls (PCB) solved part of the modern life, facilitated technological advance and man comfort, nevertheless they appear nowadays between the environmental pollutants most spread to international scale, since they have globally dispersed. The PCB are included in the Stockholm Agreement on Persistent Organic Pollutants (POP), which treats about the production, use, importation, exportation, liberation of by-products, inventory control and elimination of the first list of twelve POP.

As the equipments that contain PCB are still being used, especially certain transformers and electrical condensers, there has been established an exception that allows to continue using these equipments until the year 2025, inside the frame of the politics established in the Agreement.

The first problem countries that continue using equipments that contain oils contaminated with PCB must face, is how to locate and to identify these equipments in order to take a decision on how and when it will be necessary to manage, classify and finally eliminate the contaminated oil.

In the present research it has been gathered a series of important aspects to keep in mind for a sure primary management of oils that contain PCB in developing countries which do not possess technological capabilities for advanced treatments. This management includes a methodology to follow in order to identify oils with PCB proper storage, transport and sure manipulation of equipments contaminated with these products; correct treatment of spillages; measures of prevention on labor risks and aspects to bear in mind in case of accidents.

## INTRODUCCIÓN

La generación de aceites gastados en los procesos de producción de energía eléctrica en centrales de potencia y redes de distribución está relacionada fundamentalmente con el empleo de aceites lubricantes en equipos electromecánicos, y de aceites minerales aislantes en equipos eléctricos como son los transformadores y capacitores. El manejo de los aceites lubricantes gastados representa un problema en zonas alejadas de ciudades importantes, ya que no hay compañías locales que se dediquen especialmente a disposición final.

La producción y el empleo de PCB durante décadas, principalmente en grandes transformadores eléctricos, han provocado que sean hoy contaminantes ambientales presentes en sitios tan distantes como el Ártico y el Cabo de Hornos. Ante la evidencia de la toxicidad y persistencia en el ambiente de estos contaminantes, los países industrializados prohibieron su producción y colocaron restricciones a su uso.

A pesar de que no se conocen fuentes de PCB en la naturaleza (ATSDR, 1995), hoy puede encontrárselos en el aire, agua, suelo, sedimentos de lagos, ríos, arroyos, mar, peces, aves y otros animales; y en los cuerpos de los seres humanos.

Tradicionalmente las investigaciones se han orientado a determinar la carcinogenicidad de los PCB; sin embargo, se sabe que la exposición a ellos provoca un amplio espectro de problemas en la salud. Las exposiciones agudas a niveles altos de PCB han sido asociadas a problemas de picazón y pigmentación de la piel, irritación de ojos, alteraciones en la función hepática y en el sistema inmunológico, irritación del tracto respiratorio, dolores de cabeza, mareos, depresión, pérdida de la memoria, fatiga e impotencia (PNUMA, 1999).

Los PCB han sido empleados durante décadas principalmente como fluidos dieléctricos en transformadores y condensadores, así también en máquinas

hidráulicas y como aditivos de algunas tintas. Otros usos de los PCB incluyen la formulación de aceites lubricantes; como plastificantes en pinturas, adhesivos y selladores; como retardadores de llama y en plásticos.

El objeto de este trabajo de investigación es el de orientar adecuadamente a las personas que están relacionadas con este producto a que sigan un plan de manejo, para llegar a una disposición final segura en la que no se vean afectados dos factores importantísimos como son el medio ambiente y la salud de las personas.

## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 TEMA**

Plan de manejo para una disposición final segura del aceite dieléctrico generado por los transformadores de potencia y distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

#### **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

##### **1.2.1 Contextualización**

###### **Macro**

Debido a los cambios en la calidad ambiental alrededor del mundo, ha surgido la preocupación en diferentes países sobre que hacer en materia ambiental para su preservación. Para ello, han elaborado leyes y normativas que establecen controles sobre diferentes aspectos ambientales tales como las descargas industriales sobre los cuerpos de agua, emanaciones de gases a la atmósfera y una de las más conflictivas y difíciles de resolver como es el uso, manejo y disposición final de sustancias tóxicas y peligrosas.

Una de las sustancias más utilizadas en equipos eléctricos, son los aceites dieléctricos (PCB) o conocidos comúnmente con el nombre genérico de askarel.

En el marco internacional hasta 1929, el aceite mineral había sido usado exclusivamente en equipos eléctricos.

A partir de la década de los años 30, en los Estados Unidos se establece una reglamentación pública sobre instalaciones eléctricas, la cual exige que los equipos eléctricos con aislamiento en líquido, tales como sub-estaciones en edificios, sub-estaciones internas en plantas industriales y otras, instalados en locales donde existía el riesgo de incendio y explosión debían ser minimizados, y utilizar como medio aislante un fluido que no fuese inflamable y no fuese propagador del fuego.

A partir de entonces, diversos fabricantes de equipos eléctricos de diferentes países, se abocaron a desarrollar fórmulas de líquidos aislantes no inflamables basados en compuestos organoclorados conocidos como P: C: B. (Policlorados Bifenilos) diluidos con triclorobenceno, para obtener la viscosidad deseada.

Estos compuestos fueron utilizados ampliamente en el sector eléctrico a nivel mundial, debido a que presentaban características eléctricas satisfactorias y aunque con denominaciones comerciales diferentes, fueron conocidos comúnmente como askareles.

En 1968, sale a la luz pública las consecuencias del askarel para la salud, cuando en el Japón, más de 1000 personas se enfermaron al estar expuestas al aceite contaminado con askarel, a raíz de un accidente en una fábrica donde el sistema de refrigeración se perforó pasando el askarel al aceite de arroz.

Los estudios realizados sobre estas personas aportaron la ocurrencia de una serie de síntomas patológicos que pasaron a denominarlos como la enfermedad de yusho, incluyendo cloroacné, bronquitis crónica, edema, náuseas, vómitos, etc.

Para los años 70, la agencia de protección ambiental (Environmental Protection

Agency, EPA) de los Estados Unidos, estaba trabajando sobre los estudios relativos a la contaminación con askareles. Sin embargo, hasta finales de esa década fueron largamente utilizados y difundidos en equipos eléctricos en muchos países del mundo, donde poco a poco fueron teniendo prohibición de uso, debido a sus propiedades adversas desde el punto de vista ecológico y toxicológico.

### **Meso**

La cantidad total de aceites contaminantes existentes en el Ecuador es incierta, ya que la mayoría de empresas distribuidoras no tienen identificados los datos de las placas de los transformadores tanto de distribución como de subestaciones, es decir no se dispone de una base de datos en las que se indique básicamente el año de fabricación, marca, cantidad de aceite, país de origen, etc.

Hasta la actualidad las empresas eléctricas no tienen unidades de gestión en el área de residuos peligrosos. De acuerdo a datos del Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) existen cerca de 150.000 transformadores de distribución y potencia colocados en postes y cámaras en todo el país. Los transformadores antiguos (1950 – 1970) tienen más probabilidad de contener PCB, además esta cantidad puede variar dependiendo de la marca y potencia de los transformadores.

De acuerdo a la misma fuente, considerando un escenario conservador, se puede anotar que aproximadamente un 5% del total del aceite podría estar contaminado. Se requerirá de un gran proceso de identificación en todo el Ecuador para evaluar y tener una cantidad más exacta.

### **Micro**

La Empresa Eléctrica Ambato no cuenta con una unidad de gestión para el tratamiento de los aceites dieléctricos envejecidos que provienen de los



transformadores de distribución y potencia, y también hay un desconocimiento de la legislación vigente en este tema.

La Empresa Eléctrica Ambato no dispone de una base de datos que identifique cuales son los transformadores de distribución y potencia que contienen PCB, que permita un manejo de la información.

En la provincia de Tungurahua no existe un plan de manejo integral de PCB que culminen con una disposición final de estos desechos conforme solicita el Convenio de Basilea, por tanto es indispensable elaborar un plan de manejo de los aceites dieléctricos envejecidos que provienen de dichos equipos.

### **1.2.2 Análisis crítico**

La mayor parte de los efectos conocidos de los PCB en la salud humana, se relacionan con altos niveles de exposición, tales como los ocupacionales o exposiciones accidentales con ingesta de estas sustancias. Los efectos adversos a la salud incluyen formas severas de acné (cloracné), hiperpigmentación de uñas y piel, debilidad, espasmos musculares, bronquitis crónica y una variedad de efectos neurológicos subjetivos. Es importante destacar que estos efectos se han producido por exposiciones a niveles muchos mayores que los que pueden encontrarse en el ambiente.

La exposición a nivel laboral en países desarrollados hoy en día es mínima, dado la existencia de normativas específicas de control y restricción en el uso de estas sustancias. No obstante, los trabajadores involucrados en la manipulación por mantenimiento, almacenamiento, transporte y disposición de los PCB, deben ser capacitados en medidas de seguridad y usar adecuada ropa de protección personal.

Diversos estudios han identificado niveles de PCB en casi todos los elementos del ambiente, en todo el mundo. Esto se debe, principalmente, a prácticas incorrectas

de disposición final y emisiones accidentales que tuvieron lugar entre 1930 y la década de 1970, y su consecuente transporte a larga distancia por corrientes aéreas globales.

Una vez liberado al ambiente el PCB es extremadamente persistente, no se degrada fácilmente y tiende a perdurar por muchos años. Por otra parte los PCB, por su propiedad de asimilarse a los lípidos ("lipofilicidad") y su baja degradabilidad, tienen tendencia a bioconcentrarse a medida que avanzan en la cadena alimentaria; por esta razón generalmente se acumulan en los tejidos grasos de animales y humanos, permaneciendo en ellos con los consecuentes efectos toxicológicos.

Aunque su elaboración está prohibida en casi todo el mundo, todavía quedan cantidades significativas en cierto tipo de equipos eléctricos. Asimismo, como los requerimientos de tratamiento final de estas sustancias son muy estrictos, muchos países carecen de la tecnología adecuada, y deben recurrir a la exportación a países que cuenten con la tecnología de tratamiento o destrucción y no tengan prohibición para su ingreso. Dichos movimientos transfronterizos se regulan por las disposiciones del Convenio de Basilea, al que nuestro país es adherido.

### **1.2.3 Prognosis**

Si no disponemos de un plan de gestión para el manejo de aceites dieléctricos y una adecuada disposición final, seguiremos poniendo en peligro la salud de las personas y la contaminación de los ecosistemas.

### **1.2.4 Formulación del problema**

¿Qué plan de manejo es el más adecuado para una disposición final segura del aceite dieléctrico usado que proviene de los transformadores de potencia y distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.?

### **1.2.5 Interrogantes**

- ¿Qué consecuencias traen los PCB a la salud humana?
- ¿Por qué es imprescindible realizar una disposición final segura de los aceites dieléctricos?
- ¿Cuántos transformadores de distribución y potencia existen en el sistema de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.?
- ¿Qué se debe hacer para evitar que el personal encargado del manejo final de los PCB no estén expuestos a peligros?

### **1.2.6. Delimitación del objeto de investigación**

La presente investigación se llevará a cabo en el Sistema de la Empresa Eléctrica Ambato S.A, que comprende la Provincia de Tungurahua y parte de las Provincias de Pastaza, Napo y Morona Santiago, durante el período comprendido entre julio – octubre de 2008.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Uno de los aspectos que día a día va tomando mayor interés no solo a nivel mundial sino también nacional es aquella relacionada con la búsqueda de mecanismos que mitiguen la contaminación ambiental, ya que la sociedad necesita para su subsistencia y proyección la utilización de recursos naturales, obligando a que la relación hombre – naturaleza se constituya en el centro de atención de cualquier política de desarrollo.

Esta relación debe ser armónica, en donde al hombre le corresponda establecer reglas y condiciones, pues es quien posee el poder de decisión para implementarlas y cumplirlas estrictamente.

Los PCB al formar parte de los doce contaminantes orgánicos persistentes merece

que sepamos cómo manejarlos y cómo disponerlos finalmente.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 General**

Implementar un plan de manejo de transformadores de potencia y distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A., para la disposición final del aceite dieléctrico que proviene de ellos.

