

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

“GESTIÓN DE LOS TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS
CON BIFENILOS POLICLORADOS DE LA EMPRESA
CENTROSUR”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MASTER EN PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN
ENERGÉTICAS

AUTORA:

ING. MARÍA ANGÉLICA ASTUDILLO PILLAGA

TUTOR:

MST.ING. EDGAR ANTONIO BARRAGÁN ESCANDÓN

CUENCA-ECUADOR

2014



Resumen

Para el transporte y distribución de la energía eléctrica se emplean equipos llamados transformadores, a los cuales se les ha incorporado una sustancia química denominada Bifenilos Policlorados (PCB's), con el fin de mejorar la estabilidad de los aceites empleados como refrigerantes.

A partir de 1980 se prohíbe el uso de esta sustancia por sus acciones contaminantes y los graves problemas ocasionados al ambiente y a la salud; sin embargo los equipos contaminados con este químico se encuentran en nuestro país, algunos en almacenamiento y otros en funcionamiento.

La empresa Regional CENTROSUR es dueña de este tipo de equipos, por lo que nace la necesidad de desarrollar una propuesta de un sistema para la gestión de los transformadores eléctricos con Bifenilos Policlorados; este sistema contempla parámetros de calidad, seguridad y medio ambiente; así como también, se realiza un análisis técnico-económico de los diferentes tratamientos para la descontaminación y eliminación de los PCB's.

Adicionalmente, el presente documento contempla la propuesta de un proyecto MDL basado en el cambio de los transformadores contaminados por transformadores libres de PCB's y más eficientes.

Palabras claves: Bifenilos Policlorados, Transformadores, Centrosur, Gestión, Transformadores



Abstract

For the transportation and distribution of electric energy it is use an equipment called transformers, which have added a chemical substance called Polychlorinated Biphenyls (PCBs), that will improve the stability of the oils that are used as refrigerants.

Since 1980 the use of this substance is prohibited for their polluting action and the serious problems caused to the environment and human health; however contaminated equipment with this chemical are in our country, some in storage and other running.

The energy company Regional CENTROSUR owns such equipment, so comes the need to develop a proposal for a system to manage the electrical transformers with polychlorinated biphenyls; this system provides parameters for quality, safety and environment; as well as a technical and economic analysis is performed based on the different treatments for the decontamination and disposal of PCBs.

Additionally, this document provides a proposal of MDL project based on the change of the contaminated transformers for transformers free of PCBs and more efficient.

Keywords: Polychlorinated Biphenyls, Transformers, Centrosur, Management, Treatments



INDICE GENERAL

CAPÍTULO I	2
CONCEPTOS GENERALES	2
1.1. Introducción	2
1.2. Transformador eléctrico.....	2
1.2.1. Concepto	2
1.2.2. Principio de funcionamiento	3
1.2.3. Tipos de transformadores	4
1.2.4. Partes del transformador	7
1.3. Transformadores con Bifenilos Policlorados(PCB's).....	8
1.3.1. Composición química de los PCB's	9
1.3.2. Propiedades físico-químicas	11
1.3.3. Historia y usos	12
1.3.4. PCB's en las empresas eléctricas.	14
1.3.5. Problemas en la salud humana y en el medio ambiente	15
1.4. Normativa ambiental internacional y nacional para manejo de PCB's	16
1.4.1. Convenio de Basilea	17
1.4.2. Convenio de Estocolmo	18
1.4.3. Legislación Ambiental Ecuatoriana.....	20
1.5. Gestión de los PCB's en Sudamérica y en Ecuador.....	26
1.5.1. Argentina.....	26
1.5.2. Colombia	27
1.5.3. Chile.....	28
1.5.4. Ecuador	29
1.5.4.1. Policlorurobifenilos en el Ecuador.....	31
CAPITULO II	34
SISTEMA INTEGRALDE GESTION EN LA EMPRESA ELÉCTRICA	34
REGIONAL CENTROSUR	34
2.1. Introducción	34
2.2. Principios fundamentales de la Gestión.....	35
2.3. Componentes de un Sistema Gestión Integral	35



2.4. Gestión de Calidad – Norma ISO 9001:2008.....	38
2.5. Gestión para la Salud y Seguridad Laboral – Norma OHSAS 18001	39
2.6. Gestión Ambiental – Norma ISO 14001	40
2.7. Sistema de Gestión Integral.....	41
2.8. Sistema de Gestión de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR	43
2.8.1. Estructura de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR	44
2.8.1.1. Organigrama.....	44
2.8.1.2. Misión y Visión	44
2.8.1.3. Estructura del Sistema de gestión	45
2.9.2. Gestión Ambiental de la CENTROSUR	45
2.9.2.1. Estructura Organizacional Medioambiental.....	46
2.9.2.2. Política Medioambiental.....	48
CAPITULO III.....	49
CONFORMACIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE LA EMPRESA	
ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR	50
3.1. Introducción	50
3.2. Situación actual de la Gestión de PCB's en la Empresa Regional Centro Sur C.A.....	50
3.3. Diagnóstico de la situación actual del manejo de PCB's en la Empresa Regional Centrosur C.A.....	53
3.4. Inventario de transformadores PCB's	66
3.4.1. Criterios para la clasificación de los transformadores	67
3.4.2. Inventario Actual de PCB's en la Centrosur	67
3.4.3. Programa de inventario de transformadores con PCB's.....	68
3.4.4. Muestreo de los transformadores	69
3.4.5. Elaboración y mantención de registros	73
3.5. Manipulación de transformadores con PCB's.....	73
3.5.1. Normas de seguridad industrial.....	74
3.5.2. Procedimiento para toma de muestra	77
3.6. Transporte de transformadores con PCB's	77
3.6.1. Requisitos legales.....	82



3.6.2. Condiciones técnicas para los medios de transporte	83
3.6.3. Embalaje	84
3.6.4. Etiquetado	84
3.6.5. Normas de seguridad y planes de emergencia	86
3.6.5.1. Medidas generales de seguridad	86
3.6.6. Procedimiento de transporte	87
3.7. Almacenamiento de transformadores con PCB's	88
3.7.1. Identificación del material	88
3.7.2. Compatibilidad	88
3.7.3. Localización	89
3.7.4. Servicios	90
3.7.5. Parqueadero	90
3.7.6. Local	91
3.7.7. Operaciones de carga y descarga	91
3.7.8. Colocación y apilamiento	92
3.7.9. Envases	93
3.8. Riesgos y procedimientos de emergencia	94
CAPÍTULO IV.	97
TRATAMIENTO PARA DESCONTAMINACIÓN Y ELIMINACIÓN DE PCB's	97
4.1. Introducción	97
4.2. Tratamiento y descontaminación de equipos contaminados con PCB's	97
4.2.1. Decloración	98
4.2.1.1. Decloración Química	98
4.2.1.2. Hidrotratamiento	99
4.2.3. Degradación biológica	99
4.2.4. Oxidación con agua supercrítica	100
4.2.5. Nanotecnología	101
4.3. Tratamientos de eliminación de PCB's	102
4.3.1. Incineración	102
4.3.2. Solvente – Incinerador (Técnica combinada)	103



4.3.3. Arco plasmático.....	103
4.3.4. Reducción química en fase gaseosa.....	104
4.4. Análisis técnico económico de los diferentes tratamientos de descontaminación y eliminación	105
4.5. Método propuesto para la descontaminación y eliminación de los transformadores con PCBs en la CENTROSUR.	108
4.5.1. Análisis de resultados	114
4.6. Posibilidad de proyecto MDL	115
4.6.1. Proyectos MDL.....	115
4.6.1.1. Historia y definición de proyectos MDL.....	115
4.6.1.2. Unidades de Transacción.....	117
4.6.1.3. Ciclo MDL.....	117
4.6.2. Selección de metodología para el análisis en el proyecto	119
4.6.2.1. Tipos de metodologías.....	119
4.6.2.2. Metodologías para proyectos MDL de pequeña y gran escala.....	120
4.6.3. Análisis y Selección de la metodología para el proyecto	121
4.6.3.1. Análisis de los resultados obtenidos	128
CAPITULO V	131
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFIA.....	137
ANEXOS.....	140



INDICE DE TABLAS

Tabla I-1. Nomenclatura de la IUPAC para PCB's	10
Tabla I-2. Nombres comerciales para las mezclas de PCB's.....	13
Tabla I-3. Existencia de instrumentos legales por categoría de uso, para la gestión de sustancias químicas en el Ecuador	25
Tabla I-4 Resultados cantidad de aceite	32
Tabla II-1. Enfoque de los sistemas de gestión.....	42
Tabla II-2. Requisitos comunes de los sistemas de gestión.....	42
Tabla III-1. Criterios de gestión de aceites usados en CENTROSUR	52
Tabla III-2. Diagnóstico de la situación actual del manejo de PCB's.....	54
Tabla III-3. Inventario de PCB's en la CENTROSUR	68
Tabla III-4. Transformadores de la CENTROSUR en el Parque Nacional	68
Tabla III-5. Datos para el cálculo y matriz de tamaños muestrales	70
Tabla III-6. Cronograma de testeo de los transformadores de acuerdo	72
Tabla III-7. Clasificación de los Materiales Peligroso (ONU).....	78
Tabla III-8. Cantidades limitadas y exceptuadas para transporte de las Sustancias y Objetos peligrosos de la Clase 9 (ONU)	81
Tabla III-9. Especificaciones para embalaje/envasado de las Sustancias y Objetos Peligrosos de la Clase 9 (ONU)	82
Tabla III-10. Matriz de incompatibilidades químicas.....	89
Tabla III-11. Resumen de la documentación levantada	94
Tabla IV-1. Costos aproximados de las diferentes tecnologías.....	105
Tabla IV-2. Cantidad de transformadores analizados por tipo	108
Tabla IV-3. Transformadores contaminados con PCB's.....	108
Tabla IV-4. Resumen de los transformadores.....	109
Tabla IV-5. Costos de acuerdo al tipo de tecnología considerando el peso total de los transformadores y el peso total del aceite de los transformadores.....	111
Tabla IV-6. Tipos de proyectos MDL	120
Tabla IV-7. Descripción de la metodología MDL AM0067	121
Tabla IV-8. Datos y fórmulas empleadas para los cálculos.....	123



Tabla IV-9. Datos de transformadores y potencial total.....	124
Tabla IV-10. Precio total calculado de los Gwh evitados y de KtCO ₂ reducidos	126
Tabla IV-11. Costo calculado del cambio de los transformadores contaminados ..	128

INDICE DE FIGURAS

Figura I-1. Diagrama de un transformador (J.CHAPMAN, 2000)	4
Figura I-2. Transformador monofásico de tipo de núcleo (ALVAREZ, 2009)	5
Figura I-3. Transformador monofásico tipo acorazado (ALVAREZ, 2009)	5
Figura I-4. Transformador trifásico (ALVAREZ, 2009).....	6
Figura I-5. Estructura molecular de los PCB's (POSADA, 2006)	10
Figura II-1.Organigrama general por direcciones de la CENTROSUR.....	44
Figura II-2 Estructura organizativa para la Gestión Ambiental de la CENTROSUR .	47
Figura II-3 Unidad de Gestión Ambiental de la CENTROSUR	47
Figura II-4 Política ambiental de la CENTROSUR	48
Figura III-1 Gestión de los transformadores con PCB'S de la Empresa Eléctrica regional CENTRO SUR C.A.....	66
Figura III-2. Rotulo empleado para Sustancias y Objetos peligrosos.....	79
Figura IV-1 Ciclo MDL y actores responsables	119

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico IV-1.Gwh evitados –Precio\$.....	125
Gráfico IV-2. Kilotoneladas de CO ₂ reducidos –Precio \$	127



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, *María Angélica Astudillo Pillaga*, autor/a de la tesis “Gestión de los transformadores eléctricos con Bifenilos Policlorados de la empresa CENTROSUR”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de (título que obtiene). El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a.