### **1.4.2 Específicos**

- Conocer el número de transformadores existentes en operación y dañados.
- Implementar un plan para el manejo y disposición final del aceite dieléctrico que proviene de los transformadores reparados o dañados.
- Concientizar a los involucrados en el manejo de este producto acerca de los peligros que implica y contribuir a la reducción de problemas de contaminación del ambiente y afecciones en la salud.
- Contribuir hacia la eliminación segura de PCB.
- Cumplir con las normas y reglamentos nacionales e internacionales.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

En el Instituto Nacional de Ecología de México existe una investigación referente al manejo de solventes y aceites gastados en las centrales de potencia de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) en el que se identifica los equipos mecánicos y eléctricos que usan aceites lubricantes y aislantes respectivamente y proporciona criterios para dimensionar el volumen de desechos generados en ambos tipos de aceite. Describe las normas de reposición de aceites lubricantes e informa sobre el procedimiento de almacenamiento y enajenación. En lo relativo a los aceites aislantes, establece el criterio de vida útil y relata la política de la empresa de regenerarlos mediante procesos de filtración, decantación y filtración. Finalmente, opina sobre el uso de aceite lubricante como combustible complementario al combustóleo o en hornos de cemento.

El Ing. Jorge E. Da Silva C. de la Comisión de la Electricidad de Caracas realizó un estudio sobre el manejo, transporte y disposición final de los PCB trabajo cuyo propósito primordial es presentar la experiencia de una empresa eléctrica Latinoamericana, con valores ambientalistas en sus procesos, como es el caso de la Electricidad de Caracas en Venezuela, que inició desde el año de 1990 todo un trabajo de identificación, manejo, transporte, almacenamiento temporal y disposición final de todos sus transformadores y condensadores con PCB, comprobándose de esta forma que si es posible el desarrollo de un proceso tan importante dentro del sector eléctrico, como lo es la desincorporación y destrucción de estos equipos de manera adecuada, con el fin de minimizar la exposición del medio ambiente y el hombre a las emisiones del PCB.

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA**

La gestión de estos compuestos orgánicos, tóxicos y persistentes por su importancia medioambiental y de salud en el trabajo, está perfectamente reglamentada y regulada por organismos internacionales y leyes propias de cada país.

El primer problema que enfrentamos es como localizar e identificar los equipos que contienen aceite contaminado con PCB para después tomar una decisión con respecto a cómo y cuándo habrá que gestionar, reciclar, clasificar y por último cómo eliminar el aceite contaminado.

En el presente trabajo se recogen una serie de aspectos importantes a tener en cuenta para una gestión primaria ya que países subdesarrollados como el nuestro no poseen capacidades tecnológicas para tratamientos avanzados, por lo tanto describiremos una metodología a seguir para la identificación de aceites PCB, almacenamiento, transporte y manipulación segura, tratamiento de derrames, medidas de prevención de riesgos laborales y aspectos a considerar en caso de accidentes.

## **2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL**

En el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, Decreto Ejecutivo, 3399 publicado en el Registro Oficial #725 del 16 de diciembre de 2002, en el Libro VI Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, se extraen los siguientes datos:

Límites Máximos Permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional:

PCB 0.0005 microgramos/litro

Criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y de la fauna en aguas dulces, frías, o cálidas, y en aguas marinas y de estuario:

PCB agua fría dulce 0.001 miligramos /litro

Agua cálida dulce 0.001 miligramos /litro

Agua marina y estuario 0.001 miligramos /litro.

Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de aguas:

PCB (total) Agua marina 0.03 microgramos /litro

Agua dulce 0.01 microgramos /litro

Del Libro VI, Anexo 2, Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo, se tiene:

PCB 0.1 miligramos /kilogramo

En Libro VI, Anexo 2: Criterios de remediación o restauración (Valores Máximos Permitidos), referente al uso del suelo:

PCB Agrícola 0.5 miligramos /kilo

Residencial 1.3

Comercial 33

Industrial 33

En el LIBRO VI, Anexo 7, Listados Nacionales de productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringidos que se utilicen en el Ecuador:

Se cita explícitamente:

"Art. 2 Prohibir la importación, formulación, fabricación, uso y disposición final en el territorio nacional de las sustancias que se detallan en el siguiente cuadro, por ocasionar contaminación ambiental y tener efectos altamente tóxicos contra la salud humana" :

Bifenilos policlorados (PCB) excepto los monoclorobifenilos y los diclorobifenilos.

De la información revisada en la legislación ecuatoriana, no se ha encontrado una norma o estándar para concentraciones de PCB en aceite dieléctrico en transformadores. Para este caso se coloca como referencia la norma de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos, comúnmente conocida como EPA por sus siglas en inglés, algunas veces USEPA.

## **2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES**

### **Definición de PCB**

La sigla PCB deriva del término en inglés “PolyChlorinated Biphenyls” que significa Bifenilos Policlorados (ó Difenilos Policlorados, con la sigla DPC). Se la usa en forma genérica la sigla en inglés - en casi todos los idiomas - no sólo para los bifenilos sino también para otros compuestos halogenados aromáticos relacionados con ellos, como por ejemplo los terfenilos policlorados, difenilos policlorados, etc.

Los PCB son una clase de compuestos químicos orgánicos clorados (organoclorados) de muy alta estabilidad, no corrosivos y muy baja inflamabilidad, que se comenzaron a elaborar por primera vez en 1929 a escala comercial.

Debido a estas características, fueron ampliamente usados durante décadas en un amplio rango de aplicaciones industriales, tales como aceites de corte, selladores, tintas, papel carbónico, aditivos para pinturas, y en particular, refrigerantes y lubricantes en equipos eléctricos cerrados, tales como transformadores y capacitores.

A partir de 1970 comenzó a ser preocupante el impacto de los PCB en el ambiente, fundamentalmente por su persistencia. Esto condujo a decidir un



cambio de tecnología y el reemplazo de este tipo de sustancias, a tal punto que ya en 1977 Estados Unidos de América (uno de los mayores productores) prohibió su elaboración, importación y muchas aplicaciones no eléctricas de PCB.

También en dicho país se comenzó a regular estrictamente su uso, manipulación, almacenamiento y disposición final para las aplicaciones eléctricas. Similar actitud fue adoptada por otros países fabricantes de estas sustancias, tales como Alemania, Japón, Inglaterra, Canadá, por mencionar algunos.

Son de aspecto líquido aceitoso o sólido incoloro o amarillo claro. No tienen olor ni sabor. En las mezclas comerciales puede percibirse un olor que se debe a otras sustancias cloradas más volátiles que pueden acompañar la mezcla. No existen PCB naturales. Todas las mezclas son producto de síntesis química llevada a cabo por el hombre.

### **Composición química**

Son mezclas de hasta 209 compuestos clorados individuales (conocidos como congéneres). Hay distintas posiciones que pueden adoptar los átomos de cloro sobre la molécula constituida por anillos bencénicos, identificadas con números. Otra forma de identificar dichas posiciones, relativas al enlace entre los dos anillos es mediante los términos "orto", "para" y "meta".

### **Cómo han llegado los PCB a contaminar el ambiente**

Se ha llegado a contaminar aire, agua y suelo durante su fabricación, uso y disposición; a causa de derrames accidentales y pérdidas durante su transporte; y por fugas o incendios de equipos o productos que los contenían. Aún hoy en día, pueden ser emitidos al ambiente desde sitios de disposición de residuos peligrosos; por disposición impropia o ilegal de residuos industriales y urbanos; por pérdidas de transformadores eléctricos viejos conteniendo PCB; y

durante la combustión de algunos residuos en incineradores.

Como su decaimiento en el ambiente es lento, pueden permanecer en él por largo tiempo. Los PCB pueden viajar largas distancias en el aire en forma de pequeñas partículas, producto en ocasiones de su quemado, y depositarse muy lejos de su lugar de generación. Sólo una muy baja proporción se disuelve en agua, quedando la mayor parte adsorbida a partículas orgánicas en suspensión y en el sedimento del fondo. En el suelo, quedan fuertemente ligados a la materia orgánica.

En el agua los PCB son ingeridos por pequeños organismos y peces, que a la vez constituyen alimento para otros animales. Se acumulan en los tejidos grasos de peces y animales marinos, alcanzando niveles miles de veces mayores de los existentes en el agua, pudiendo llegar a través de la cadena alimentaria al hombre. Diversos relevamientos han identificados niveles de PCB en casi todos los elementos del ambiente, en todo el mundo. Esto se debe, principalmente, a prácticas incorrectas de disposición final y emisiones accidentales que tuvieron lugar entre 1930 y la década de 1970, y su consecuente transporte a larga distancia por corrientes aéreas globales.

Una vez liberado al ambiente el PCB es extremadamente persistente, no se degrada fácilmente y tiende a perdurar por muchos años. Por otra parte los PCB, por su propiedad de asimilarse a los lípidos ("lipofilidad") y su baja degradabilidad, tienen tendencia a bioconcentrarse a medida que avanzan en la cadena alimentaria; por esta razón generalmente se acumulan en los tejidos grasos de animales y humanos, permaneciendo en ellos con los consecuentes efectos toxicológicos.

Aunque su elaboración está prohibida en casi todo el mundo, todavía quedan cantidades significativas en cierto tipo de equipos eléctricos. Asimismo, como los requerimientos de tratamiento final de estas sustancias son muy estrictos, muchos países carecen de la tecnología adecuada, y deben recurrir a la exportación a

países que cuenten con la tecnología de tratamiento o destrucción y no tengan prohibición para su ingreso. Dichos movimientos transfronterizos se regulan por las disposiciones del Convenio de Basilea, al que nuestro país es adherido.

Esto encarece la disposición y conlleva a prolongar los períodos de almacenamiento transitorio de los residuos, tanto líquidos como sólidos contaminados, prolongando el potencial riesgo a una liberación accidental al ambiente y exigiendo un estricto y permanente control de los lugares de almacenamiento.

### **Riesgos para el ser humano**

Según estudios realizados en países como Canadá, toda la población podría estar expuesta fundamentalmente a través de alimentos, y en menor proporción a través de aire y agua a pequeñas cantidades de PCB. Como resultado de esto, toda la población podría tener niveles detectables de PCB en tejidos grasos y sangre. Estos niveles no necesariamente implican efectos adversos para la salud. En base a estos estudios, Canadá ha estimado una ingesta diaria de PCB procedente de diversas fuentes, de un microgramo por día para el habitante Canadiense en promedio. En esta estimación debe tenerse en cuenta la distribución histórica del PCB en los países desarrollados y la ubicación geográfica del país mencionado, habida cuenta la mayor incidencia de la contaminación en países del hemisferio norte, por distribución global de estos compuestos orgánicos persistentes.

Por otro lado, liberaciones no intencionales tales como incendios no controlados que involucren PCB, u otra forma de emisión accidental al ambiente, constituyen un riesgo adicional de exposición. Cuando los PCB, son sujetos a destrucción térmica no controlada, 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, puede depositarse en distintas superficies incluyendo suelo y agua con potencial exposición humana.

La exposición a nivel laboral hoy en día es mínima, dado la existencia de normativa específica de control y restricción en el uso de estas sustancias. No obstante, los trabajadores involucrados en la manipulación por mantenimiento, almacenamiento, transporte y disposición de los PCB, deben ser capacitados en medidas de seguridad y usar adecuada ropa de protección personal. En Argentina, la normativa específica de seguridad laboral que se aplica para dichas operaciones, está contenida en la Resolución MT y SS N°369/91.

### **Efectos en la salud de la población**

Los animales de laboratorio alimentados con altas cantidades de PCB durante períodos breves, manifestaron daños hepáticos de distinta gravedad alcanzado incluso la muerte. En tanto los que fueron alimentados con dosis bajas por varias semanas, manifestaron anemia, efectos dérmicos tipo acné, daños en hígado, estómago y tiroides. Algunos incluso sufrieron alteraciones en el sistema inmunológico, alteraciones en la conducta y en la función reproductiva. Monitoreos realizados en trabajadores expuestos a los PCB arrojaron alteraciones en sangre y orina que podrían predecir daño hepático. No obstante ello, los estudios sobre población expuesta en general no presentaron evidencia de efectos dérmicos o hepáticos.

Los estudios científicos han coincidido que, por lo general, las exposiciones cortas a niveles bajos de PCB no tienen impacto significativo en la salud. Sí en cambio se especula sobre la posibilidad de efectos adversos asociados a exposiciones prolongadas a niveles bajos. Algunos estudios preliminares habrían indicado una posible asociación entre tal tipo de exposición y efectos físicos y neurovegetativos en recién nacidos e infantes. No obstante, se requieren estudios más avanzados

para establecer fehacientemente la relación mencionada y la extensión de la misma, así como descartar efectos de exposición simultánea a otros contaminantes.

### **El cáncer y los PCB?**

La Agencia Internacional de investigación de Cáncer (IARC, International Agency for Research on Cancer), ha llegado a la conclusión de que existe una probable relación entre exposiciones prolongadas a altos niveles de **PCB** en ambientes laborales y un aumento de la incidencia de cáncer, particularmente de hígado y riñón. Esta conclusión se basa en estudios de humanos expuestos a PCB contaminados con dibenzofuranos policlorados, que jugarían un rol importante en el desarrollo del cáncer.

La mencionada Agencia Internacional para Investigación del Cáncer (IARC) considera al PCB como probable carcinógeno en humanos (ASTDR 1997; IARC 1987). Muchos de los datos de exposición de humanos provienen de incidentes de contaminación de aceite comestible con PCB y de exposiciones a PCB en trabajadores durante la fabricación PCB y mantenimiento de equipos que los contienen.

### **Problemas en la salud de los niños**

Las mujeres que estuvieron expuestas a niveles relativamente altos de PCB en los lugares de trabajo o que ingirieron grandes cantidades de pescado contaminado con PCB tuvieron bebés con peso ligeramente inferior que los de mujeres no expuestas. Los bebés nacidos de mujeres con ingesta de pescado contaminado con PCB presentaron respuesta anormal en ensayos de conducta infantil. Estas anomalías consistieron en problemas de destreza motriz y disminución de la memoria a corto plazo que se mantuvieron por varios años.

Estudios adicionales demostraron que habría alteración en el sistema inmunológico de chicos nacidos y amamantados por mujeres expuestas a altos niveles de PCB. No hay evidencia de efectos de nacimiento o de salud en niños mayores. La forma más probable de contaminación en infantes es mediante la leche materna, y por transferencia. No obstante ello se considera que los beneficios de la alimentación con leche materna justifican el riesgo de la exposición a PCB por esta vía.

## **2.5. HIPÓTESIS**

Con un adecuado plan de manejo para una disposición final segura del aceite dieléctrico sacado de los transformadores de potencia y distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. se conseguirá disminuir la contaminación ambiental y disminuir problemas en la salud de la población.

## **2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES**

### **2.6.1. Variable independiente**

Plan de manejo del aceite dieléctrico generado por los transformadores de potencia y distribución.

### **2.6.2. Variable dependiente**

Disminución de la contaminación ambiental y de problemas en la salud de la población.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN**

La modalidad básica de investigación es la de campo, debido a que es ponerse en contacto directo con el fenómeno, hecho o lugar que es motivo de la investigación.

Se considera también la investigación bibliográfica la misma que se caracteriza por utilizar material de información escrito, gráfico y audio – visual, internet, etc., que, en síntesis es la bibliografía.

#### **3.2 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El nivel de investigación a utilizarse en este proyecto inicialmente es el descriptivo, debido a que es una investigación preparatoria o preliminar del fenómeno o hecho que se pretende investigar. Utiliza como método la observación y según la intensidad con la que se aplique, determinará el nivel o profundidad de la investigación, por tanto, esta investigación cumplirá su objetivo solamente hasta describir, y no más, las características del fenómeno estudiado.

Posteriormente se utilizará un nivel de Investigación Analítico Sintético, el cual analiza un objeto y se lo realiza a partir de la relación que existe entre los elementos que conforman dicho objeto como un todo, y a la vez, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

### 3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

De acuerdo a datos obtenidos luego de una entrevista al personal del área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato, indican que actualmente tienen aproximadamente 10.000,00 transformadores instalados en su sistema eléctrico. Estos transformadores son de distintas potencias y de acuerdo a esta la cantidad de aceite que contienen es directamente proporcional, es decir a mayor potencia, mayor cantidad de aceite. Si realizamos una media de la cantidad de aceite, se establece un promedio de 15 galones de aceite por transformador. Esto significa que se tiene un total de 150.000 galones de aceite dieléctrico.

De esta manera se establece que la población es finita, por tanto aplicamos la siguiente fórmula para determinar el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{Z^2 PQ + Ne^2}$$

n = tamaño de la muestra

Z = Nivel de confiabilidad 95% ,  $0.95 / 2 = 0.475 \Rightarrow Z = 1.96$

P = Probabilidad de ocurrencia = 0.5

Q = Probabilidad de no ocurrencia =  $1 - 0.5 = 0.5$

N = Población

e = Error de muestreo = 0.05%

$$n = \frac{1.96^2 (0.5)(0.5)(50000)}{1.96^2 (0.5)(0.5) + 150000(0.05)^2}$$

n = 383 galones.

Se verificará consecuentemente 383 galones de aceite dieléctrico en su



disposición final.

### 3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE: Plan de manejo para una disposición del aceite dieléctrico.

Conceptualización	Dimensión	Indicadores escala de valores	Ítems básicos	Técnicas e Instrumentos
Almacenamiento, Transporte, Tratamiento, Recolección Externa, disposición final del aceite dieléctrico generado por los transformadores	Incineración	100 Excelente 50 Medio 0 Bajo	¿En qué rango se realiza el Plan de Manejo para una disposición final adecuada?	Entrevista al personal técnico de la Empresa Eléctrica Ambato (Línea base)
	Botadero municipal	100 Excelente 50 Medio 0 Bajo	¿Cómo se está llevando a cabo la disposición final de los aceites dieléctricos?	
	Celdas especiales	100 Excelente 50 Medio 0 Bajo	¿Conoce si existen problemas de salud por la disposición del aceite dieléctrico?	

VARIABLE DEPENDIENTE: Disminución de la contaminación ambiental y problemas en la salud de la población.

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Identificación de los aspectos medioambientales asociados al proceso de disposición final de los aceites dieléctricos	Puesta en marcha del Plan de Manejo Ambiental	Afecciones a la salud  Mejora del medioambiente  Mejora de la salud de los pobladores	¿Cuál cree usted que es el principal problema para la salud en la disposición de los aceites dieléctricos?  ¿Qué tratamiento cree que se debería dar al aceite dieléctrico para evitar problemas de salud y medioambientales?  ¿Considera importante que exista un tratamiento seguro para el aceite dieléctrico?	Entrevista al personal técnico de la Empresa Eléctrica Ambato

### 3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La investigación del presente proyecto, se inicia con la revisión bibliográfica, en lo que se refiere al tema en estudio. Posteriormente se hace necesario la consulta a un experto para tener un lineamiento guía para realizar la investigación.

Seguidamente a través de una entrevista al personal del Área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato S. A, se recaba información relacionada con todo el proceso en el manejo de los aceites dieléctricos, es decir su recolección, transporte y disposición final en un lapso comprendido desde hace aproximadamente 10 años.

A continuación y de acuerdo al lugar indicado por los técnicos de la Empresa Eléctrica, se realiza una visita directa al lugar o lugares donde actualmente se depositan los aceites sin ningún tratamiento previo.

Con toda la información recopilada sobre los aspectos relacionados, es decir establecida la línea base o diagnóstico actual, se realizará el Plan de Manejo Ambiental, que considerará fundamentalmente aspectos relacionados con la disposición final de los aceites dieléctricos

La entrevista, tendrá las siguientes directrices:

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para que?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Para obtener información</li></ul>
¿A quien va dirigido?	<ul style="list-style-type: none"><li>• A los técnicos del área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato</li></ul>
¿Sobre que aspectos?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sobre la disposición final de los aceites dieléctricos de los</li></ul>

	transformadores
¿Quién lo realiza?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El investigador</li> </ul>
¿Periodo de recolección de la información?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el mes de julio, agosto y septiembre de 2008.</li> </ul>
Técnica Utilizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrevista</li> </ul>

### **3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Con la información recopilada de la entrevista y con la visita realizada a los lugares de la disposición final de los aceites dieléctricos que utilizan los transformadores de distribución y potencia, se procede a la evaluación de resultados.

## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

Según la encuesta realizada al personal que labora en el área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato S.A., se obtiene la siguiente información:

En la Empresa Eléctrica Ambato SA, no se conoce con certeza si existirán todavía unidades con algún contenido de PCB, los cuales venían en transformadores hasta el año 1970. Los actuales transformadores utilizan aceite mineral, según lo manifestado.

La Empresa Eléctrica Ambato SA, cuenta con un laboratorio donde por medio de equipos especializados miden características técnicas del aceite dieléctrico que contienen los transformadores, donde se llega a determinar principalmente el valor de rigidez dieléctrica que posee, y de acuerdo a ello realizar el proceso de tratamiento para regenerar el aceite y posteriormente rehabilitar el transformador para ser usado nuevamente, o caso contrario para rechazarlo.

El purificador de aceite tiene una capacidad de 500 lt/hora y el proceso de regeneración dura aproximadamente dos horas, ya que se realizan varios ciclos. La regeneración es solamente para recuperar la rigidez dieléctrica o nivel de aislamiento, y con este equipo no se identifica el contenido de PCB.

Los aceites dieléctricos cuyas características técnicas dieron no recuperables, se almacenan en tambores metálicos de 55 galones para su posterior traslado a la subestación Huachi.

Los transformadores que se han quedado sin aceite son sometidos a otras pruebas eléctricas como relación de espiras, aislamiento entre bobinados, y dependiendo de los resultados son habilitados nuevamente con aceite nuevo, caso contrario son vendidos como chatarra.

En la Subestación Huachi existen unos 30 tambores de 55 galones cada uno, los cuales se han venido acumulando a partir del año 2004. Cada año se venden alrededor de 30 a 40 transformadores chatarra, de los cuales se sacan aproximadamente 8 tambores de aceite envejecido de 55 galones c/u.

#### **4.2 INTERPRETACIÓN DE DATOS**

De acuerdo a la visita hecha a la subestación Huachi y confirmando la información obtenida de la encuesta al personal técnico del área de transformadores, se observa que el transporte del aceite en primer lugar no cumple con las normas y especificaciones del manejo y transporte de los desechos peligrosos, y el lugar donde se almacenan los tambores con el aceite dieléctrico, se encuentra a la intemperie, sin ninguna protección y expuestos en cualquier momento al derrame.

Para el análisis de los aceites dieléctricos no se considera aspectos como:

- Análisis global, es decir observar que gases se detectan sin tener en cuenta las concentraciones de los mismos, para mediante una tabla indicar los gases generados y significación de los mismos.
- Una vez observados los gases se analizarán las concentraciones de los mismos y se indicarán valores normales de concentración. Si se superan esos

valores, nos revelaría alarma y la primera medida es la de incrementar la frecuencia de los análisis.

- Otro punto a tomar en cuenta es la relación de las concentraciones de los distintos gases entre ellos.

### **4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS**

De acuerdo a la investigación de campo realizada se puede concluir que la hipótesis es verificada porque con un adecuado plan de manejo para una disposición final segura del aceite dieléctrico de los transformadores de potencia y distribución de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. se conseguirá disminuir la contaminación ambiental y los problemas en la salud de la población.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- En el mantenimiento de los aceites no se está incluyendo en detalle el análisis del aceite, mediante diferentes pruebas que permitan conocer el estado funcional del mismo, que evite fallas inesperadas de los transformadores, con las consiguientes consecuencias económicas y de calidad en el servicio del suministro eléctrico.
- La toma de muestras para el análisis del aceite aislante no se está realizando de forma segura y cuidadosa, para conseguir resultados reales.
- No basta con retirar los equipos contaminados con PCB. También será necesario asegurar su tratamiento o disposición final en condiciones absolutamente controladas.
- No se está tomando en cuenta que el riesgo mayor de los PCB es la absorción cutánea, se debe tener especial cuidado al elegir la vestimenta de protección: overoles, botas o cubre zapatos, guantes y protecciones oculares.