Cuenca, 11 de septiembre del 2014

María Angélica Astudillo Pillaga

C.I: 0104556337



Universidad de Cuenca

Cláusula de propiedad intelectual

Yo, María Angélica Astudillo Pillaga, autor/a de la tesis “Gestión de los transformadores eléctricos con Bifenilos Policlorados de la empresa CENTROSUR”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 11 de septiembre del 2014

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'María Angélica Astudillo Pillaga', enclosed in a large, loopy oval shape.

María Angélica Astudillo Pillaga

C.I: 0104556337



Dedicatoria:

A mis grandes amores y los motores de mi vida, Paúl y Victoria.



Agradecimiento:

A mi Director de tesis, el Ing. Antonio Barragán por su apoyo, paciencia y su amistad.

Un especial agradecimiento a la Empresa regional Centrosur, en la persona del Ing. Juan Antonio Vásquez, quien facilitó los procesos de información y brindó las directrices para el desarrollo exitoso de la tesis en beneficio de la empresa.

A mi familia, mis padres, hermanos y amigos, quienes siempre me apoyaron y me dieron la fuerza necesaria para culminar con una meta más en mi vida.



CAPÍTULO

1



CAPÍTULO I

CONCEPTOS GENERALES

1.1. Introducción

En el sector eléctrico, con el fin de transportar y distribuir la energía eléctrica se utilizan equipos que transforman tensiones y corrientes de entrada en otras de salida, de acuerdo a las necesidades, estos equipos se denominan transformadores eléctricos. Durante el funcionamiento de estos equipos se genera un aumento de temperatura, la misma que debe ser controlada por medio de un aislante, que generalmente es un aceite mineral.

Para mejorar la eficiencia del aceite mineral como aislante, en la década de 1920, se adicionó una sustancia química denominada Policloruro Bifenilos (PCB's). Estas sustancias son altamente inertes, resistentes a los ataques ácidos y básicos y tienen una gran estabilidad térmica. Sin embargo a partir del año de 1980 se prohibió el uso y la fabricación de transformadores con PCB's, debido a los graves problemas ambientales y de salud encontrados.

En el presente capítulo se describirá el funcionamiento y tipo de transformadores, de igual manera se detallará la estructura química, historia, usos y el estado actual en cuanto a normativas vigentes nacionales e internacionales para los Policloruros Bifenilos (PCB's).

1.2. Transformador eléctrico

1.2.1. Concepto

“Un transformador es un dispositivo que cambia potencia eléctrica alterna de un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna a otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético” (J.CHAPMAN, 2000).



La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.”(WIKIPEDIA, 2011)

1.2.2. Principio de funcionamiento

Los transformadores están constituidos por dos o más bobinas o devanados, que se encuentran aislados eléctricamente entre sí y son enrolladas generalmente en un mismo núcleo.

El devanado primario se denomina a la bobina por donde entra la energía, y el secundario a la bobina por donde sale la energía. El devanado primario tiene N_1 espiras y el secundario N_2 . El circuito magnético lo conforma un núcleo magnético de chapas de acero de silicio apiladas y aisladas entre sí, de esta manera disminuyen las pérdidas magnéticas en el transformador, como se puede observar en la Figura I-1.

Al conectar una tensión V_1 en la bobina primaria genera un flujo magnético que induce en la bobina secundaria una fuerza electromotriz originando una tensión V_2 . Un **transformador elevador** es aquel que tiene la tensión baja en el bobinado primario y la tensión alta en el secundario, siendo al contrario en un **transformador reductor** donde la bobina primaria tiene la tensión alta y la tensión baja en el secundario(J.CHAPMAN, 2000)

Para un transformador ideal las tensiones instantáneas son proporcionales al número de espiras de las bobinas:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad \text{Ecuación 1.1.}$$

Donde:

V_p = Voltaje de entrada

V_s = Voltaje de salida

N_p = Número de espiras en la bobina primaria

N_s = Número de espiras en la bobina secundaria

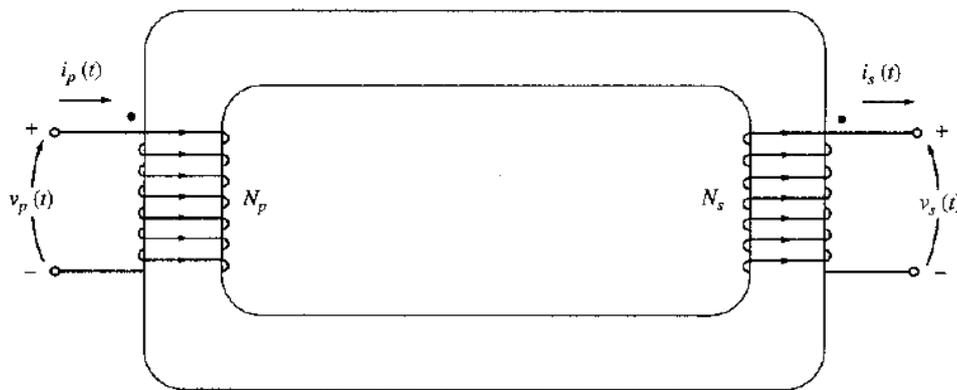


Figura I-1. Diagrama de un transformador (J.CHAPMAN, 2000)

1.2.3. Tipos de transformadores

Los transformadores pueden ser clasificados de acuerdo al número de fases, uso y tipo de refrigerante.

- Por el número de fases: Monofásicos y Trifásicos

Transformadores monofásicos, están constituido de un núcleo de láminas de hierro y dos bobinados, denominados primario y secundario. Cuando los bobinados principal y secundario se encuentran en las ramas externas del núcleo se denomina transformador monofásico del tipo de núcleo (Figura I-2.), y cuando los dos

bobinados son colocados en la rama central del núcleo se denomina transformador monofásico tipo acorazado (Figura I-3)(ALVAREZ, 2009).

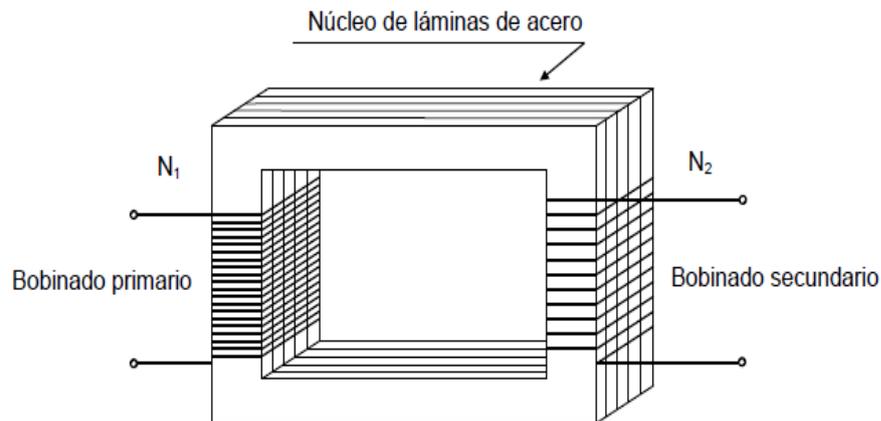


Figura I-2. Transformador monofásico de tipo de núcleo (ALVAREZ, 2009)

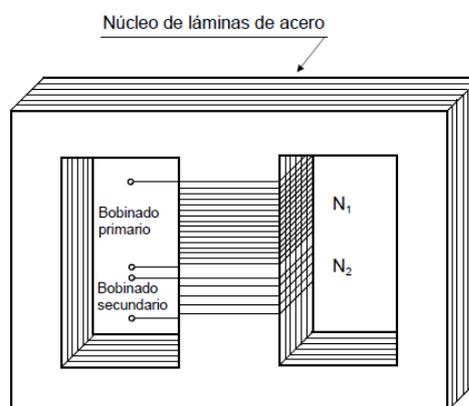


Figura I-3. Transformador monofásico tipo acorazado (ALVAREZ, 2009)

El **transformador trifásico**, se conforma de tres transformadores monofásicos, pudiendo unirse individualmente para constituir un “banco trifásico” o bien con el uso de un solo núcleo magnético y las bobinas necesarias para formar las tres fases (Figura I.4.)(ALVAREZ, 2009). Presenta la ventaja de su economía, menor volumen y mayor rendimiento(J.CHAPMAN, 2000).

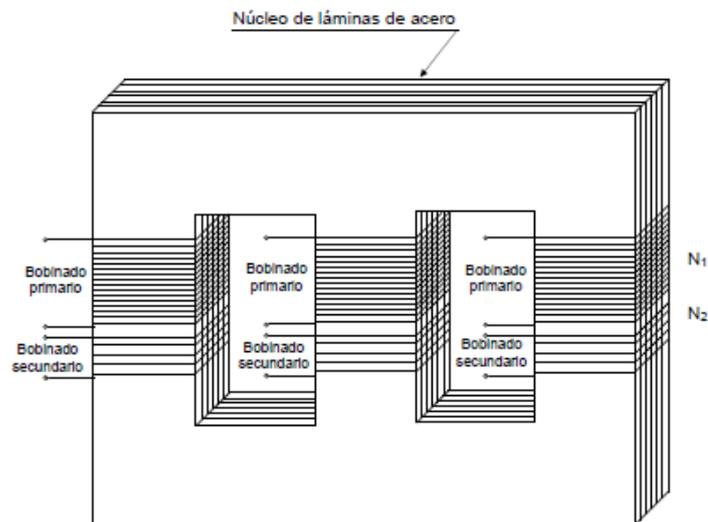


Figura I-4. Transformador trifásico (ALVAREZ, 2009)

- Por su utilización: Potencia, distribución y medición.

Los **transformadores de potencia** se utilizan para subtransmisión y transmisión de energía eléctrica en alta y media tensión. Son de aplicación en subestaciones transformadoras, centrales de generación y en grandes usuarios(MOSCOSO, 2005)

Los **transformadores de distribución**, en cambio son empleados para cambiar la tensión primaria a un valor menor de tal manera que puedan ser empleados por los usuarios finales (granjas, residencias, centros comerciales, etc.). Estos transformadores son los que ligan los alimentadores primarios con los secundarios(J.CHAPMAN, 2000)

Transformadores de medición, son aquellos que permiten disminuir las magnitudes nominales a valores proporcionales menores a estas, en los que se pueda trabajar con instrumentos de medición o de protección de bajo alcance (MOSCOSO, 2005).



- Tipo de refrigerante: Secos y sumergidos en aceite dieléctricos

El calor generado en estas máquinas eléctricas debe ser evacuado al exterior, y se lo realiza a través de un medio adecuado denominado refrigerante. En los **transformadores secos** los devanados de alta tensión están encapsulados en una masa de resina epoxi, estos tipos de transformadores son seguros ya que no propagan la llama y son autoextingibles(POZUETA, 2008).

Los **transformadores embebidos en aceite**, tienen su parte activa sumergida en una cuba que contiene aceite. Este aceite cumple la función de aislante y refrigerante, ya que transmite el calor generado hacia el ambiente a través de la superficie externa de la cuba. En algunos tipos de transformadores el aceite es enfriado con agua por medio de un intercambiador de calor(POZUETA, 2008).