## 5.2. RECOMENDACIONES

En el Laboratorio de la Empresa Eléctrica Ambato S.A. para realizar el análisis del aceite dieléctrico para su reutilización, se deberá considerar por lo menos las siguientes pruebas básicas:

- Análisis de la placa de identificación del transformador para identificar el año de fabricación y su posible contenido de PCB.
- Test de Rigidez Dieléctrica
- Comprobador de Rigidez Dieléctrica
- Turbiedad / Color

También se deberán aplicar los siguientes procedimientos:

- El Transporte y manejo desde el Laboratorio hasta el sitio de almacenamiento deberá ser de acuerdo a las Leyes y Reglamentos de los Residuos peligrosos, según el Ministerio de Medio Ambiente.
- Después de tener identificada y cuantificada la cantidad de aceite y equipos que están contaminados con PCB es necesario definir como se va a proceder, si la respuesta es un confinamiento temporal hay que tener en cuenta algunos elementos importantes para un almacenamiento seguro y saber que debemos hacer en caso de un accidente con este tipo de sustancias.
- El lugar donde dispongan los aceites dieléctricos envejecidos, deberá contar con todas las obras de infraestructura para que no exista contaminación ambiental y bajo vigilancia de personal especializado.
- Los PCB pueden penetrar casi todos los materiales, pero existen algunos, como el caucho natural, que son particularmente permeables a los PCB y, por tanto, no sirven como equipo de protección. Son más adecuados los cauchos o elastómeros fluorados a prueba de productos químicos, por esta

razón se recomienda utilizar materiales laminados que son los que ofrecen la mejor protección contra los PCB.

## **CAPITULO VI**

### **PROPUESTA**

#### **6.1 DATOS INFORMATIVOS**

La mayoría de los transformadores y condensadores utilizan un fluido dieléctrico a base de bifenilos policlorados (PCB). Estos productos poseen las propiedades necesarias para su uso en equipos eléctricos, como la piroresistencia, pero presentan algunas desventajas importantes. Estas desventajas tienen que ver con la naturaleza tóxica de los PCB y el hecho de que pueden contaminarse con dibenzofuranos o transformarse en ellos.

Durante muchos años se han detectado efectos biológicos adversos que ahora están perfectamente definidos. Desgraciadamente, durante cuarenta años se han utilizado PCB en transformadores y condensadores de forma irrestricta, y ahora es preciso proponer soluciones prácticas para eliminar los PCB donde sea que se encuentren.

Los PCB, así como algunos plaguicidas como el DDT, y las dioxinas y furanos, subproductos de la incineración industrial, están incluidos en el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). El Convenio trata de la producción, uso, importación, exportación, liberación de subproductos, gestión de existencias y eliminación de una primera lista de doce COP.

Según lo estipulado en el Convenio, las partes prohibirán y/o adoptarán las medidas jurídicas y administrativas necesarias para eliminar la producción y uso de PCB. Como aún son necesarios los equipos que contienen PCB, sobre todo

ciertos transformadores y condensadores eléctricos, se ha establecido una excepción que permite seguir utilizando estos equipos hasta el año 2025.

El primer problema que enfrentan los países que siguen utilizando transformadores y condensadores con PBC es cómo localizar e identificar este equipo. Luego se tendrá que tomar una decisión respecto a cómo y cuando habrá que gestionar, reclasificar y, por último, eliminar el equipo contaminado.

Cuando existe un derrame de PCB estos pueden migrar al suelo, al agua subterránea y al aire y pueden abarcar grandes instancias, contaminando tanto al ambiente local, como el global. Los pescados animales y cultivos en áreas contaminadas con PCB pueden no ser aptos para el consumo.

La bioacumulación de PCB ocurre cuando entran al cuerpo humano o animal a través del aire, los alimentos y la piel. Puesto que los PCB son resistentes a la descomposición, estos se almacenan y se concentran en el cuerpo.

La bioampliación de PCB ocurre cuando las especies contaminadas ubicadas en los niveles bajos de la cadena alimenticia (por ejemplo los peces) son consumidas por animales más altos en la cadena alimenticia (incluyendo a los humanos) y las concentraciones de PCB que se producen en estos animales ubicados en un nivel más alto serán mucho más altas.

Se ha determinado que la exposición por largo tiempo a altas concentraciones de PCB son causas de enfermedades de la piel y, según sospechas las autoridades del sector salud, son causante de cáncer.

Cuando los PCB son liberados al medio ambiente, pueden entrar en el cuerpo humano y al de los animales a través de la inhalación (aire), contacto dérmico (piel), o ingestión (bebidas o alimento). Los PCB son peligrosos para la salud humana y de los animales.

## **PCB en el medio ambiente**

El transporte atmosférico se considera el principal medio de contaminación de los ecosistemas remotos.

Se ha identificado el ciclo que siguen muchos compuestos clorados, entre los que se incluyen los PCB, que consiste en su evaporación lenta desde los países templados para ser transportados y condensados en países fríos, e incluso llegando a las regiones polares amenazando las cadenas tróficas del Ártico y del Antártico.

Se estima que del total de PCB producidos en el planeta, en torno a 1,2 millones de toneladas, el 65% aún se encuentra en equipo eléctrico o almacenado controlada e incontroladamente, un 4% ha sido degradado e incinerado y un 31% se encuentra distribuido en el medio ambiente (principalmente como sedimentos y en aguas marinas).

En los animales, algunos PCB tienen acción cancerígena, teratógena e inmunodepresiva. Los PCB son parcialmente metabolizados con formación de óxidos como intermediarios, los cuáles son potencialmente cancerígenos. Se ha asociado a los PCB, junto a otras sustancias químicas que perturban las hormonas, con la disfunción reproductiva detectada en poblaciones de aves y mamíferos en la región de los Grandes Lagos de Estados Unidos y Canadá.

El efecto de biomagnificación, es decir, el aumento de la concentración de PCB a medida que se asciende en la cadena trófica, constituye uno de los mayores riesgos para los seres vivos. Los animales mamíferos marinos, como los delfines o las ballenas, son objetivos claros de biomagnificación de PCB, puesto que se estima que la mitad de los peces oceánicos contienen niveles detectables de PCB. El efecto más grave para estas especies es la esterilidad de los machos cuando se superan umbrales de toxicidad críticos (aproximadamente 50 ppm). Este hecho

pone en peligro la supervivencia de numerosas especies, incluso en lugares tan remotos como en el Ártico, como por ejemplo de los osos polares.

### **Efectos sobre la salud humana**

Los humanos son expuestos a los PCB a través de diversas vías, principalmente vía inhalación y vía ingestión de alimentos, y en particular de pescado. Los PCB son lipofílicos, por lo que tienden a acumularse en los tejidos grasos. Estos compuestos son capaces de atravesar la placenta y de ser expulsados a través de la leche materna.

Se han detectado concentraciones muy elevadas en la leche de mujeres nativas del norte de Labrador (norte de Canadá), hasta 15 ppm, mientras que en mujeres de Quebec se encontraban menos de 1 ppm (en Canadá, la ley exige que la leche de vaca contenga menos de 0,2 ppm).

Los PCB causan cáncer en el hígado, el pulmón y la piel, y se han asociado al cáncer de pecho. Existen estudios que relacionan los PCB al cáncer de cerebro y de melanoma en trabajadores y trabajadoras expuestos a estas sustancias.

En una empresa americana donde los trabajadores habían estado expuestos a PCB se observó un aumento de melanomas malignos y cánceres de páncreas.

## **6.2 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA**

Debido a los cambios en la calidad ambiental alrededor del mundo, ha surgido la preocupación en diferentes países sobre que hacer en materia ambiental para su preservación. Para ello, han elaborado leyes y normativas que establecen controles sobre diferentes aspectos ambientales tales como las descargas industriales sobre los cuerpos de agua, emanaciones de gases a la atmósfera y una de las más conflictivas y difíciles de resolver como es el uso, manejo y disposición final de sustancias tóxicas y peligrosas, que obviamente incluyen los aceites dieléctricos.

Creo de gran importancia presentar en este trabajo la experiencia de algunas empresas eléctricas latinoamericanas , con valores ambientalistas en sus procesos, en las que se destaca todo un trabajo de identificación, manejo, transporte, almacenamiento temporal y disposición final de todos sus transformadores y condensadores con PCB, comprobándose de esta forma que si es posible el desarrollo de un proceso tan importante dentro del sector eléctrico, como lo es la desincorporación y destrucción de estos equipos de manera adecuada, con el fin de minimizar al máximo la exposición del medio ambiente y el hombre a las emisiones del PCB.

### **6.3 JUSTIFICACIÓN**

Cuando existe un derrame de PCB estos pueden migrar al suelo, al agua subterránea y al aire y pueden abarcar grandes instancias, contaminando tanto al ambiente local, como el global.

Cuando los PCB entran al cuerpo humano y al de los animales se resisten a la descomposición y no son expulsados mediante los procesos de excreción o secreción, sino que, por el contrario se quedan y conservan en los tejidos grasos y en los órganos del cuerpo. Por lo tanto, las personas y los animales que entran en contacto (respiración, contacto de piel, bebidas o alimentos) con los PCB pueden, con el tiempo acumular más concentraciones de PCB en su organismo.

Por todo lo expuesto se justifica plenamente realizar la siguiente propuesta relacionada con el Plan de manejo para una disminución y disposición final segura del aceite dieléctrico obtenido de los transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.

#### **6.4 OBJETIVOS**

- Ayudar a los técnicos del área de transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato S. A. a adoptar medidas y decisiones adecuadas, que permitan cumplir con las disposiciones de los Convenios Internacionales.
- Presentar la suficiente información sobre el uso de PCB en equipos eléctricos, especialmente en transformadores y condensadores.
- Describir como debe ser gestionado durante toda la vida útil los aceites usados que provienen de los transformadores que utiliza la Empresa Eléctrica Ambato S.A. y cómo debe eliminarse mediante procedimientos ambientalmente racionales al cabo de su uso autorizado.
- Tratar en particular la reclasificación de los equipos que no contienen PCB, lo que permite evitar la destrucción total y costosa de transformadores antes de acabada su vida útil.
- Qué medidas de seguridad deben adoptarse y qué equipos de protección es recomendable para el personal que labora en esta área.



## **6.5 FUNDAMENTACIÓN**

El manejo, transporte y tratamiento de aceites dieléctricos, debe considerar obligatoriamente los siguientes convenios y acuerdos:

**El Convenio de Basilea** dedicado al control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, el cual entró en vigor en 1992 y cuyo objetivo es establecer un control estricto de los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos y de otros residuos, para proteger la salud de las personas y el medio ambiente de los efectos nocivos que pudieran derivarse de la generación y el manejo de tales residuos.

**La adhesión a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico** en 1994, implicó poner en práctica las disposiciones contenidas en las Actas del Consejo de Ministros del Ambiente de esa organización, relativas a cuestiones ambientales.

**El Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte**, para apoyar la implementación del cual se creó la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) y se creó en 1995 el Grupo de Manejo Adecuado de Sustancias Químicas, orientado a promover la eliminación o reducción de sustancias que son tóxicas.

**El Convenio de Róterdam** Sobre el Procedimiento de Consentimiento Previo Fundamentado, aplicable a ciertos plaguicidas y a ciertos productos químicos peligrosos que son objeto de comercio internacional, promovido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

**El Convenio de Estocolmo** sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs), firmado el 22 de mayo de 2001 y cuya ratificación fue aprobada por el Senado el

17 de octubre de 2002 y se dio a conocer al Secretariado del Convenio en febrero 2003.

Estos tratados y convenios nos dan lineamientos y medidas a seguirse como por ejemplo:

- a) Las acciones necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al ambiente de residuos.
- b) La ejecución de obras destinadas a la prevención, conservación, protección del medio ambiente y remediación de sitios contaminados, cuando éstas sean imprescindibles para reducir riesgos a la salud.
- c) Las medidas de emergencia que las autoridades apliquen en caso fortuito o fuerza mayor, tratándose de contaminación por residuos peligrosos, y
- d) Las acciones de emergencia para contener los riesgos a la salud derivados del manejo de residuos.

## **6.6 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA**

Como parte de la capacitación del personal, es necesario que los trabajadores de la EEASA involucrados con transformadores y aceites dieléctricos conozcan en detalle los siguientes aspectos:

### **Identificación de bifenilos policlorados (PCB)**

Los equipos industriales en general cuentan con una placa de identificación en la que se describe, entre otras cosas, el tipo de fluido que utilizan y la cantidad. En el

caso de equipo eléctrico, si la designación del líquido inicia con la letra L como LFAF, LFAN, LFWN, LNP, LNS, LNW y LNWN, es indicativo de que el equipo contiene bifenilos policlorados.

En el caso de fluidos para equipos de transferencia de calor algunos de los PCB empleados son: SANTOTHERN FR y THERMINOL FR; para los equipos de sistemas hidráulicos se usa PYDRAUL (cuando se agrega la letra E el fluido no contiene compuestos halogenados).

Para una correcta interpretación y aplicación de las leyes relacionadas con los PCB es conveniente tener presente las definiciones dadas por la EPA:

1. Productos con PCB son todos aquellos productos que contienen más de 500 ppm de PCB (0,05% en peso de PCB).
2. Transformadores con PCB son todos aquellos que han sido llenados con PCB o con producto que contiene más de 500 ppm en peso de PCB.
3. Transformadores contaminados con PCB son aquellos transformadores cuyos fluidos dieléctricos contienen entre 50 y 500 ppm de peso de PCB (0,005 a 0,05% en peso). Por tanto, cuando los transformadores contienen menos de 50 ppm se les considera libres de PCB.

A manera de comparación y para entender mejor las magnitudes utilizadas, podemos decir que una parte en un millón (1 ppm) es equivalente a 1 minuto en 1,9 años.

### **Alternativas para la destrucción del PCB**

Las alternativas mas viables son la incineración, tanto de los líquidos como de los equipos; la reclasificación del equipo como un equipo libre de askarel, mediante el proceso de sustitución del mismo y descontaminación del equipo, la neutralización química del askarel (PCB) y los Rellenos de Seguridad.

El Proceso de incineración consiste en la destrucción por vía térmica, tanto del PCB líquido como de los equipos que lo contienen, a temperaturas comprendidas entre 1200 °C y 1300°C, con un tiempo de residencia de dos segundos como mínimo para los gases de combustión. Este proceso asegura una destrucción del orden de 99,999 %, de acuerdo a las exigencias de la EPA.

La alternativa de reclasificación para un transformador en askarel, como un equipo libre de este compuesto, consiste básicamente en drenar el askarel del transformador, limpiar el interior del tanque y núcleo del transformador con un solvente apropiado y llenar de nuevo el equipo con otro fluido dieléctrico; al final del proceso, el fluido del transformador deberá tener una concentración menor a 50 ppm, considerándose según la EPA, como equipo libre de askarel.

La alternativa de la neutralización química del askarel esta basada en procesos con sodio que desplazan los átomos de cloro de la molécula de PCB. Este agente reductor reacciona rápidamente con los PCB y los hidrocarburos clorados formando cloruro de Sodio y un polímero.

### **Sistemas de tratamiento de los PCB**

A continuación se comentan algunas de las alternativas existentes de tratamiento térmico, químico y biológico. En general, la mayoría de estos sistemas presentan importantes riesgos. Al tratarse de sustancias peligrosas, cualquier tipo de tratamiento va a tener inconvenientes en mayor o menor grado, e incluso algunas opciones cuyo riesgo es demasiado elevado, como la incineración, deben descartarse directamente. En cualquier caso, el sistema o conjunto de sistemas que deben de aplicarse requiere de un estudio pormenorizado de todas las alternativas con el fin de encontrar la solución que conlleve el menor riesgo para el medio ambiente y la salud ciudadana.

- **Tratamientos térmicos.** En general, estos tratamientos se basan en diversos tipos de incineración que se vienen aplicando principalmente en Inglaterra y en Francia. Estos procesos conllevan un elevado riesgo por la emisión de sustancias peligrosas, y en particular porque los PCB son precursores de dioxinas y furanos en procesos de combustión, sustancias caracterizadas como muy peligrosas para la salud humana. Además, la incineración no representa una solución al problema de PCB, puesto que no los elimina, sino que únicamente desplaza la peligrosidad a otro medio (al aire a través de las emisiones o al suelo y aguas subterráneas por el almacenamiento de las cenizas y escorias).

La destrucción termoquímica CTZ es un proceso que se basa en la reacción exotérmica de los compuestos orgánicos halogenados con silicato de calcio en una atmósfera libre de oxígeno a una temperatura de 600° a 800° C. Como resultado de la reacción se producen haluros de calcio sólido en una mezcla de carbono libre, óxido de silicio y un exceso de silicato de calcio. La eficiencia de esta reacción, al igual que los procesos convencionales de incineración, depende en gran medida de la eficiencia de la mezcla entre los residuos y los reactivos y la duración de la reacción, que resulta especialmente difícil en este caso, teniendo en cuenta la especial complejidad de reacciones de sólidos con gases y líquidos para formar sólidos. Al ser un sistema abierto, siempre existe el riesgo de que cualquier alteración en las condiciones del proceso, resultaría en una fuga incontrolada de emisiones peligrosas.

### **Tratamientos químicos.**

Entre estos tratamientos tenemos los siguientes:

- **Proceso de Sun Ohio PCBX.** Se basa en la utilización de compuestos orgánicos de sodio y resulta en cloruro de sodio y residuos de polímeros con tendencia a degradarse. Las unidades móviles se aseguran junto al transformador, haciendo circular el fluido a través de las mismas y

descontaminando los PCB químicamente. Este sistema es de circuito cerrado y evita el transporte de sustancias peligrosas, llegando a descontaminar a concentraciones menores de 2 ppm. Este sistema ya está en uso en algunos países como Canadá y Nueva Zelanda.

- Base Catalyzed Dechlorination (BCD) (decloración catalítica básica). La decloración de los productos se produce con la reacción con gas hidrógeno a alta presión en la presencia de un catalizador. Los compuestos clorados se alimentan a un extractor rotatorio que utiliza etanol. El material extraído se conduce a la cámara de reacción al que se añade alcohol cáustico (hidróxido sódico). El hidróxido sódico neutraliza el gas cloruro de hidrógeno que se libera, que podría contaminar el catalizador (níquel o paladio sobre sustrato de carbón) y oxidar el equipo. Al final de la reacción, la mezcla obtenida se somete a una destilación para recuperar el etanol. Los hidrocarburos, materiales clorados parcialmente, sal y agua resultantes se lavan finalmente con agua. Uno de los aspectos más negativos es el riesgo de explosión existente al utilizar hidrógeno a presión, aunque su uso sea utilizado de forma estandarizada en diversos procesos industriales. Los materiales parcialmente clorados que resultan de la reacción presentan un problema, por lo que tienen que ser separados y devueltos a la cámara de reacción. Un modelo de este sistema ya se encuentra en funcionamiento en el País Vasco para la decloración de residuos de lindano. Según Greenpeace, ésta opción sería la más recomendable para el tratamiento de los PCB.
- Degradación biológica. La tendencia a biodegradarse de los PCB varía en función del grado de cloración y posición de los átomos de cloro. No obstante, existen numerosas investigaciones que demuestran que los átomos de cloro de las moléculas de PCB pueden ser eliminados por procesos anaerobios seguidos por la oxidación por bacterias aerobias, resultando en la degradación de la mayoría de las estructuras de PCB.

## **Almacenamiento**

El almacenamiento controlado no representa ninguna solución al problema de PCB, pero puede suponer una opción temporal hasta poder aplicar metodologías de tratamiento y eliminación que no supongan ningún riesgo para la salud humana y el medio ambiente. El transporte de los PCB, al igual que de cualquier residuo o sustancia peligrosa, debe evitarse por el elevado riesgo que esta actividad pueda suponer en caso de derrame, fuga o accidente. Por tanto, el almacenamiento debería desarrollarse preferentemente de forma descentralizada para evitar a su vez la acumulación de grandes cantidades de esta sustancia en un mismo lugar. Sería preciso, en este caso, que existiera un sistema de control por parte de la administración, constantemente actualizado, mediante un registro de las cantidades y de las condiciones de almacenamiento o depósito. En cualquier caso, la ubicación de estos depósitos controlados temporales exige una discusión técnico política para ser desarrollada por todas las partes implicadas.

## **Precauciones para el manejo de los PCB**

La gente que trabaja con PCB debe estar consciente de las precauciones necesarias para limitar la exposición prolongada a los PCB de alto nivel. La exposición puede ocurrir a través de tres vías: aire (inhalación), ingestión (consumo de agua y alimentos) y dérmica (absorción a través de la piel). Cuando se trabaja con PCB, el sentido común es el tomar acciones que reduzcan estas vías de exposición.

Vale la pena anotar, además, que entre más alta sea la concentración de PCB en el equipo PCB o en el material contaminado que deba manejar el trabajador, mayor debe ser el rigor con que debe observar las precauciones de seguridad.

## **Equipos de protección personal (EPP) para trabajar con los PCB.**

El equipo de protección personal (EPP) se diseña para reducir la exposición del usuario a los PCB mediante la reducción de la vía de exposición. La Administración de Salud Ocupacional y Seguridad Industrial de Estados Unidos (Occupational Safety and Health Administration – OSHA) desarrolló varias categorías de EPP a las que se refiere como niveles para los diversos tipos de escenarios de exposición. Hay cuatro niveles de EPP. Aunque a continuación se presenta una descripción de cada nivel, así como ejemplos de su aplicación, cada exposición debe ser analizada por los empleadores, supervisores y empleados, a fin de identificar el nivel apropiado de EPP.

Dependiendo del tipo y número de vías de exposición potencial identificados, antes del trabajo, está permitido seleccionar los elementos de EPP entre los diversos niveles para que se ajusten al nivel esperado de riesgo.

### Nivel "A" de EPP

Nivel A: Se utiliza cuando se requiere el mayor nivel de protección personal. Por lo general es cuando se requiere mayor protección de los ojos, la piel y el sistema respiratorio, basado bien sea en la concentración alta medida (o el potencial) de vapores de PCB o de partículas, o donde hay un alto potencial de salpicadura de la piel o de inmersión en PCB.

Por ejemplo, los trabajadores que habitualmente realizan el mantenimiento de rutina o toman muestras de equipos de PCB, no requirieran tan alto nivel de protección. Las situaciones en que este nivel de protección sería aconsejable, incluyen: cualquier trabajo dentro de una edificación con ventilación deficiente u otros espacios cerrados donde se hayan volatizado los PCB.

El nivel A de EPP incluye lo siguiente:



- Respirador de aire (Self-contained Breathing Apparatus - SCBA) con presión positiva, con máscara facial completa.
- Ropa anti-químicos totalmente encapsulada
- Overoles
- Guantes exteriores anti-químicos para trabajo pesado
- Guantes interiores, anti-químicos para trabajo liviano
- Botas, anti-químicos, puntera talón de acero
- Casco

#### Nivel "B" de EPP

Al igual que el anterior nivel "A", el EPP de nivel B normalmente no se requerirá para labores generales de mantenimiento o de recolección de muestras. El nivel B se debe emplear en lugares donde se requiere un alto nivel de protección respiratoria (o sea una situación similar a la del nivel A), pero donde existe poco potencial para que haya contacto de los PCB con la piel. Un ejemplo de situación donde se requiere el uso del nivel B sería una en que el trabajador ingrese a un recinto mal ventilado u otro espacio confinado donde se ha presentado un derrame grande y el trabajador solamente está ahí para inspeccionar y no para participar en la operación de limpieza del derrame.

El nivel B de EPP incluye los siguientes elementos:

- Respirador proveedor de aire (Self-contained Breathing Apparatus -SCBA0) con presión positiva, con máscara facial completa.
- Ropa anti-químicos con capucha (p.e. vestido Tyvectm)
- Guantes exteriores, anti-químicos para trabajo pesado
- Guantes interiores, anti-químicos para trabajo liviano
- Botas, anti-químicos, puntera talón de acero
- Máscara facial o gafas protectoras, de ser necesario.

### EPP Nivel "C"

El EPP de Nivel C por lo general se emplea en lugares en que el peligro respiratorio no es alto, pero se espera que las concentraciones de PCB en el aire continúen estando por encima de los niveles aceptables. Ejemplo de situaciones en las que se recomendaría el Nivel C sería el de operaciones con equipo PCB abiertos o tambores abiertos de materiales contaminados con PCB, operaciones al aire libre en áreas grandes de derrame de PCB u operaciones en que se trabaje de manera estrecha y continua con equipo abierto de PCB o con tambores abiertos de material contaminado de PCB.

El EPP Nivel C incluye los siguientes elementos:

- Respirador purificador de aire, que cubre la cara totalmente o parcialmente (es decir, el respirador tipo cartucho con el cartucho apropiado para filtrar los vapores orgánicos)
- Ropa anti-químicos con capucha (p.e., vestido Tyvectm)
- Guantes exteriores, anti-químicos, para trabajo pesado
- Guantes interiores, anti-químicos, para trabajo liviano
- Botas, anti-químicos, puntera y talón de acero
- Cubre-botas exteriores, anti-químicos
- Mascara facial o gafas protectoras, de ser necesario

### EPP del Nivel "D"

El EPP de Nivel D se emplea cuando no hay riesgo respiratorio, pero puede existir el potencial de años menores por contacto de los PCB con la piel o la ropa. Un ejemplo de situaciones donde el Nivel D se recomendaría son las tomas de muestras en transformadores PCB, o en áreas pequeñas de suelos o aguas contaminadas.