1.2.4. Partes del transformador

Un transformador eléctrico está compuesto básicamente de las siguientes partes:

a) Núcleo

El núcleo consiste en una serie de placas de acero al silicio montadas en superposición, estas chapas de acero tienen un espesor variable, y se fabrican de acuerdo a estándares internacionales.

b) Devanados

Los devanados están formados por la bobina primaria y secundaria, y en algunos casos por una tercera, los conductores generalmente son de cobre electrolítico aislados con esmalte y cubiertos con cintas de algodón o papel especial.

c) Tanque

Se denomina tanque a la parte metálica donde se coloca el núcleo y el aceite dieléctrico, y transmiten al exterior el calor generado por la parte activa del



transformador. Se le conoce también como carcasa y son de diferentes formas dependiendo de la potencia del transformador.

d) **Aceite dieléctrico**

El aceite dieléctrico en el transformador cumple tres funciones (BRETTIS, 2011):

- **Refrigeración:** El aceite cumple la función de enfriamiento y disipación del calor generado durante la operación del transformador. El aceite debe tener ciertas características importantes como: cuidadosamente refinado para evitar la formación de lodos, estabilidad térmica y a la oxidación, baja viscosidad y buena fluidez.
- **Aislamiento:** La función eléctrica del aceite en el transformador es prevenir la formación de arco entre dos conductores con una diferencia de potencial grande.
- **Lubricación:** El aceite debe formar una película para protección de las partes metálicas y de los otros componentes del transformador. Esta película tiene que ser químicamente inerte y de característica apolar.

1.3. Transformadores con Bifenilos Policlorados(PCB's)

Uno de los principales fluidos dieléctricos empleados en los transformadores fue el aceite mineral con Bifenilos Policlorados (PCB's) debido a sus características físicas y químicas. A pesar de la prohibición de fabricación de equipos con este fluido dieléctrico emitido en 1979 en Norteamérica y en 1983 en Europa Occidental, muchos de los transformadores adquiridos antes de esta fecha se encuentran aún en funcionamiento o almacenados luego de su retiro.

Existen varios esfuerzos a nivel mundial para erradicar los PCB's, debido a su alta toxicidad para la salud humana y el medio ambiente. El Ecuador, por ejemplo, es



uno de los países que firmó el Convenio de Estocolmo¹, comprometiéndose a desarrollar el Plan Nacional para la gestión de los contaminantes persistentes, colocando como prioridad a los PCB's (MINISTERIO DEL AMBIENTE-ECUADOR, 2006).

Como parte de los convenios internacionales (Estocolmo, Basilea y Rotterdam) con los que se comprometió el Ecuador, en Julio del 2012, el Ministerio del Ambiente conjuntamente con el CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) y el Subcomité Técnico para la Gestión de PCB's presentaron el Manual de Procedimientos para el Manejo de los Bifenilos Policlorados (PCB's), que tiene como objetivo general el establecimiento de los lineamientos y procedimientos para el manejo de los PCB'sy de aplicación obligatoria en el sector eléctrico ecuatoriano.

Por lo tanto, considerando este aspecto de obligatoriedad y tomando como base el manual anteriormente mencionado, la presente tesis se enfoca en la gestión integral de los transformadores con PCB's para la Empresa Eléctrica Regional Centrosur(CENTROSUR), cuyo edificio matriz se encuentra en la ciudad de Cuenca.

1.3.1. Composición química de los PCB's

Los PCB's son un subconjunto de los compuestos orgánicos denominados hidrocarburos clorados, su fórmula general es $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ (n puede variar entre 1 a 10).

Su estructura química básicamente está formada de dos anillos bencénicos unidos entre si dando lugar al bifenilo, que sería la estructura de la molécula base de los PCB's, en esta molécula mediante reacción química en presencia de un catalizador, se puede obtener diferentes grados de cloración. En la Figura I-5, cada X representa

¹El convenio de Estocolmo auspiciado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) es un acuerdo internacional para regular el manejo de las sustancias orgánicas tóxicas (COPs), fue firmado el 23 de mayo del 2001 y entró en vigor el 17 de mayo del 2004 con 151 signatarios. (RAP-PAL URUGUAY, 2001).

los Hidrógenos de la molécula de bifenilo que puede ser reemplazada por un átomo de cloro(POSADA, 2006).

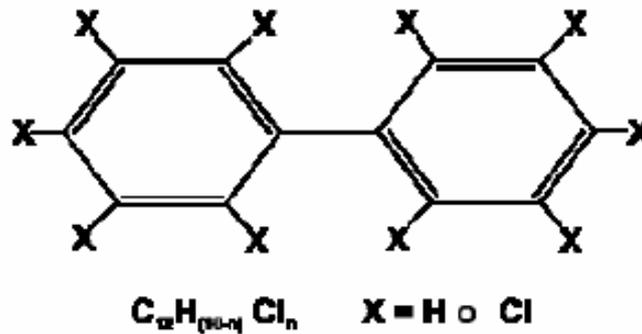


Figura I-5. Estructura molecular de los PCB's(POSADA, 2006)

La Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (International Union of Pure and Applied Chemistry- IUPAC) clasifica a todo este grupo de PCB's en tres tipos: *homólogos* nombre del compuesto que indican el número de átomos de cloro de la molécula, los *congéneres* cuyos nombres indican la posición del cloro en la molécula y las *mezclas* que son nombres comerciales(POSADA, 2006) (Ver la Tabla I.1).

Tabla I-1. Nomenclatura de la IUPAC para PCB's

NOMBRE	TIPO
Monoclorobifenilo	Homologo
2,4-diclorobifenilo	Congénere
Aroclor	Mezcla

Existen en teoría alrededor de 209 congéneres de los cuales solamente se han encontrado 130 en las mezclas químicas industriales. En el Anexo I.1 se puede encontrar una tabla completa de los congéneres de los PCB's.



Sin embargo los PCB's son producidos y comercializados en una gran variedad de mezclas: Aroclor, Pyranol, Pyroclor (USA), Phenochlor, Pyralene (Francia), Clopehn, Elaol (Alemania), Kanechlor, Santotherm (Japon), Fenchlor, Apirolio (Italia), and Sovol (USSR), entre los más comunes.

1.3.2. Propiedades físico-químicas

Al ser los PCB's un grupo de compuestos orgánicos, sus propiedades como la solubilidad, presión de vapor, constante de la ley de Henry son determinadas para cada uno de los congéneres.

En términos generales, las propiedades físico-químicas son (OMS, 2003),(POSADA, 2006):

- Peso molecular: varía desde 188,7 g/mol hasta 498,7 g/mol
- Densidad: 1,1821 hasta 1,566 g/mol
- La presión de vapor y la constante de Henry decrece a medida que aumenta el grado de cloración de la molécula.
- La constante de solubilidad octano/agua aumenta con el incremento de la cloración del congénere, es decir las moléculas que tengan mayor número de átomos de cloro son fácilmente solubles en los lípidos, lo que les da su característica de bioacumulables.
- Son difícilmente degradables física, química y biológicamente debido a su característica recalcitrante.
- Inertes a ácidos y bases.
- Límite máximo permisible en agua para consumo humano: 0,0005ug/L(MINISTERIO DELAMBIENTE-ECUADOR).
- La EPA (Environmental Protection Agency) los clasifica como sustancias Clase A, por su alta toxicidad y persistencia ambiental



- Son estables a las variaciones de temperatura, sin embargo cuando son calentados a temperaturas entre 300 y 600 °C, producen subproductos muy tóxicos como son las dioxinas y furanos(OMS, 2003).

1.3.3. Historia y usos

Los PCB's fueron fabricados por primera vez para uso comercial en 1925 por la empresa Swan Chemical, la misma que en 1931 vendió la patente a la compañía Monsanto Chemical. Los PCB's fueron fabricados por más de 50 años, pero su elaboración fue suspendida a raíz de una serie de problemas ambientales y a la salud humana que fueron registrados en diferentes lugares donde se encontraban las plantas de producción (POSADA, 2006). En 1972 Suiza prohibió la fabricación y el uso de PCB's, Estados Unidos lo hizo en 1977, Noruega en 1980, Finlandia en 1985 y Dinamarca en 1986 (OMS, 2003), sin embargo muchos de los equipos con PCB's como transformadores eléctricos aún siguen en funcionamiento y otros que se encuentran almacenados, algunos sin ninguna clase de precaución.

Los PCB's fueron comercializados en mezclas complejas. Por ejemplo uno de estos productos es el Arocloro 1254, que es una mezcla con un contenido aproximado del 54% en peso de cloro. En 1970 en EEUU el pico de producción de PCB's como Arocloro fue de 85 millones de libras(U.S.EPA, 2008).

Los nombres de diferentes mezclas comerciales de PCB's se pueden observar en la Tabla 1.2(POSADA, 2006).



Tabla I-2. Nombres comerciales para las mezclas de PCB's

MARCA	COMPAÑÍA	PAÍS
Aroclor	Monsanto	U.S.A.
Asbestol	American Corporation	U.S.A.
Chlorestol	AllisChalmer	U.S.A.
Diaclor	SangamoElectric	U.S.A.
Dykanol	CornellDubilier	U.S.A.
Elemex	McGraw Edison	U.S.A.
Hyvol	Aerovox	U.S.A.
Inerteen	Westinghouse Electric	U.S.A.
No-Flamol	Wagner Electric	U.S.A.
Pyranol	General Electric	U.S.A.
Saf-T-Kuhl	KuhlmenElectric	U.S.A.
Pyroclor	Monsanto	Inglaterra
Clophen	Bayer A.G.	Alemania
Phenoclor	Prodelec	Francia
Phyralene	Prodelec	Francia
Kennechlor	Mitsubishi	Japón
Santotherm	Mitsubishi	Japón
Kaneclor	Kanegafuchi	Japón
Fenclor	Caffaro	Italia
DK	Caffaro	Italia
Sovol	Sovol	U.R.S.S.
Delor	Chemko	Checoslovaquia

Fuente: (POSADA, 2006)

Los PCB's fueron ampliamente utilizados en equipos eléctricos, hidráulicos, intercambiadores de calor y también como componentes de diferentes productos de consumo como pinturas, plásticos, tintas de impresión, sellantes, adhesivos, pesticidas, entre otras (U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES-



EPA, 2000), debido a que son altamente inertes, resistentes a los ataques ácidos y básicos y tienen una gran estabilidad térmica (OMS, 2003).

1.3.4. PCB's en las empresas eléctricas.

El principal uso que se dio a los PCB's debido a sus propiedades físico químicas fue como fluido dieléctrico para equipos eléctricos como transformadores, condensadores, disyuntores, reguladores de voltaje.

El aceite con PCB's tiene la característica de absorber cambios rápidos en campos eléctricos sin incrementar significativamente la temperatura, y al tener bajo punto de inflamación y no tener punto de ignición es estable a dichas variaciones de temperatura (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, 2002).

Los equipos eléctricos contienen diferentes concentraciones de PCB, dependiendo del tamaño, del uso y del fabricante. En el caso de los condensadores sellados herméticamente que se encuentran en las lámparas fluorescentes con contenidos de PCB's de unos cuantos gramos o en unidades de alto voltaje con alto contenido de los PCB's, pueden tener filtraciones de los PCB's en las soldaduras (PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, 2002).

El empleo de los transformadores con PCB's se consideraba un adelanto tanto tecnológico como económico en su utilización frente a los transformadores con aceite mineral, ya que estos tenían un riesgo potencial de inflamabilidad. Las compañías aseguradoras ofrecían, por ejemplo, descuentos en los planes de seguro por incendio y electricidad, cuando se empleaba transformadores con PCB's. Además las restricciones para las instalaciones de estos transformadores eran menos estrictas y por lo tanto su empleo era mayor, a pesar de que su costo



representaba un 25% más que los transformadores con aceite mineral (AC & TUL, 2006).

La fabricación de equipos eléctricos con PCB's se prohibió desde 1980, sin embargo, aún se pueden encontrar equipos eléctricos como transformadores que se encuentran en funcionamiento y que contienen PCB's. Actualmente, el reto está en: I) identificarlos claramente y reemplazarlos por otros equipos libres de este contaminante y II) establecer la mejor solución para la eliminación permanente del aceite dieléctrico con PCB's.

1.3.5. Problemas en la salud humana y en el medio ambiente

Los PCB's son bioacumulables debido a la característica no polar de la molécula que los hace muy solubles en grasas. Muchos estudios han demostrado que los PCB's alteran la función en los sistemas endocrino, inmunológico, nervioso, reproductivo, entre otros. Los PCB's generan especies reactivas del oxígeno que provocan reacciones oxidativas en el ADN originando cáncer. El estado de gestación es el más vulnerable para el ataque de los PCB's, ya que se puede provocar daños a nivel neurológico en el feto, causando deficiencias neurosicológicas en la atención, aprendizaje y desarrollo psicomotor (PEREZ, 2009).

Las principales fuentes de exposición de las personas a los PCB's son los lugares de trabajo y el medio ambiente. Algunas de las sintomatologías por la exposición a esta sustancia son: cloro- acné, irritación a los ojos y garganta, somnolencia y dolor de cabeza.

Los PCB's tienen característica de persistentes y no son fácilmente degradables, por lo que pueden estar en el medio ambiente por largos períodos de tiempo, además de que pueden trasladarse fácilmente por vía acuática, terrestre o aérea a largas distancias, expandiendo su contaminación. Los PCB's en el suelo quedan



fijados fuertemente a la materia orgánica. Los PCB's se bioacumulan en los tejidos grasos de los peces y animales marinos alcanzando concentraciones mayores de PCB's que las que existen en el agua, y esta cadena alimenticia puede llegar hasta el hombre (SECRETARÍA DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE, 2011).

Uno de los accidentes más conocidos de contaminación de alimentos con PCB's, se dio en Japón, y es conocido como "incidente Yusho". En este caso, la contaminación se dio en una fábrica que producía aceite de arroz, en donde, uno de sus procesos empleaba un intercambiador de calor, el mismo que contenía PCB's. Debido a una fuga del líquido para el intercambio de calor, el producto final fue contaminado con PCB's. Se realizaron una serie de estudios a un grupo control para determinar la relación directa de las sintomatologías presentadas en los pacientes con el consumo de aceite de arroz fabricado por esta empresa en febrero de 1968. Como consecuencia de este incidente se reportaron 1800 personas afectadas y 300 que fallecieron (YOSHIMURA, 2003).

1.4. Normativa ambiental internacional y nacional para manejo de PCB's

Los esfuerzos por la erradicación del uso de los PCB's comenzó en 1972, con un movimiento en varios países para limitar el empleo de los PCB's en dispersión, es decir en pinturas, aceites anticorrosivos, tintas, etc. Siguiendo en esta línea se unieron los países desarrollados para prohibir la fabricación, uso, importación y venta de los PCB's y de los equipos conocidos como sistemas cerrados que contengan esta sustancia, emitiéndose en este mismo año la Ley sobre Dictaminación y Fabricación de Sustancias Químicas que prohibió en un principio la producción, importación y la utilización de PCB's.

La primera respuesta internacional a estos movimientos es la "Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente Humano (1972)", realizada en Estocolmo Suecia, que contempla el manejo adecuado de los desechos



peligrosos y promulga principios para la preservación y mejora del ambiente humano (PNUMA).

La OMS en 1976, recomendó la prohibición de la fabricación, comercialización y uso de los PCB's a nivel mundial. Y en 1978 la ONU, recomendó la destrucción de los PCB's por el método de incineración a altas temperaturas (INSTITUTO INTERNACIONAL DE ADMINISTRACION DE RIESGOS S.A. DE C.V., 2007).

Los principales convenios internacionales que hacen referencia al manejo y gestión de residuos peligrosos están el Convenio de Basilea y el Convenio de Estocolmo.

1.4.1. Convenio de Basilea

Bajo el auspicio de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), a finales de 1980 comenzó el proyecto del Convenio de Basilea, aprobado en 1989 y que entro en vigor en 1992.

Este convenio nace por la necesidad de controlar los movimientos transfronterizos y la eliminación de los desechos peligrosos y otros desechos. La creación de esta regulación toma relevancia, debido a los incidentes provocados por los buques Katrin y Pelicano que navegaban de puerto en puerto buscando descargar sus cargamentos tóxicos, dado que en los países desarrollados donde se producían estos desechos las obligaciones ambientales eran estrictas y caras. Estos desechos eran llevados generalmente a África, Europa Oriental y otras regiones, donde eran descargados sin ningún tipo de manejo adecuado, provocando grandes contaminaciones al agua, aire y suelo, y las consecuentes afecciones a la salud e inclusive hasta muertes (CONVENIO DE BASILEA, 2011).

Actualmente este convenio cuenta con 170 países miembros o denominados partes, el Ecuador forma parte de este grupo de signatarios y ratificó su compromiso el 24 de mayo de 1993. Este convenio funciona de la siguiente manera:



- Mediante el “consentimiento fundamentado previo”, que permite el movimiento trasfronterizo de los desechos solamente entre los países miembros, aquellos envíos que se realicen sin un consentimiento se lo considera ilícito.
- Para envíos a países que no forman parte del Convenio se lo debe realizar mediante un acuerdo especial.
- Además, este convenio obliga a las partes al manejo y eliminación de los desechos de una manera ambientalmente segura y racional.

Entre los desechos que están regulados bajo el marco de este convenio están: desechos biomédicos y de asistencia sanitaria, aceites usados, acumuladores de plomo usados, desechos con COPs, PCB's, etc. Los desechos considerados como radiactivos quedan excluidos de este convenio y se someten a otros sistemas de control internacionales (CENTRO REGIONAL DEL CONVENIO DE BASILEA PARA CENTROAMERICA Y MEXICO, 2012).

1.4.2. Convenio de Estocolmo

Este convenio nace en base del principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, y el objetivo del Convenio es proteger la salud humana y el medio ambiente de los compuestos orgánicos persistentes (COPs).

Este convenio fue firmado por más de 100 países en mayo del 2001 y entra en vigencia el 17 de mayo del 2004. Dentro del grupo de los países que firmaron el acuerdo están los países desarrollados excepto los Estados Unidos. En América Latina, al menos los siguientes países han ratificado el Convenio: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, México,



Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. (STOCKHOLM CONVENTION, 2001).

En el convenio se determina doce sustancias químicas sobre las cuales se debe emprender las acciones para su eliminación. Estas sustancias son conocidas dentro de la lista de “la docena sucia”, donde se encuentran ocho pesticidas (**aldrin, clordano, dieldrin, endrin, heptacloro, mirex, toxafeno** o el más famoso de todos, el **DDT**), dos productos industriales (como el **hexaclorobenceno** y los policlorobifenilos (**PCB's**)) y dos residuos indeseados de la actividad industrial (como son las **dioxinas** y los **furanos**) (FODESAM, 2009).

Dentro de las principales medidas tomadas por el Convenio de Estocolmo están (CENTRO NACIONAL DE REFERENCIA SOBRE COPS, 2012):

- Eliminar las emisiones de los COPs, mediante la prohibición de la producción, exportación, importación y uso de los COPs.
- Sustitución de los COPs por sustancias menos peligrosas, mediante la fomentación de la investigación.
- Existen otras sustancias peligrosas que aún no se encuentran en la lista de los COPs, por lo que se debe actualizar esta lista mediante las herramientas tecnológicas y científicas disponibles.
- Gestionar de manera eficaz y ambientalmente seguro los desechos contaminados con COPs, además de la identificación y recuperación de los sitios contaminados con COPs.
- Realización de campañas de educación, sensibilización e intercambio de información para que los ciudadanos estén conscientes de los riesgos y problemas que acarrearán los COPs tanto para la salud como para el medio ambiente.



1.4.3. Legislación Ambiental Ecuatoriana

El Ecuador cuenta con una serie de instrumentos jurídicos para la gestión de las sustancias químicas, pero el mayor problema que se tiene es la dispersión de dicha normativa y la falta de agentes reguladores y de control que vigilen y obliguen el cumplimiento de las normativas existentes.

De acuerdo al orden de importancia de los instrumentos legales existentes referentes al manejo de sustancias químicas en el Ecuador se tiene:

- Constitución Política de la República del Ecuador.
- Convenios Internacionales (**Convenio de Estocolmo**, Convenio de Basilea, Convenio de Róterdam, Convención de Viena, Protocolo de Montreal, Convenio de Biodiversidad, Convenio de Kioto)
- Código Penal, Código de la Salud y Código del Trabajo y Código de Procedimiento Civil.
- Ley Orgánica de Aduanas
- Ley Orgánica de Defensa al Consumidor
- Ley de Régimen Municipal.
- Ley de Régimen para el Distrito Metropolitano de Quito
- Ley de Gestión Ambiental
- Ley de Hidrocarburos
- Ley de Aguas
- Ley de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica
- Ley Especial de la Empresa Estatal de Petróleos del Ecuador PETROECUADOR y sus Empresas Filiales
- Ley de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas
- Ley de Minería
- Ley de Tránsito y Transporte Terrestres
- Ley de Electrificación
- Ley de Plaguicidas



- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente , Libro VI
- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Agricultura y Ganadería
- Reglamento de Registro Sanitario para Medicamentos en General, Dispositivos Médicos y Cosméticos, Productos Higiénicos y Perfumes.
- Reglamento para la Aplicación de la Ley sobre Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas,
- Reglamento de Manejo de Desechos Sólidos en los Establecimientos de Salud de la República del Ecuador.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo
- Decisión 547 Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decisión 436 Norma Andina para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos
- Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas
- Reglamento Ambiental para Actividades Eléctricas
- Reglamento Ambiental para Actividades Mineras en la República del Ecuador
- Reglamento General Sustitutivo al Reglamento General de la Ley de Minería
- Reglamento para la Calificación de Personas Naturales o Jurídicas como Usuarías y Comercializadoras de Sustancias Químicas Sujetas a Fiscalización
- Reglamento para la Venta u otras Formas de Enajenación de los Bienes Aprehendidos por Infracciones a la Ley 108
- Reglamento de Saneamiento Ambiental Bananero
- Decreto Ejecutivo 1802 que expide las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador
- Decreto Ejecutivo 212 que crea el Régimen Nacional para la Gestión de Productos Químicos Peligrosos



- Acuerdo 120 que expide el Reglamento para otorgar el Registro Unificado de Plaguicidas y Productos de Uso Veterinario
- Acuerdo 207 mediante el cual se expide la Conformación del Comité Técnico Nacional de Plaguicidas y Productos de Uso Veterinario
- Normas INEN: 2120 (Transformadores. Requisitos), 2133 (Transformadores, Aceites Aislantes para Transformadores e Interruptores. Requisitos), 2266 (Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Requisitos), 2110 (Transformadores Definiciones), 2125 (Transformadores. Pruebas del dieléctrico).
- Ordenanzas municipales

La **Constitución Política del Ecuador, R.O. 449 del 20 de octubre del 2008**, establece en el Título 1, Artículo 3 como deber primordial del Estado, la protección del patrimonio natural y cultural del país. El Capítulo II referente a los derechos del buen vivir, Sección Segunda se tiene los artículos 14 y 15 referente al Ambiente Sano:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumakkawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, **la prevención del daño ambiental** y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado **promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto**. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de **contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos**, agroquímicos



internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

El Capítulo VII hace referencia a los Derechos de la Naturaleza, donde se establece que: “La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos” (ASAMBLEA CONSTITUYENTE, 2008).