El EPP de Nivel D incluye los siguientes elementos:

- Overoles enterizos
- Guantes anti-químicos
- Botas con puntera y talón de acero, de ser necesario
- Cubre-botas, anti-químicos
- Mascara facial o gafas de seguridad, de ser necesario

### **Higiene Personal**

Independientemente del nivel de EPP que se use, los trabajadores deben observar nuevas prácticas de higiene, a fin de reducir su exposición a los PCB, por ejemplo:

- Al quitarse el EPP, se debe tener cuidado de retirar el EPP contaminado, de manera que se prevenga el contacto de la piel con los PCB
- Los trabajadores deben lavarse bien con agua y jabón después de trabajar con PCB
- Los trabajadores deben abstenerse de fumar, beber o comer mientras se trabaja con PCB, a fin de reducir la ingestión de los mismos.

### **Capacitación en Salud y Seguridad Industrial**

Los trabajadores que tienen contacto directo con equipo PCB o con desechos de PCB requieren de un entrenamiento mínimo a fin de que tomen las precauciones correctas para limitar su exposición a los PCB. Este entrenamiento debe abarcar los siguientes temas:

- Què son los PCB?

- Comprensión de los peligros de los PCB para la salud y el medio ambiente, incluyendo los niveles de seguridad
- El uso de los diversos niveles de EPP, su adecuado uso y mantenimiento
- Aspectos de higiene personal en el trabajo con PCB
- Respuesta a emergencias ante derrames e incendios

### **Opciones para los dueños de transformadores con PCB**

Para tratar de hacer cumplir las regulaciones relacionadas con el manejo de los PCB, la Empresa Eléctrica debe identificar a las personas particulares que dentro de sus instalaciones poseen transformadores especialmente viejos y darles las siguientes opciones:

- A. Conservar dichos transformadores en servicio y cuidar que no haya derrames de los PCB contenidos en ellos.
- B. Descartar el transformador con PCB y sustituirlo por otro sin PCB.

### **Conservación en Servicio de los Equipos**

En caso de escoger la opción A, solo habrá que identificar bien el equipo y controlar o supervisar, con la adecuada frecuencia, que el equipo se encuentre en buenas condiciones de operación y completamente hermético, o por lo menos libre de filtraciones. Para esto se deberá hacer lo siguiente:

- Designación de una persona que sea responsable de la supervisión del o de los transformadores en servicio.
- Entrenamiento del personal de la planta o fábrica en relación a los peligros que envuelve el uso de PCB y de las precauciones a observar.

- Establecimiento de procedimientos escritos para el caso de que sucedan derrames o cualquier otro accidente relacionado con los transformadores con PCB. El plan debe estar disponible de inmediato a las autoridades competentes y debe, en todo caso, ser revisado y aprobado por un ingeniero calificado.
- Descripción de cualquier derrame o incidente ocurrido en los equipos.
- Construcción de diques, paredes de retención o cualquier otro medio adecuado para el control del drenaje de posibles derrames. De la misma manera deben sellarse las grietas existentes en el piso y mantenerse disponibles todos los materiales que pudieran ayudar a controlar y eliminar el posible material derramado (trapos, aserrín, arena, etc.) así como también guantes de polietileno, caretas transparentes, botas, bragas y cualquiera otro equipo de protección del personal.
- Delimitación y resguardo del área donde se encuentran instalados los transformadores con PCB para protegerlos de los posibles daños que pusieran causarles los equipos mecánicos de mantenimiento y operación de la planta (grúas, montacargas, etc.)
- Colocación de los avisos de alerta y las identificaciones que establecen las regulaciones relacionada con el manejo de productos PCB.
- El mantenimiento y reparaciones de los transformadores con PCB en servicio, deben efectuarlo personas adecuadamente entrenadas para tal fin y debidamente autorizadas por los organismos competentes. No se permiten reparaciones mayores de los transformadores con PCB para lo cual deben ser llevados antes a la condición de transformadores contaminados con PCB (entre 50 y 500 ppm de PCB) o, si es posible, llevar su contenido de PCB a 50 ppm o menos.

## **Sustitución de los PCB por otro Fluido Dieléctrico**

Las agencias de protección del ambiente de los Estados Unidos parecen recomendar la sustitución de los PCB en los transformadores. Sin embargo, desde el punto de vista económico y práctico este no es posible. Como es de suponer, la más simple operación que se requiere para sustituir los PCB por cualquier otro fluido dieléctrico envuelve, por lo menos, los siguientes pasos:

- Drenaje de los PCB del transformador.
- Limpieza del equipo con un solvente apropiado
- Llenado del transformador de los PCB y el solvente contaminado de acuerdo con las recomendaciones de las autoridades competentes
- Disposición de los PCB y el solvente contaminado de acuerdo con las recomendaciones de las autoridades competentes.

Por tanto, antes de cambiar los PCB debe procederse a hacer una evaluación de la situación planteada y decidir si debe o no procederse a hacer la sustitución.

### A. Casos recomendables para sustituir los PCB.

Existen situaciones en que es ampliamente justificable sustituir los PCB de los transformadores por otro fluido no contaminante, especialmente cuando se trate de:

- Grandes transformadores (mayores de 500 KVA)
- Equipos relativamente nuevos, con 10 años o menos de servicio.
- Transformadores con voltajes o frecuencias especiales o no comunes, que no pueden ser reemplazados o descartados fácilmente.
- Equipos para los cuales el reemplazo por otro resulte sumamente costoso.

## B) Casos no recomendables para sustituir los PCB.

Existen situaciones en que la decisión de sustituir los PCB por otro fluido no contaminante puede resultar riesgosa e injustificable desde el punto de vista económico. En casos es preferible sustituir el equipo y disponerlo de acuerdo con las regulaciones vigentes.

Entre esos casos mencionaremos aquellos en que se trate de:

- Transformadores pequeños (500KVA o menos) cuyo costo sea relativamente bajo.
- Unidades con más de 25 años de servicio.
- Transformadores cuyo funcionamiento o eficiencia sea marginal.
- Equipos ubicados cerca de fuentes o corrientes de agua, para los cuales la inspección requerida puede resultar costosa.

### **Decisión de sacar al equipo fuera de servicio**

En estos casos solo se hace necesario tomar todas las precauciones necesarias para evitar derrames durante el desmontaje del equipo y darle una disposición final de acuerdo con las regulaciones establecidas.

### **Evaluación de los casos o situaciones antes de decidir**

En cualquiera de las situaciones antes mencionadas conviene hacer una evaluación objetiva de cada caso antes de tomar una decisión en pro o en contra de la situación de los PCB. Esa evaluación debe incluir entre otras informaciones lo siguiente:

- Datos de la eficiencia o estado operacional del equipo: factor de potencia de las bobinas y bujes, resistencia del aislamiento, etc.

- Materiales de construcción del transformador, tales como el papel aislante, empacaduras, pinturas, etc., para determinar su compatibilidad con el nuevo fluido.
- Resistencia a la presión o el vacío del tanque del transformador
- Condiciones críticas para las operaciones del equipo.
- Muchas de estas informaciones pueden ser suministradas por el fabricante del equipo.

### **Inventario y registro**

- Transformadores en propiedad de la Empresa.
- Transformadores en propiedad de terceros, públicos o privados.

En este punto una de las formas posibles de acceder a la información es a través de los listados de sus clientes de media tensión. Con estos datos hay que exigirles a cada uno de ellos la presentación de los resultados del análisis correspondiente de PCB en el aceite refrigerante, realizado por un laboratorio homologado y autorizado.

Se deberá confeccionar un registro total, que incluya los registros provinciales y/o municipales que se crean a partir de las normativas locales. Este registro deberá estar en una base de datos de acceso público por Internet.

### **Responsabilidad de la Empresa y terceros que poseen PCB**

#### Almacenamiento de los equipos que salen de servicio:

Disponer de instalaciones que permitan la conservación de los PCB usados hasta su recogida (recolección) y gestión y que sean accesibles a los vehículos encargados de su recolección.

Cuando los equipos son retirados de servicio y hasta tanto no se realice la disposición final o descontaminación de los mismos (si esta es finalmente



permitida), las únicas condiciones satisfactorias para el almacenamiento del PCB son ubicarlo fuera de áreas urbanas, en condiciones de máxima seguridad.

Los transformadores comunes están constituidos por: metales en aproximadamente el 75 por ciento de su peso total, por elementos porosos (cartón, papel, maderas) en el 3 por ciento, siendo el líquido dieléctrico el 22 por ciento restante.

#### Transporte:

Entregar los PCB usados a transportistas y operadores autorizados por el Ministerio del Medio Ambiente, debidamente inscritos

#### Seguro de reparación:

Constituir un fondo de reparación u otra garantía equivalente para asegurar la recomposición de los posibles daños ambientales y dar cobertura a los riesgos a la salud de la población que su actividad pudiera causar.

El planteo de un seguro de responsabilidad civil por daño a terceros es un avance importante y que debe estar tanto aquí como en cualquier normativa que tenga que ver con sustancias, actividades o residuos peligrosos.

#### Rotulado de los elementos con PCB:

- Todo equipo que contenga PCB deberá rotularse indicando la concentración en ppm de los mismos.
- Identificar todo aparato, que habiendo contenido PCB haya sido descontaminado y siga en operación, con un rótulo en el que se lea, en forma clara, "Aparato Descontaminado que ha contenido PCB.
- Deberán indicarse los plazos máximos para realizar este rotulado.

## **Planes de emergencia ante accidentes**

Los Planes de emergencia ante accidentes deberán contener, como mínimo y sin perjuicio de otras que pudiere establecer al efecto la Autoridad de Aplicación, las siguientes especificaciones:

- Indicación del responsable técnico de la ejecución de las obras y actividades previstas en el Plan con quien entenderá la Autoridad de Aplicación durante la emergencia.
- Indicación del representante legal con quien entenderá la Autoridad de Aplicación durante la emergencia;
- Manual de operaciones en casos de emergencia;
- Plan de capacitación periódica de operadores, técnicos y otros agentes responsables del manejo de accidentes y emergencias;
- Procedimientos escritos que aseguren dar alerta inmediata a la Autoridad de Aplicación.
- Detalle de la infraestructura, instalaciones, materiales, vehículos y equipos disponibles para la emergencia o accidente;
- Mitigación de los efectos de la emergencia.
- Identificar y evaluar los efectos/impactos previsibles presentes y futuros, directos e indirectos sobre el medio ambiente y la población.

Tanto los planes de contingencia como su discusión deben tener índole pública. La empresa debe publicar sus planes de contingencia y la Autoridad de Aplicación debe asegurarse de que la población los conozca. Deben estar en una base de datos accesible por internet.

## Plan de eliminación gradual según concentración y población de riesgo

Además del retiro escalonado de acuerdo a niveles de contaminación, deberá tenerse en cuenta los niveles de vulnerabilidad de la población próxima a los mismos.

Se fijan los criterios en base a 2 parámetros:

- Zonas donde se encuentran instalados los equipos.
- Concentración de PCB.

### Determinación de Zonas en orden de prioridad decreciente.

- Zona I: Equipos instalados dentro de industrias o empresas comerciales con personal dependiente con actividad habitual. Próximos a escuelas, hospitales, campos deportivos, y zonas densamente pobladas. Definiéndose como radio de influencia 100 metros.
- Zona II: Zonas urbanas de mediana densidad poblacional.
- Zona III: Zonas periféricas urbanas y rural.
- Zona IV: Equipos instalados subestaciones, centrales térmicas, siempre que cuenten con suficiente resguardo, techo, piso impermeable.

### Concentración

Se indican las concentraciones en orden de prioridad decreciente.