Ley de Gestión Ambiental, R.O. No. 245 del 30 de Julio de 1999, constituye el cuerpo legal específico más importante relativo a la protección ambiental en el país. Esta ley está relacionada directamente con la prevención, control y sanción a las actividades contaminantes a los recursos naturales y establece las directrices de política ambiental, así como determina las obligaciones, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones dentro de este campo.

El **Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria**, Decreto ejecutivo 3399 en el libro VI de la calidad Ambiental Anexo 7 contiene la lista de los productos químicos prohibidos, peligrosos y de uso severamente restringido, prohíbe la importación, formulación, fabricación, uso y disposición final en el territorio ecuatoriano de varias sustancias entre ellas los PCB's por ocasionar graves problemas tóxicos para la salud humana y provocar contaminación ambiental.

En el mismo libro VI, se contempla las normas para la calidad del agua y suelo, y los criterios de remediación para suelos contaminados con PCB's.

Sin embargo la legislación ecuatoriana, no establece una norma o estándar para la concentración de PCB's en el aceite dieléctrico en transformadores (Gobierno



Nacional del Ecuador, 2006), pero se podría emplear como referencia a la norma EPA, que clasifica a los transformadores según la concentración de PCB's de la siguiente manera:

> 500 ppm	Reglamentada como sustancia "pura de PCB's".
50 a 500 ppm	Reglamentada como sustancia contaminada con PCB's.
5 a 50 ppm	Posiblemente reglamentada como contaminada con PCB's.
< 5 ppm	Sin PCB's

En el 2005 el Ministerio del Ambiente elabora el Perfil Nacional para la gestión de sustancias químicas en Ecuador, en el que se realiza un análisis y un resumen de los instrumentos legales existentes en Ecuador, para la gestión de sustancias químicas (Tabla I-3).



Tabla I-3 Existencia de instrumentos legales por categoría de uso, para la gestión de sustancias químicas en el Ecuador

Clase de sustancia química	Importación	Producción	Almacenaje	Transporte	Comercio	Uso y manejo	Disposición
Plaguicidas	X	X	X	X	X	X	X
Fertilizantes	X	X	X	X	X	X	X
Sustancias de uso industrial	X	X	X	X	X	X	X
Productos petrolíferos	X	X	X	X	X	X	X
Sustancias químicas de consumo	X	X	X	X	X	X	X
Desechos tóxicos	X	X	X	X	X	X	
Sustancias tóxicas y peligrosas	X	X		X	X	X	X
Organismos genéticamente modificados	X				X	X	
Armas químicas y biológicas	X	X				X	
Radiaciones ionizantes						X	

Tabla I-3. Fuente: (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2005)



La Tabla I-3 indica la disponibilidad de información para la gran mayoría de las sustancias químicas, sin embargo la falta de control para los instrumentos legales provocan un soporte limitado para su aplicación (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2005).

1.5. Gestión de los PCB's en Sudamérica y en Ecuador

1.5.1. Argentina

En la reforma a la Constitución del año 1994, se consagra el derecho constitucional del ambiente sano y se promulgan nuevas leyes con un presupuesto mínimo para la realización de la gestión ambiental. La ley 25670 fue creada para la regulación de los PCB's y tiene distintas finalidades y determina las acciones para la gestión y eliminación de los PCB's del territorio argentino (SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACION, 2012).

En 2001, Argentina firma el convenio de Estocolmo, entre el 2004-2007 se elabora el Plan Nacional de Implementación para el Convenio de Estocolmo, y en este periodo se preparó el inventario preliminar de los PCB's. Este inventario fue realizado en el sector de distribución de energía eléctrica, en las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos, Formosa, Santa Fe, San Juan, La Rioja, Salta, San Luis y Ciudad Autónoma de Buenos Aires, obteniéndose un total de 102.288 galones de aceite con PCB's (SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACION, 2012).

Argentina no posee ninguna instalación o laboratorio certificado para la destrucción térmica de los PCB's, sin embargo están trabajando en otras tecnologías no oxidativas para la descontaminación de los aceites a niveles inferiores al 1% (10000 ppm). La existencia de normativas locales que prohíben el ingreso de los residuos peligrosos en sus jurisdicciones, desmotiva la instalación de plantas fijas para la destrucción de los PCB's. Los PCB's y equipos con



concentraciones mayores a 5000 ppm son exportados para su destrucción, este movimiento transfronterizo se realiza bajo el marco del convenio de Basilea. Se han exportado más de 2700 toneladas métricas de **PCB** y los equipos que los contenían hasta marzo de 2003 (SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACION, 2012).

Argentina no cuenta con Inventario Nacional de los PCB's y con un plan sistémico para la manipulación y eliminación de los PCB's que sea aceptado por todas las provincias y de alcance para todos los sectores del país. Los adelantos en este aspecto son iniciativas voluntarias por parte de las empresas.

1.5.2. Colombia

Desde 1997 Colombia viene trabajando en el tema de los PCB's a través del proyecto CERI con la cooperación técnica de Canadá, para capacitación y en 1999 se elabora el Manual de Manejo de PCB's para Colombia.

En mayo del 2003, Colombia firma el Convenio de Estocolmo que entro en vigor a nivel mundial en mayo del 2004. Como resultado de este convenio durante el 2005 y 2006 se elaboró un inventario preliminar de PCB's, obteniéndose un total de 926 toneladas reportadas directamente, de las cuales el 61,4% pertenecen al sector eléctrico; 28,4% al sector manufacturero y 10,2% en el sector de hidrocarburos (MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2007).

A partir de los datos obtenidos directamente se realizaron estimaciones estadísticas de existencias probables de PCB's, y de acuerdo a los resultados se tiene que: 1231 toneladas de PCB puro en transformadores y entre 10073 y 13199 toneladas de transformadores contaminados con PCB, lo que representaría un



total entre 22385 y 29332 transformadores (MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2006).

El Ministerio del Ambiente y Desarrollo sustentable, el 15 de diciembre del 2011 emitió la resolución 0222, mediante la cual obliga a todos los propietarios de equipos y desechos contaminados con PCB's a identificarlos, marcar sus existencias e inscribirlos en el inventario nacional de PCB's, a partir del 1 de julio hasta el 31 de diciembre del 2012 (MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE, 2012).

Además, se permite el almacenamiento de los PCB's solamente por 12 meses, y luego estos deben ser transportados para su destrucción según la normativa establecida en el Decreto 1609 del 2002, que contiene las directrices para el transporte por carretera de mercancías peligrosas.

1.5.3. Chile

Chile firmó en el 2001 el Convenio de Estocolmo y lo ratificó en el 2005. Bajo el marco de este convenio en el periodo comprendido entre 2002-2005 se desarrolló el Proyecto GEF/UNEP "Desarrollo de un Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) en Chile, dentro del cual se realizaron varios estudios y el Inventario Nacional de PCB's, el mismo que sirvió de base para la elaboración del Plan de Implementación Nacional.

De este inventario se pudo conocer que Chile posee un volumen total de PCB's de 569547 litros, de los cuales 327005 (57%) están en uso y 242542 (43%) litros almacenados, del total el 60% es debido al sector minero y solamente el 4% es debido al aporte de las empresas generadoras y distribuidoras (COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE, 2005).



La cantidad de material contaminado con PCB's y que han sido exportados para su eliminación desde 1992 hasta el 2002 es de 635725 kilos. En el país existe una empresa llamada KIOSHI que se dedica a la regeneración de aceites dieléctricos y desclorinación de aceites contaminados con PCB's (KIOSHI, 2012).

En el 2009, la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) elabora un cuestionario para la actualización del inventario de PCB's en el país, el mismo que consta de 4 formularios: 1) Equipos eléctricos con PCB's y residuos con PCB's, 2) Equipos eléctricos con PCB's en funcionamiento o apagados 3) Equipos eléctricos con PCB's y fuera de servicio y 4) Residuos de PCB's almacenados (COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE , 2009).

1.5.4. Ecuador

El Ecuador suscribe un acuerdo de entendimiento con la PNUMA el 17 de julio del 2002, como parte de los objetivos planteados en el Convenio de Estocolmo, de esta forma se da inicio al desarrollo de las actividades del proyecto para el "PLAN NACIONAL PARA LA GESTION DE LOS COMPUESTOS ORGANICOS PERSISTENTES EN EL ECUADOR". El Ecuador ratifica su compromiso con los lineamientos del Convenio de Estocolmo en el 2004 y asume la responsabilidad de ejecutar el Plan Nacional de Implementación, el cual refleja la forma en que se va a poner en práctica las obligaciones del Convenio. (Gobierno Nacional del Ecuador, 2006).

El objetivo general del plan es proteger la salud humana y el ambiente frente a los Compuestos Orgánicos Persistentes, a través de los objetivos específicos planteados:

- Eliminar totalmente el uso de plaguicidas COPs en Ecuador a mediano plazo, y a futuro reducir la presencia en matrices ambientales y alimentos



- Eliminar totalmente los PCB's en el Ecuador hasta el año 2020.
- Reducir la liberación de emisiones derivadas de la producción no intencional de dioxinas y furanos en el Ecuador hasta el 2015.

La elaboración del plan fue realizada en 5 etapas:

- 1) Conformación del Comité Nacional del Proyecto
- 2) Establecimiento de Inventarios de COPs y Evaluación de la Infraestructura y Capacidad Nacional.
- 3) Evaluación de prioridades y establecimiento de objetivos: Como resultado de los Talleres de Priorización llevados a cabo a nivel nacional, la primera prioridad entre las diferentes categorías de los COPs se la dio a los Bifenilos Policlorados (PCB's) contenidos en los aceites dieléctricos utilizados por las empresas eléctricas. El inventario preliminar de los PCB's realizado da un resultado de 6000 toneladas de aceite contaminado (transformadores quemados, en desuso, en bodegas, en uso), por lo que es necesario completar el inventario. (Gobierno Nacional del Ecuador, 2006).
- 4) Formulación del Plan Nacional de Implementación.
- 5) Presentación y aprobación del plan al más alto nivel político y obtención del compromiso para su ejecución.

Dentro de este plan se debía establecer las prioridades del país, siendo para el Ecuador el manejo y la gestión de los Bifenilopoliclorados. Este plan se encuentra en desarrollo y tiene definido los actores para el cumplimiento del mismo, sin embargo existe un avance limitado en este sentido, el CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (CONELEC) ha sido la institución quien ha tomado la iniciativa en este sentido al establecer parámetros generales para la clasificación de los equipos PCB's.



El CONELEC conformó un Comité Técnico para la elaboración del Manual de manejo de equipos PCB's, que fue publicado en Julio 2012 y contiene los procedimientos para efectuar el análisis de los equipos y realizar el Inventario Definitivo de equipos PCB's a nivel del país. Adicionalmente, el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables conjuntamente con el CONELEC, se encuentran ejecutando un estudio que determinará una de las alternativas tecnologías que servirán para la disposición final de los equipos contaminados.

1.5.4.1. Bifenilos Policlorados en el Ecuador

Como parte del Plan Nacional para la gestión de compuestos orgánicos persistentes, fue realizado un inventario preliminar de fuentes, cantidad en uso y almacenada, y las condiciones de almacenamiento de PCB's en el Ecuador.

Mediante muestreo en las empresas eléctricas, sector industrial, sector hidrocarburífero y proveedores e importadores y con algunas consideraciones realizadas, llegaron a una estimación de la cantidad de aceite contaminado con PCB's.



**Tabla I-4 Resultados cantidad de aceite
Contaminado con PCB's en Ecuador**

ESTIMACION DE ACEITE CONTAMINADO			
	LITROS	% CONTAMINADO	LITROS
DISTRIBUCION	15,389,551	29.33%	4,513,780
Monofásicos	11,614,900		
Trifásicos	3,774,651		
SECTOR PETROLERO	153,972	16.88%	25,995
Hasta 20 MVA	153,972		
QUEMADOS, DAÑADOS	571,604	29.33%	167,652
Monofasicos (25KVA)	375,172		
Trifásicos (50 KVA)	196,432		
DISYUNTORES	16,083	72.75%	11,700
Muestreados	16,083		
ALMACENADO EN TANQUES	52,800	64.02%	33,800
Muestreados	52,800		
TOTAL LITROS	20,447,921	26.76%	5,472,805
TOTAL GALONES	5,402,357		1,445,919

Fuente: Plan nacional para la gestión de compuestos orgánicos persistentes en el Ecuador

(Gobierno Nacional del Ecuador, 2006)



CAPÍTULO 2



CAPITULO II

SISTEMA INTEGRAL DE GESTION EN LA EMPRESA ELÉCTRICA

REGIONAL CENTROSUR

2.1. Introducción

Los sistemas de gestión son una herramienta que permiten a una empresa organizar y sistematizar los procesos internos para alcanzar un objetivo específico, a través del establecimiento de documentación estándar, procedimientos, controles y la designación de responsables, análisis de datos, retroalimentación del cliente interno o externo. Lo que se busca en definitiva, es una mejora continua basada en datos y hechos.

Existen normativas internacionales que emiten los requisitos para la implementación de sistemas de gestión, los más conocidos son la familia de normas ISO (International Organization for Standardization). Se denomina Sistema de Gestión Integral, a la integración del Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2008, OHSAS 18001 para Seguridad y Salud Ocupacional e ISO 14001 para Gestión Ambiental

En el presente Capítulo se realizará una revisión de los principios fundamentales de la gestión y de los sistemas ISO, así como una descripción del sistema de gestión de la CENTROSUR, en especial el sistema medioambiental que detalla la Estructura Organizacional y la Política Medioambiental vigente.



2.2. Principios fundamentales de la Gestión

La gestión es un proceso que emplea guías para orientar la acción, previsión, visualización y empleo de los recursos y esfuerzos a los fines que se desean alcanzar, la secuencia de actividades que habrán de realizarse para lograr objetivos y el tiempo requerido para efectuar cada una de sus partes y todos aquellos eventos involucrados en su consecución (DÍAZ, MOTA, & TOVAR, 2012).

Las acciones principales que se realizan en un proceso de gestión son:

Planear, organizar, dirigir, evaluar y controlar.

Teniendo presente este concepto, la gestión es aplicada en varios campos, como la Gestión de Calidad, Gestión Ambiental, Gestión Energética, Gestión Administrativa, y una infinidad de áreas, donde las organizaciones buscan obtener eficacia y eficiencia en la gestión de sus procesos, para obtener resultados beneficiosos para sus organizaciones.

2.3. Componentes de un Sistema Gestión Integral

El Sistema de Gestión Integrado (SGI) se define como el conjunto formado por la estructura de la organización, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos que se establecen para llevar a cabo la gestión integrada de los sistemas (ASOCIACION ESPANOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION, 2005).

Un sistema de gestión Integrado presenta las siguientes características:



- ✓ **Sistémico:** Que considere todas las actividades que se ejecuten en cada uno de los sistemas como un solo conjunto, de manera que los sistemas que integran interactúen armónicamente entre ellos.
- ✓ **Diferenciador:** Con el establecimiento de una política y un responsable único de los sistemas; funciones, responsabilidades y autoridades diferenciadas y diferentes niveles y tipos de documentos.
- ✓ **Sistemático:** Mediante el establecimiento de metodologías para la organización de todos los elementos de los sistemas y la aplicación de los requisitos de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad y Salud en el Trabajo.
- ✓ **Desarrollador:** Con la implantación progresiva de la documentación necesaria y acorde con las actividades y con los diferentes sistemas establecidos.
- ✓ **Participativo:** Donde se incluya la participación en todas las etapas de las partes interesadas.
- ✓ **Flexible:** El desarrollo de las acciones en todas las etapas se deben adaptar al contexto de la organización teniendo en cuenta las particularidades de las partes involucradas.

El Sistema de Gestión Integrado se estructura en 3 componentes fundamentales:

- Diseño, implantación, seguimiento y mejora del sistema.
- Formación y capacitación en el funcionamiento del sistema integrado.
- Software como herramienta del sistema, que ayude sobre todo al control de la documentación generada.

Para el diseño, implantación, seguimiento y mejora del Sistema de Gestión Integrado (SGI), de una manera ordenada y coherente se debe seguir se una



serie de pasos en los que se combinan recursos (materiales y humanos), el método a seguir, el medio ambiente y el entorno laboral. Para el caso de la empresa Regional Centrosur el alcance de la implantación del sistema de gestión integral será al “Manejo y disposición de los transformadores con PCB’s”.

Los procesos identificados para el planteamiento del sistema de gestión integrado para los transformadores con PCB’S que posee la Empresa Eléctrica Centrosur, son:

- Inventario
- Clasificación
- Manipulación
- Transporte
- Almacenamiento temporal
- Disposición final

En cada una de las etapas antes mencionadas, se tomarán en cuenta aspectos relacionados con la Normativa ISO 9001:2008 para Gestión de Calidad², OHSAS 18001 para Seguridad y Salud Ocupacional³ e ISO 14001 para Gestión Ambiental⁴, para obtener como resultado un sistema que integre todas las etapas para la correcta gestión de los transformadores con PCB’s.

Al diseñar un programa de Gestión integral para los Transformadores con PCB’s en la Empresa Regional CENTROSUR tomando en cuenta aspectos de calidad, seguridad y medio ambiente en cada una de las etapas, se logrará sin duda minimizar los riesgos asociados por la exposición y manipulación de estos

²ISO 9001:2008, Normativa que contiene los requisitos para Gestión de Calidad aplicables a cualquier tipo de organización sin importar el tipo de producto o servicio que ofrezca ni su tamaño.

³OHSAS 18001, define los requisitos para el establecimiento, implantación y operación de un Sistema de Gestión en Seguridad y Salud Laboral efectivo, para la seguridad de su personal y lugar de trabajo.

⁴ISO 14001, Esta normativa está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos en el ambiente en las organizaciones.



contaminantes y maximizar la correcta gestión de los transformadores permitiendo detectar puntos de mejora.

2.4. Gestión de Calidad – Norma ISO 9001:2008

La calidad puede ser descrita por una serie de definiciones, sin embargo entre los conceptos que se pueden encontrar todos coinciden en los siguientes puntos:

- ✓ Cumplimiento de normas, especificaciones, ausencia de errores, un grado de excelencia.
- ✓ Está enfocada en la satisfacción del cliente
- ✓ Requiere del involucramiento de toda la organización.
- ✓ Afecta a productos, servicios, procesos, sistemas, etc.
- ✓ Es la adecuación para el uso

La normativa ISO 9000:2000 define a la calidad como “grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos”.

De allí que la Gestión de Calidad es “el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización en lo relativo a la calidad”. (ISO 9000:2000)

La normativa ISO 9001:2008 contiene los requisitos para Gestión de Calidad aplicables a cualquier tipo de organización sin importar el tipo de producto o servicio que ofrezca ni su tamaño y contempla los 8 principios de la gestión que deben ser usados por la alta dirección para llevar a la organización hacia la mejora.

1. Enfoque al cliente
2. Liderazgo
3. Participación del personal
4. Enfoque basado en procesos
5. Enfoque de sistema para la gestión



6. Mejora continua
7. Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones
8. Relaciones mutuamente beneficiosas con el proveedor

La norma ISO 9001:2008 se encuentra enfocada en la satisfacción del cliente, sin embargo para cumplir con los requisitos del cliente y asegurar el mantenimiento del SGC es necesario el involucramiento y compromiso de la Alta Gerencia, uno de los puntos que solicita la norma y refleja directamente este compromiso es a través de la Política de Calidad.

2.5. Gestión para la Salud y Seguridad Laboral – Norma OHSAS 18001

Desde siempre el hombre ha tenido que desarrollar una serie de actividades para alimentarse, sobrevivir y establecer relaciones con sus semejantes, exponiéndose en ocasiones a riesgos que pueden afectar su salud y seguridad.

Estas actividades han ido evolucionando a lo largo del tiempo y consecuentemente los riesgos a los que el hombre se encuentra expuesto también, por lo que es necesario identificarlos, evaluarlos y controlarlos.

En la actualidad es obligatorio para las organizaciones el brindar un ambiente seguro a sus empleados, para lo cual es cada organización debe evaluar las condiciones de trabajo de cada puesto y así establecer las medidas preventivas adecuadas.

La mejora continua de las condiciones de trabajo debe ser el objetivo principal de los empleadores y empleados.

En el Ecuador las organizaciones deben cumplir con la Legislación Laboral ecuatoriana que contiene las siguientes disposiciones legales aplicables:

- Código del trabajo



- Reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo
- Reglamento de Seguridad para la construcción
- Código de la Salud
- Ley de tránsito y transporte terrestre
- Reglamento de servicios médicos emitidos por el IESS
- Resoluciones del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social: Reglamento general de Seguros de riesgo del trabajo: Reglamento de responsabilidad patronal.
- Reglamento Interno de trabajo de la empresa.
- Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional de la Empresa
- Reglamento de Seguridad minera
- Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el trabajo, Decisión 584
- Guía: “ Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el trabajo”

A nivel internacional la norma OHSAS 18001 es un conjunto de criterios y especificaciones que permiten a la organización, tras un compromiso voluntario ser evaluada en los aspectos de seguridad y salud ocupacional, como esta norma se adapta a cualquier tipo de organización sin importar su origen dentro de las especificaciones contempla el cumplimiento de los requisitos legales establecidos en cada país.

2.6. Gestión Ambiental – Norma ISO 14001

La preocupación por el medio ambiente no es un tema reciente, sino que se viene trabajando desde los 70's con la Conferencia de Estocolmo (1972) en la cual se establecen políticas para control de la contaminación ambiental principalmente aire y suelo, seguido en los 80's donde se evidenció una masiva aparición de



organizaciones no gubernamentales y partidos verdes que ejercían presión para que las industrias empiecen a implementar una estrategia ambiental.

A finales de los 80's y principios de los 90's se efectúa el Convenio de Basilea para controlar los movimientos transfronterizos y eliminación de las sustancias y desechos peligrosos, y otras conferencias que tenían como finalidad buscar el común acuerdo entre los países para la erradicación de prácticas contaminantes.

En base de esta necesidad la ISO considera la creación de una normativa enfocada a la gestión ambiental, dando como resultado la serie de normas de la familia 14000 aprobada en el 1996 y en el 2004 se publica la segunda edición (14001 – 14004).

La norma 14000 está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos en el ambiente en las organizaciones, a través de la creación de un sistema que contemple una política ambiental, la asignación de responsabilidades y recursos, con la creación de procedimientos y registros, cumplimiento de requisitos legales, control y monitoreo de las actividades, auditorías internas, compromiso de la dirección y una mejora continua, todo esto enfocado a: "las necesidades de la sociedad para la protección del medio ambiente".

2.7. Sistema de Gestión Integral

Los tres sistemas de gestión mencionados anteriormente a pesar de que sus propósitos son diferentes (Tabla II.1.) poseen requisitos en común, lo que permite que una organización los pueda integrar sin ningún inconveniente (Tabla II.2.).