- Más de 500 ppm
- Entre 500 a 50 ppm
- Entre 50 a 5 ppm

### Evaluación del Plan de Eliminación Gradual. Datos mínimos requeridos

Los Planes de Eliminación Gradual de PCB, serán aprobados por la Autoridad de Aplicación y contendrán como mínimo, los siguientes datos:

- Descripción de los equipos, instalaciones, sistemas, productos o recipientes que contengan las sustancias denominadas PCB especificando su localización.
- Cantidad y concentración de los residuos de PCB a tratar según etapas.
- Descripción de las operaciones de toma de muestras, laboratorio, trasvase, almacenamiento transitorio, y transporte al lugar de tratamiento y disposición final.
- Descripción y evaluación detallada de la alternativa adoptada
- Contrato con la empresa transportista.
- Contrato con la firma tratadora seleccionada.
- Programación de vigilancia ambiental o monitoreo de las variables a controlar durante las operaciones del Plan de Eliminación.
- Cronograma de las operaciones.

Identificación precisa del responsable de las actividades y tareas del Plan de Eliminación Gradual.

Algunas consideraciones sobre los límites de PCB para transformadores y capacitores

Los criterios técnicos más aceptados para analizar el tema se basaron en las "hipótesis de riesgos" que implica esta realidad, siendo la más importante la generación de dioxinas cloradas que puede producirse cuando cualquier material o sustancia que contiene PCB es sometido a elevadas temperaturas como las que se utilizan en las fundiciones para el reciclado de metales y en los hornos industriales comunes que emplean combustibles "alternativos" (las dioxinas cloradas son uno de los compuestos químicos más peligrosos conocidos hasta hoy, y su presencia en efluentes gaseosos está limitada internacionalmente a 0,10 nanogramos por

metro cúbico normal de descarga por chimeneas). (Un nanogramo es una mil millonésima de gramo)

Como derivación de esto, son muy pocas las empresas dedicadas a la incineración de residuos en general que desarrollaron procedimientos para quemar desechos con PCB, y las que lo hicieron obviamente utilizan métodos especiales para evitar exceder el tope autorizado de generación de dioxinas.

Dada la enorme implicancia económica de la eventual decisión en aquel momento de prohibir en forma inmediata el uso de cualquier aparato eléctrico con contenidos de estos compuestos químicos, los gobiernos de los países desarrollados determinaron los "umbrales" técnicos por debajo de los cuales un transformador que contiene PCB puede continuar en uso hasta el fin de su vida útil.

Estos "umbrales" fueron definidos teniendo en cuenta que se trata de "equipos cuasi herméticos", y por lo tanto la posibilidad que los PCB ingresen en el ambiente queda limitada a goteos, pequeñas pérdidas, evaporación normal, etc.

Así la EPA concluyó que un transformador que contenga en su líquido dieléctrico menos de 50 partes por millón en peso puede funcionar sin medidas de seguridad adicionales a las que deben conferirse a un aparato que trabaje con aceite mineral libre de PCB.

Si la presencia de PCB en el dieléctrico supera las 50 ppm, el aparato puede mantenerse en servicio con condicionamientos adicionales de seguridad respecto a los equipos que contengan menos de 50 ppm, y si la presencia de PCB en el dieléctrico supera las 500 ppm, el aparato debe ser considerado como de PCB de "puro", con uso restringido, y en muchos sitios directamente prohibidos (lugares de elaboración, almacenamiento o venta de alimentos y medicamentos, edificios públicos, sanitarios, educacionales, vía pública, etc.)

Pero estos "umbrales" no tienen aplicación cuando el aparato o transformador deja de ser una máquina útil, y pasa a disposición final. Las razones para ello son las siguientes:

- Se trata de equipos fabricados con metales costosos (cobre electrolítico, acero al silicio de grano orientado, bronce, aluminio, etc.) que son comercializados en todo el mundo como scrap para su reciclado en fundiciones metalúrgicas.
- Los dieléctricos líquidos que los mismos equipos contienen, son mayoritariamente destilados de petróleo que se regeneran como aceites y grasas industriales (con procedimientos autorizados en algunos casos para aplicarlos en superficies de carreteras, membranas para techados, diluyentes de hidrocarburos pesados, masillas y pegamentos, etc.), o como combustibles destinados a hornos, estufas y calderas industriales.
- Los transformadores y capacitores tienen componentes internos hechos de cartón, madera y papel) que por la porosidad retienen abundante líquido dieléctrico; estos componentes porosos suelen destinarse para su disposición a rellenos de basura común o a la incineración sencilla.

Como se ve, casi todo lo que forma parte de un aparato eléctrico seguramente "terminará en el fuego"; por lo tanto para esta etapa de la disposición final, es tomada en cuenta la hipótesis de generación de dioxinas y no la contaminación directa con PCB, debido a la probabilidad de incineraciones "no especializadas".

### **Responsabilidad Estatal**

Dada la peligrosidad de estos compuestos y la inexistencia de sistemas de tratamiento y control seguros, que se añade al desconocimiento dominante sobre las cantidades exactas y la localización de todos los PCB existentes en el Estado Ecuatoriano, resulta de carácter MUY URGENTE el desarrollo de las siguientes medidas por parte del Gobierno Central:

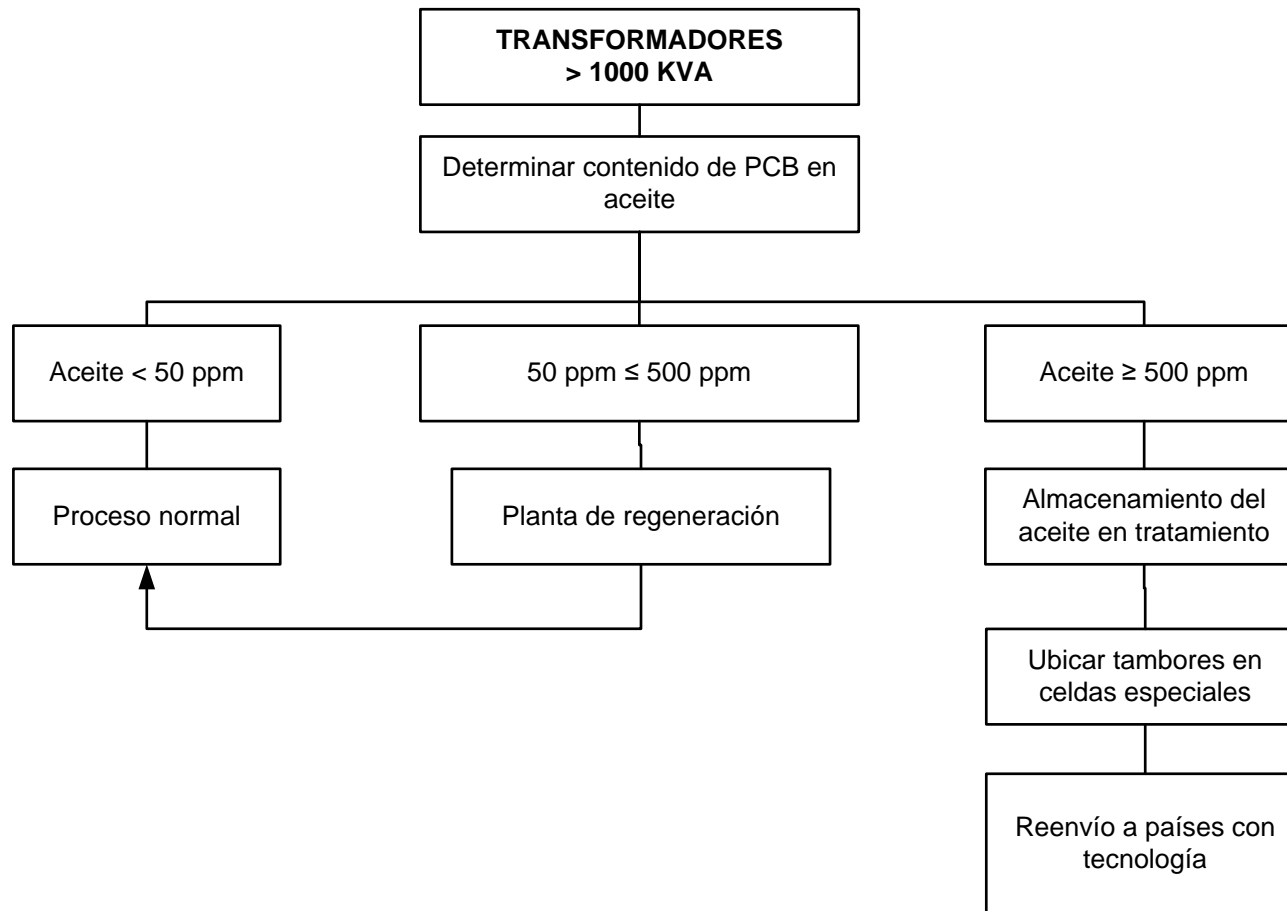
- La realización de un INVENTARIO de todas las existencias de PCB en el Territorio Ecuatoriano.
- El estudio de las ALTERNATIVAS existentes de tratamiento y eliminación de los PCB con el fin de escoger la opción o combinación de

opciones que implican el menor riesgo para la salud humana y para el medio ambiente.

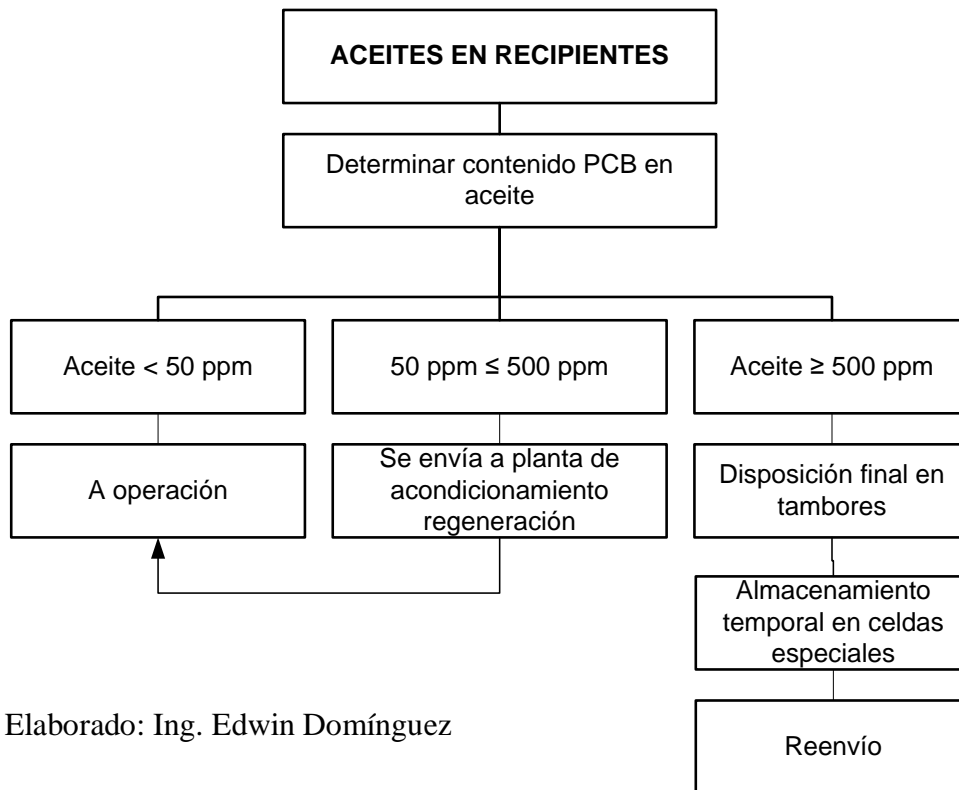
- La elaboración de un PROGRAMA NACIONAL de gestión de los PCB, en base a los resultados de las dos medidas anteriores.

Gráfico N° 01

FLUJOGRAMA DEL PROCESO PARA LA GESTIÓN DE ACEITES DIELECTRICOS







## 6.7 ADMINISTRACIÓN

La Administración de este Plan de Manejo Ambiental, estará a cargo de los técnicos de la Empresa Eléctrica Ambato SA, área de transformadores, vigilados por el Estado Ecuatoriano a través del Ministerio del Medio Ambiente.

## 6.8 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

### PCB, Empresas e Instituciones Responsables

Utilizando la Clasificación Internacional de Industrias Unificadas actualmente utilizada por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC) y partiendo de las características y usos de los COP's, se plantearon las matrices CIU vs. COP's, que buscan determinar el tipo de industria en donde se usaron COP's y también las fuentes, especialmente en el caso de dioxinas y furanos.

En una encuesta realizada por el Ministerio del Ambiente conjuntamente con la coordinación del Proyecto GEF-COPS se accedió a información de las empresas e instituciones respecto a diferentes aspectos del origen, uso y deposición de desechos de PCB. Se obtuvieron respuestas de 14 representantes de dichas empresas o instituciones.