Tabla II-1. Enfoque de los sistemas de gestión

SISTEMA DE GESTIÓN	PROPÓSITO:	DIRIGIDO A:
ISO 9001:2008	Necesidades del cliente	Calidad
ISO 14001:2004	Necesidades de la sociedad para la protección del medio ambiente.	Medio Ambiente
OHSAS 18001	Necesidades de la organización de controlar los riesgos SySO y mejorar su desempeño SySO.	Salud y seguridad ocupacional

Tabla II-2. Requisitos comunes de los sistemas de gestión

REQUISITOS DE LOS SISTEMAS DE GESTION	ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
Sistema de Gestión General	✓	✓	✓
Responsabilidad por la dirección	✓	✓	✓
Gestión de los recursos	✓	✓	✓
Realización de productos y control operacional	✓	✓	✓
Medición, análisis y mejora	✓	✓	✓



Tabla II-3. Diferencia de los sistemas de gestión

REQUISITOS DE LOS SISTEMAS DE GESTION	ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001
Campo objeto de estudio	Gestión de calidad	Gestión del medio ambiente	Gestión de la seguridad y salud en el lugar de trabajo
Requisitos y reglamentos a seguir	Obliga a cumplir los requisitos reglamentarios que afectan la calidad del producto	Estipula el compromiso de cumplir la legislación medioambiental relevante, las regulaciones y los códigos industriales vigentes	Obliga a cumplir la legislación y reglamentos destinados a eliminar o minimizar el riesgo de los empleados y otras partes interesadas que puedan estar expuestas a riesgos asociados con la actividad de la empresa
Identificación de aspectos e impactos significativos en la organización	No requiere	Si requiere	Si requiere
Preparación ante emergencia	No requiere	Si requiere	Si requiere



2.8. Sistema de Gestión de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR

2.8.1. Estructura de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR

2.8.1.1. Organigrama

La empresa tiene definido sus autoridades a través del organigrama.

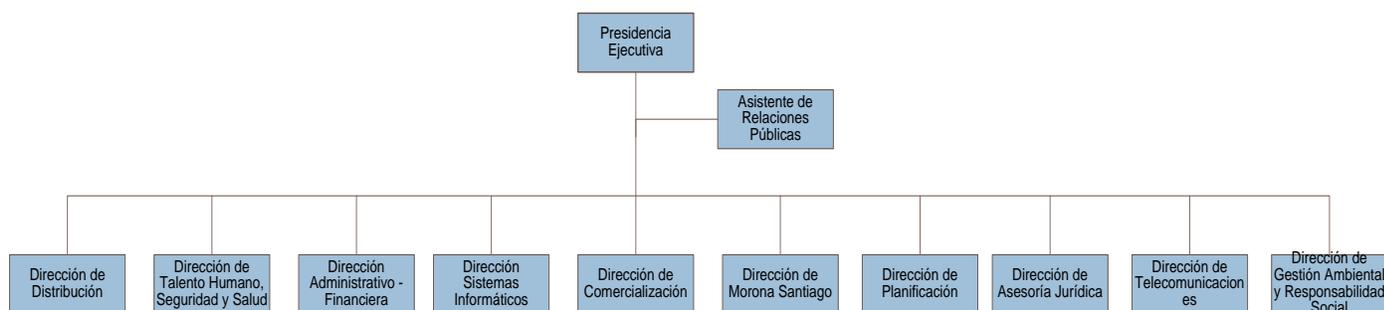


Figura II-1. Organigrama general por direcciones de la CENTROSUR

Fuente: (DIGARS, 2014)

2.8.1.2. Misión y Visión

En el Plan estratégico 2011-2015 de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur se establece la siguiente misión y visión para la organización:

MISIÓN

“Suministrar el servicio público de electricidad para satisfacer las necesidades de sus clientes y de la sociedad, cumpliendo estándares de calidad, con equilibrio financiero, sobre la base el crecimiento integral de su personal”



VISIÓN2015

“Ser una empresa regional pública eficiente, sustentable, socialmente responsable e integrada al sector eléctrico ecuatoriano, que contribuye al buen vivir”

2.8.1.3. Estructura del Sistema de Gestión

La Empresa Eléctrica Regional Centrosur tiene definidos los procesos gerenciales de la organización denominados MACROPROCESOS, y los subprocesos descritos se encuentran integrados en el Sistema Informático denominado “MANUAL DE PROCESOS Y PROCEDIMIENTOS DE LA CENTROSUR”.

De acuerdo con el Plan Estratégico 2011-2015 de CENTROSUR, dentro de los objetivos planteados es la integración de sistemas de gestión, a través de:

- La mejora de la gestión ambiental de la empresa. (ISO 14001).
- La mejora de los procesos institucionales (norma ISO 9001-2008)
- La implantación de la seguridad y salud ocupacional (norma OSHA 18000)

2.9.2. Gestión Ambiental de la CENTROSUR

La Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR desarrolla sus actividades teniendo en cuenta el cuidado medioambiental, para lo cual en cada uno de sus procesos se implantan y se divulgan una serie de medidas que ayuden a mantener prácticas adecuadas para gestionar su corresponsabilidad en la administración del medio ambiente en las áreas que son de concesión.



Como uno de los objetivos de la Empresa Eléctrica Centrosur es la implementación del Sistema de Gestión Ambiental basado en la normativa ISO 14001:2004, para lo cual la organización ha realizado un levantamiento de la información y de la documentación que dispone para el cumplimiento de los requisitos de esta norma. Teniendo hasta el momento:

- ✓ Manual de Gestión Ambiental
- ✓ Política Ambiental
- ✓ Estructura medioambiental (responsabilidad y autoridad) representado a través del organigrama
- ✓ Plan de Manejo Ambiental
- ✓ Matriz de control de avance del PMA

2.9.2.1. Estructura Organizacional Medioambiental

La empresa eléctrica CENTROSUR cuenta con una estructura organizacional medioambiental que se conforma de la siguiente manera:

Consejo de Gestión Ambiental cuya función es la de emitir el direccionamiento ambiental de la empresa a través de la política, objetivos y metas ambientales.

Comité técnico de Gestión Ambiental que son los encargados de realizar la ejecución, control y seguimiento del PMA.

El Comité Técnico, está conformado con representantes de las Direcciones de la Empresa y con la finalidad de tener un mayor control de las acciones que se desarrollan, se han designado Coordinadores de Programas (Figura II-2).

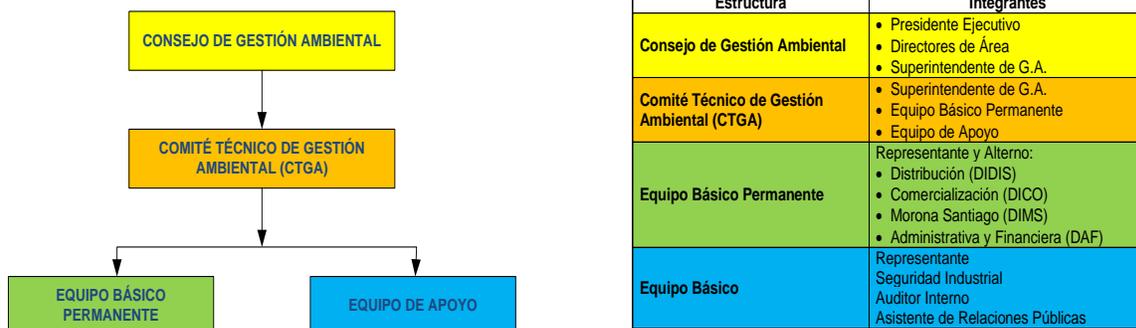


Figura II-2 Estructura organizativa para la Gestión Ambiental de la CENTROSUR

Fuente:(DIGARS 2014)

A través de la resolución del Directorio 1231 – 3935 del 16 de noviembre del 2012 se crea la Dirección de Gestión Ambiental, con la finalidad de dar cumplimiento a la normativa de control interno de la contraloría del estado que establece que: “Las entidades y organismos del sector público que manejen proyectos de inversión deben contar con una unidad de gestión ambiental”.



Figura II-3 Unidad de Gestión Ambiental de la CENTROSUR

(Fuente:DIGARS, 2014)

2.9.2.2. Política Medioambiental

La Política Ambiental de la Empresa regional CENTROSUR se encuentra desarrollada en base a 6 aspectos, los mismos que son:

- Implantación del SGA
- Implantación del PMA
- Prevención de contaminación
- Adquisiciones y contrataciones ambientalmente responsables
- Capacitación
- Responsabilidad Social



Figura II-4 Política ambiental de la CENTROSUR

(Fuente: DIGARS, 2014)



CAPITULO

3



CAPITULO III

CONFORMACIÓN DEL SISTEMA INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS TRANSFORMADORES CON PCB'S EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR

3.1. Introducción

Dentro de las actividades de distribución de la energía eléctrica a través de los años se han implementado transformadores con aceite contaminado de PCB's o con potencial contenido de esta sustancia química peligrosa para la salud.

Puesto que la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. se encuentra comprometida con el ambiente, se ha visto en la necesidad de constituir un Sistema de Gestión Integral que agrupe todos los procesos para una gestión integral de los transformadores contaminados. Esto en marcado dentro de objetivos del Plan Estratégico 2015, es decir la integración de los tres sistemas de gestión(ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001). En el presente capitulo se plantea el diseño de este sistema integral de gestión de PCB's. Para este fin se ha identificado las etapas o procesos necesarios desde el Inventario hasta el almacenamiento o disposición final. En cada etapase elabora la documentación (procedimientos, instructivos y fichas para registro) y los controles tanto de calidad, seguridad y medio ambiente pertinentes.

3.2. Situación actual de la Gestión de PCB's en la Empresa Regional Centro Sur C.A.

De acuerdo a la actividad que realiza la Empresa Regional Centro Sur C.A., las fuentes de generación de desechos de aceites son:



- Aceites de sistemas de motores de combustión y transmisión del parque automotor.
- Aceite dieléctrico sin contenidos de PCB's contenido en transformadores, reconectores y otros equipamientos eléctricos.
- Aceite dieléctrico con concentraciones de PCB's superiores a 50 ppm, presentes en distintos equipos de transformación.(CENTROSUR, 2012)

La CENTROSUR, busca con su gestión minimizar los riesgos de contaminación ambiental y de seguridad industrial de los aceites que se obtienen como desecho de sus actividades, para ello aplican la reglamentación sanitaria vigente tanto local y nacional, en la Tabla se puede observar claramente los criterios aplicados en la gestión de los aceites.



Tabla III-1. Criterios de gestión de aceites usados en la CENTROSUR

TIPO	ACTIVIDAD	MANEJO	RESPONSABLE	DISPOSICIÓN FINAL
Aceite mineral	Vehículos	<p>Cuenca: Talleres externos, con “Certificado de Entrega de Desechos” emitido por la Dirección de Gestión Ambiental de ETAPA EP.</p> <p>DIMS y Agencias: Talleres locales. Los municipios no cuentan con ordenanzas que regulen el manejo y la disposición final del aceite usado; por lo que, la Empresa desconoce el destino final de los mismos.</p>	Empresa de mantenimiento vehicular.	ETAPA EP
Aceite dieléctrico libre de PCB's	Transformadores u otros equipos eléctricos	<p>Virgenes: Tienen certificados del fabricante de No contener PCB's.</p> <p>Usados sin PCB's: son reutilizados si están en adecuadas condiciones, caso contrario se desaloja el aceite del equipamiento; se almacena temporalmente en tambores metálicos de 55 gal en las bodegas del Edificio Matriz y luego se entrega a ETAPA EP. De su lado, los equipos son trasladados al patio de transformadores o la bodega del Descanso, en espera de su remate.</p> <p>El total de aceite dieléctrico entregado a la empresa gestora autorizada, en el año 2011 fue de 275 Gl. En los certificados emitidos por ETAPA EP, consta que el aceite mineral es del tipo dieléctrico.</p>	CENTROSUR	ETAPA EP Reutilizable
Aceite con contenido de PCB's	Transformadores u otros equipos eléctricos.	<p>El aceite permanece en los equipos.</p> <p>Mayores detalles se exponen en el numeral: Aceites dieléctricos con PCB's.</p>	CENTROSUR	Almacenamiento temporal en bodegas de CENTROSUR

Fuente:(CENTROSUR, 2012)

En cuanto a la gestión propia de los transformadores con PCB's la Empresa, dispone de ciertos procedimientos dentro de los cuales se tiene:



- Clasificación y manejo de equipos que contienen aceite dieléctrico ingresados en el laboratorio de transformadores (P-DIPLA-214).