De acuerdo a las respuestas recibidas el origen de los transformadores es diverso, pudiendo provenir de USA, Japón, Bélgica, y Colombia. Los importadores más conocidos en el país son ABB, Mitsubishi, Esemec, Sertec, Diprelsa, Imporpasa; y fabricantes nacionales como Ecuatran, Inatra, Improel. En todos los casos las compras se hacen bajo pedido y no existe un control riguroso de los contenidos de riesgos de dichos transformadores. Salvo la información enviada por los constructores, generalmente en inglés, difusa y sin advertencias detalladas, no se dispone de información, ni siquiera para quienes las transportan, almacenan o distribuyen.

Los instaladores son parte del personal de cada empresa que compra los transformadores quienes tienen diversa formación y relación con la empresa. En general son trabajadores no calificados y en algunos casos son tercerizados, por lo cual es evidente que se trata de personal que no recibe información adecuada y específica de los riesgos contenidos en dichos transformadores así como que los procesos de instalación no siguen procedimientos técnicos recomendados.

El mantenimiento igualmente se lo hace sin consideraciones de seguridad ni advertencias detalladas del manejo de estos transformadores. Las medidas de seguridad e higiene adoptadas a lo largo de la manipulación e instalación de los transformadores (aproximadamente 150.000,00 distribuidos en todo el país y 10.000,00 en la EEASA) no existen en muchos casos medidas de seguridad y cuando ellas se indican son generales, nada específico respecto a PCB. Si bien existen amplias dudas respecto al manejo de los transformadores y la posibilidad de que de manera legal o clandestina se estén re potenciando los transformadores,

esto no debe descartarse ya que si observamos la legislación y normativa vigente en el CONELEC, no existen alusiones específicas a ninguna de las medidas tendientes a tomar en cuenta esta situación.

Por todo lo expuesto podemos indicar que los trabajadores, especialmente los electricistas, linieros, personal de mantenimiento son quienes han estado expuestos al contacto. Las bodegas generalmente han sido sitios de depósito según funcionarios, lo cual aparentemente reduciría su impacto sea sobre el bodeguero o sobre el ambiente. Esto no invalida la necesidad de hacer un Plan de Identificación de bodegas en donde debería medirse la presencia de ese contaminante.

En cuanto al desecho se lo maneja de diversas formas. Mientras en la Central Pucará existe un depósito blindado excavado, hecho de hormigón armado, en otros casos se extrae el aceite y se lo guarda en tanques de 55 galones. No se conoce el destino de estos tanques ni de su contenido. Sin embargo, la mayor parte de estos transformadores se almacenan dejándolos en calidad de depósito, aunque algunos se envían a Quito y Guayaquil para su reparación.

Esta situación demuestra un manejo, uso y mantenimiento muy superficial de los transformadores, que se convierte en potencialmente dañino el momento en que no está clara la disposición final de los mismos.

Esto lo decimos debido a que tanto el almacenamiento como su manejo posterior se hacen sin un control exhaustivo. Es así que no se conoce y a veces se evita hacer conocer los sitios de almacenamiento, en otros casos se los envía a reparar a empresas o talleres de dudoso manejo de las actividades de recuperación, menos aún de las condiciones en que sus trabajadores realizan esas labores. Finalmente se conoce que hasta septiembre del año 2004, una parte de estos transformadores se vendía por licitación a personas conocidas que eran compradores habituales de

los mismos, desconociéndose el destino final de los mismos y sin posibilidad ni compromiso de ellos de entregar información al respecto.

Mas allá de determinar datos más exactos o amplios, es necesario realizar inmediatamente algunas acciones tendientes a:

- Recapturar transformadores
- Conocer su destino
- Analizar la forma en que se reparan
- Donde se lo realiza
- Qué se hace con el aceite cambiado
- Visitar las áreas de almacenamiento, incluyendo el conteo y modo de ubicación y tratamiento de los transformadores existentes.

En base a estos datos se requiere:

- Hacer una lista de compradores de transformadores o contratistas
- Visitarlos en sus áreas de trabajo
- Aplicarles una lista de chequeo
- Exigirles compromisos concretos de seguridad, higiene del trabajo, salud y ambiente.

## **6.9. RESUMEN DELA PROPUESTA**

De todo lo anotado en este modelo podemos resumir las siguientes acciones que la Empresa Eléctrica Ambato deberá adoptar lo más pronto posible:

### **Acciones Administrativas:**

- El proceso de manejo, transporte, almacenamiento temporal y disposición final de un desecho tóxico como el PCB, es un proceso que se debe desarrollar bajo el esquema ambientalista de toda organización. Para lo mismo la EEASA debe crear un equipo o Comité de Gestión para la planificación, ejecución, verificación y optimización de dicho proceso.
- El Comité de Gestión debe implementar un verdadero plan de capacitación no solo a quienes trabajan directamente con transformadores sino también a todo el personal del área técnica, antes de realizar los procesos anteriormente mencionados.
- La EEASA debe emprender en el desarrollo de este proceso y alcanzar el éxito sin ningún tipo de accidentes, siempre y cuando se tengan presentes las normativas nacionales e internacionales para el manejo de dichos desechos.
- El Comité de Gestión debe implementar mecanismos de acción o manual de procedimientos a seguir.
- En todo momento la EEASA a través del Comité de Gestión debe estar consciente del riesgo que poseen al trabajar con equipos que contienen estos aceites dieléctricos (PCB). Por tanto debe realizar la suficiente difusión en todos los niveles jerárquicos.
- En su presupuesto anual la EEASA debe incluir una partida específica de recursos económicos para llevar adelante este proyecto y realizar todas las acciones pertinentes sin limitaciones.
- Proveer al personal todos los equipos y elementos de protección necesarios

para desarrollar su trabajo en condiciones seguras.

- Debe trabajar coordinadamente con las Instituciones nacionales como el Ministerio del Ambiente, para estar al día en asuntos de normativas y regulaciones. Además y conociendo que en nuestro país no existe la tecnología para el tratamiento o eliminación de los PCB, la única alternativa es la gestión con estas Instituciones para el reenvío del producto según rezan los Convenios Internacionales de los cuales nuestro país forma parte.

#### **Acciones Operativas:**

- El aceite dieléctrico residuo se deberá almacenar preferentemente en tambores metálicos de 55 galones usados en la comercialización de los mismos aceites o similares, ya que internamente vienen con un recubrimiento antioxidante.
- Se debe etiquetar cuidadosamente cada recipiente con información del contenido de PCB.
- Cada tambor de aceite debe colocarse sobre una base de madera y sujetarse a la misma mediante cintas de acero, de tal manera que nos proporcione un cuerpo compacto y seguro. Además, al colocarse sobre la base de madera, permitirá manipular los tambores con el uso de montacargas, ya que lleno de aceite cada tanque pesará aproximadamente 200 Kg.
- El transporte de los tambores hacia el lugar de almacenamiento debe realizarse en un vehículo acondicionado expresamente para este propósito, deberá ser cerrado y blindado, capaz de no dar lugar a que se produzca un

derrame en la vía y si ocurriera un derrame interno deberá facilitar su recolección.

- Se recomienda destinar para el almacenamiento por lo menos tres sitios diferentes y no centralizar en uno solo. El sitio donde se almacenarán los tambores deben estar alejados de zonas pobladas o zonas de mucha afluencia de personas, como por ejemplo la Subestación Huachi, la Subestación Montalvo y la Subestación Píllaro.
- La infraestructura física o celdas de almacenamiento deben ser blindadas, impermeables y resistentes a diversos agentes atmosféricos.
- Una celda sencilla y no muy costosa puede tener una área de 60 m<sup>2</sup> y nos proporcionará almacenamiento para 60 tambores que se reciclarán en aproximadamente 8 años.
- El material puede ser hormigón armado. El suelo donde se edificará la celda debe impermeabilizarse, y sobre este se colocará piedra y malla electro soldada para fundir un contra piso de hormigón, el mismo que tendrá canales que en caso de derrame conducirán el aceite hacia un recolector.
- Es recomendable construir vallas de protección alrededor de las celdas.
- Se deben realizar chequeos periódicos a las celdas para comprobar que el almacenamiento cumple con su función específica y no se ha alterado o deteriorado.
- Hay que tener claro que el almacenamiento no será definitivo sino temporal, por el tiempo en que el Comité de Gestión de la empresa conjuntamente con el Ministerio del Ambiente, a través de los Convenios Internacionales consigan cupos de reenvío a países que posean tecnologías para su eliminación definitiva.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CABELLO,J., 1983, La industria Eléctrica y el Problema Ecológico de los P.C.B.'s., IV
2. CARVAJAL, Lizardo. Metodología de la Investigación Científica. Curso general y Aplicado. 12º- Ed. Cali: F.A.I.D., 1998. 139 p.
3. COBO Bejarano, Héctor. Glosario de Metodología. 8ª. Ed. Cali: Impretec, 1998. 50 p.
4. Registros del Laboratorio de transformadores de EEASA.
5. FERNANDEZ, P., 1989, Ascareis Situaco Actual. Westinghouse, Brasil.
6. Mariñas, J. 1990, Manejo de los P.C.B.'s., IV jornadas de Prevención de accidentes en la industria Eléctrica
7. Norma sobre gestión de aceites dieléctricos usados de transformadores
8. Siemens, 1990, No More PCB. EV Report. Germany.
9. [www.quiminet.com.mx](http://www.quiminet.com.mx)
10. [www.equiposelecond.com.uy/pcb.pdf](http://www.equiposelecond.com.uy/pcb.pdf)



# ANEXOS

## ANEXO N°1

### UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL TÉCNICO DE LA EMPRESA ELÉCTRICA AMBATO S.A.

Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_

Nombre del encuestador: Ing. Edwin Domínguez

Fecha: \_\_\_\_\_

#### OBJETIVO

Conocer la situación actual del uso y manejo del aceite dieléctrico proveniente de los transformadores de distribución y potencia de la EEASA.

#### CUESTIONARIO

1. ¿En la actualidad existen transformadores con alto contenido de PCB?
2. ¿Existe algún equipo apropiado en la Empresa Eléctrica Ambato, en donde se pueda determinar la cantidad de aceite dieléctrico contenido en los transformadores?
3. ¿Qué capacidad tiene el equipo purificador de aceite y qué tiempo dura un proceso regular de purificación?
4. ¿En dónde se está almacenando y se dispone actualmente los aceites que ya no pueden ser reciclados?
5. ¿Con qué espacio físico cuenta la Subestación Huachi para la disposición de los aceites dieléctricos no regenerados?
6. ¿Cuántos transformadores se venden anualmente en calidad de chatarra?
7. ¿Cuenta la subestación Huachi con las obras de infraestructura necesarias para que los aceites dieléctricos no contaminen al medio ambiente?

**GRACIAS POR SU COLABORACIÓN**

**ANEXO N° 2**  
**FICHA DE OBSERVACIÓN**

Tema: Plan de manejo ambiental de los aceites dieléctricos de los transformadores de la Empresa Eléctrica Ambato S.A.	
Lugar Visitado:	N°
Fecha:	
Observador:	
Observaciones realizadas:	

## ANEXO N° 3

### CURRICULUM VITAE DEL AUTOR

#### **Estudios realizados:**

Primarios : Instituto Particular Eugenio Espejo de la ciudad de Ambato.

Secundarios: Colegio Técnico Experimental Guayaquil de la ciudad de Ambato.

Universitarios: Escuela Politécnica Nacional de Quito – Ecuador.

Título Obtenido: Ingeniero Eléctrico.

#### **Cursos realizados:**

Cursos de capacitación relacionados con Normas de Calidad

Transformadores

Sistemas de Potencia

Administración de Empresas

Evaluación de Impactos Ambientales.

Implementación de normas ISO 9000.

#### **Cargos ejercidos:**

Jefe de Producción en la fábrica ECUATRAN S.A.

Expositor en seminarios de distribución de energía eléctrica.

Secretario Nacional y Provincial del Colegio de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos del Ecuador en varias oportunidades.

#### **Experiencia Profesional:**

Actualmente realiza contratos tanto con Instituciones públicas como privadas, relacionados básicamente con: Planificación, diseño y construcción de proyectos eléctricos, mantenimiento industrial y construcción de tableros eléctricos para usos múltiples.