En cuanto a instructivos disponibles están:

- Instructivo para el manejo de equipos sumergidos en aceite dieléctrico. Instructivo para el uso del kit de prueba de contenidos de PCB's en aceite dieléctrico (I-DIPLA-286).

3.3. Diagnóstico de la situación actual del manejo de PCB's en la Empresa Regional Centrosur C.A.

Para realizar el diagnóstico actual del manejo de los PCB's se ha tomado en cuenta los capítulos 4, 5, 6 y 10 del Manual de Procedimientos para el manejo de Bifenilos Policlorados (PCB's) en el Sector Eléctrico Ecuatoriano elaborado por el CONELEC en Julio del 2012.

Tabla III-2. Diagnóstico de la situación actual del manejo de PCB's en la empresa regional CENTROSUR C.A.

CAPITULO DEL MANUAL		REQUISITO	CALIFICACION ⁸	SITUACIÓN ACTUAL	OBSERVACIÓN	FOTOGRAFÍA ⁹
Número	Nombre					
4	Determinación de concentración de PCB's en aceites dieléctricos	Pruebas para determinar la presencia de PCB's	C	Instructivo para el manejo de equipos sumergidos en aceite dieléctrico. Instructivo para el uso del kit de prueba de contenidos de PCB's en aceite dieléctrico (I-DIPLA-286).		 <p>Fotografía III.1. Almacenamiento de kits empleados</p>

⁸La calificación se establece de la siguiente manera: **C** + Conformidad total respecto al requisito, **NC** + no conformidad parcial o total con respecto al requisito y **NA** + no aplica.

⁹ Las fotografías presentadas fueron obtenidas del informe de auditoría ambiental realizada en el año 2012 por la empresa CENTROSUR, por petición de la misma empresa.



		Procedimiento para clasificación y análisis de equipos que ingresan a mantenimiento	C	La Empresa Regional Centrosur dispone del procedimiento: <ul style="list-style-type: none">• Clasificación y manejo de equipos que contienen aceite dieléctrico ingresados en el laboratorio de transformadores (P-DIPLA-214).		
		Procedimiento para clasificación y análisis de equipos de distribución energizados	NC	No se dispone de un procedimiento documentado, sin embargo la empresa cuenta con un video que sirve para la capacitación del personal.		
		Procedimiento para clasificación y análisis de	NC			



		equipos de potencia energizados				
		Procedimiento para clasificación y análisis de equipos nuevos	NC	No se dispone de un procedimiento específico, se aplica el procedimiento vigente (P-DIPLA-214).		
		Precauciones que deben tener con muestras de aceite para análisis en laboratorio	C	Las precauciones que se deben tener con las muestras para análisis en laboratorio se encuentran establecidas de en Instructivo para el manejo de equipos sumergidos en aceite dieléctrico. Instructivo para el uso del kit de prueba de contenidos de PCB's en aceite dieléctrico (I-DIPLA-286).		



5	Salud ocupacional y seguridad industrial en aceites dieléctricos	Normas de seguridad para el muestreo de aceites en equipos de potencia energizados	C	Las normas de seguridad son explicadas en el video elaborado por la empresa, el video se denomina "Proceso de análisis de un transformador en operación".	Las instrucciones y normas de seguridad a seguir que se presentan en el video deben ser plasmadas en un procedimiento escrito que pueda ser difundido al personal.	
		Normas de seguridad para el muestreo de aceites en transformadores de distribución energizados	C	Las normas de seguridad son explicadas en el video elaborado por la empresa, el video se denomina "Proceso de análisis de un transformador en operación"		
		Precauciones para la realización de actividades de manejo de	NC	Existen las normas de precaución para el caso de toma de muestra y análisis, pero no existen procedimientos de precaución para el caso de manipulación,	Se debe elaborar los procedimientos para los procesos de inventario, manipulación, transporte y	



		PCB's		transporte o almacenamiento.	almacenamiento con las respectivas precauciones ambientales y de seguridad.	
		Primeros auxilios	NC	No se tiene establecido un procedimiento para primeros auxilios, ni la hoja de seguridad de los PCB's,		
		Equipos de protección personal (EPP)	C	Existen definido el EPP para la actividad de toma de muestra y análisis, pero no para el caso de manipulación, transporte o almacenamiento.	Definir el EPP para las actividades de inventario, manipulación, transporte y almacenamiento con las respectivas precauciones ambientales y de seguridad.	



		Capacitación	C	Se han dictado capacitaciones sobre las precauciones en la toma y análisis de los PCB's, sin embargo no se ha realizado un ciclo de capacitaciones el personal de la Empresa Eléctrica CENTROSUR.	Establecer un plan de capacitación en el manejo, transporte y almacenamiento de los PCB's.	
		Plan de contingencias	C	Se encuentra en vigencia el Plan de Contingencias en caso de Derrame de Aceite Dieléctrico (código I-DIPLA-311), que tiene como objetivo: "Reducir el riesgo de contaminación del ambiente debido a derrames de aceite durante la intervención en transformadores u otros equipos que contengan aceite dieléctrico o residuos dieléctricos".	Es necesario desarrollar un plan de contingencias para el caso de derrame de PCB's.	

6	Almacena miento de aceites y equipos con PCB's	Características generales para almacenamien to de aceites y equipos con PCB's	NC	<p>La Empresa Regional Centrosur dispone de un lugar determinado para el almacenamiento de los aceites con PCB's, el mismo que tiene las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La bodega de almacenamiento dispone de un dique, con techo, canalización y el suelo es de cemento. ✓ La bodega cuenta con una fosa para el caso de derrame de aceites. ✓ La bodega no se encuentra alejada de la zona residencial. ✓ Se dispone de un espacio para la entrada de montacargas. ✓ El acceso a la bodega 	<p>El local donde funciona la bodega de almacenamiento de los PCB's, se encuentra ubicada en las instalaciones de la Empresa Eléctrica Centrosur, y no cumple parcialmente con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN 2266: 2010 "Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Requisitos", tal como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Localización: Según la Norma, la bodega para 	 <p>Fotografía III.2. Fosa para derrames</p>
		Bodega para el almacenamien to de PCB's				



				de almacenamiento es restringido.	almacenamiento debe estar alejada de zonas residenciales, escuelas, hospitales, áreas de comercio, industrias que fabriquen, y cuerpos de agua.	
		Contenedores para almacenamiento de PCB's	NC	Los contenedores para almacenamiento de desechos peligrosos son rotulados con un sello rojo con la leyenda: "PELIGRO CONTIENE PCB's"	Las etiquetas que se emplean para la rotulación no cumplen la Norma NTE INEN 2288:2000 "Productos Químicos Industriales Peligrosos. Etiquetado de Precaución. Requisitos".	

		<p>Medidas generales de seguridad</p>	<p>NC</p>	<p>La bodega de almacenamiento dispone de extintores, y se encuentra en gestión de compra la adquisición de equipos e implementos para el caso de derrames.</p>	<p>La existencia los EPP como de los implementos de seguridad deben ser analizados periódicamente para mantener en stock estos implementos.</p>	  <p>Fotografía III.3. Extintores ubicados en las bodega</p>
		<p>Recipientes de almacenamiento</p>	<p>NC</p>	<p>Los contenedores para almacenamiento de desechos peligrosos son rotulados con un sello rojo con la leyenda: "PELIGRO CONTIENE PCB's"</p>	<p>Las etiquetas que se emplean para la rotulación no cumplen la Norma NTE INEN 2288:2000 "Productos Químicos Industriales"</p>	



					Peligrosos. Etiquetado de Precaución. Requisitos".	
10	Plan de acción para manejo de PCB's	Capacitación al personal	NC	No existe un plan de capacitación para el personal	La capacitación sobre la peligrosidad y riesgos de los PCB's debe ser dada de manera periódica al personal operativo y personal que tenga relación con la gestión de los PCB's.	
		Adecuación de un sitio de mantenimiento de transformadores	NC	La Empresa Eléctrica Centrosur cuenta con un Laboratorio para Transformadores, que se encuentra dividido en dos espacios, el primero para la realización del análisis del aceite y la segunda para el mantenimiento y reparación de	El laboratorio de la Empresa Eléctrica Centrosur, no cumple con las especificaciones requeridas en el Manual de Procedimientos para el Manejo de los PCB's	



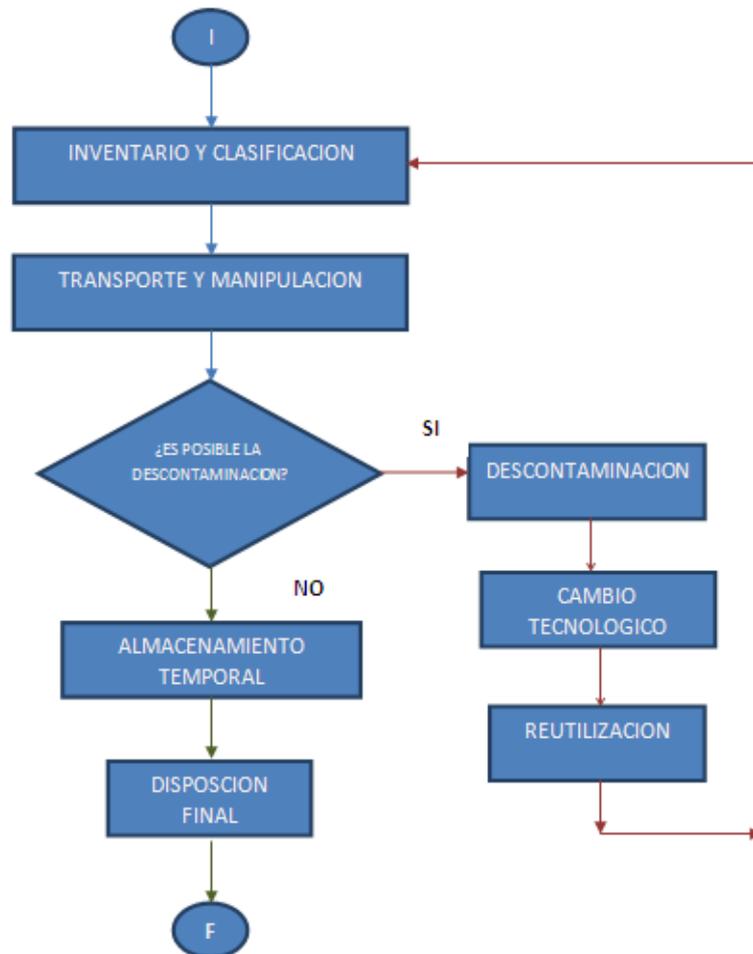
				los transformadores.	del CONELEC.	
		Control sobre nuevos transformadores a ser instalados	NC	No existe un procedimiento para el control de los transformadores nuevos a ser instalados.	La Empresa Eléctrica Centrosur deberá exigir a sus proveedores de equipos la presentación de un certificado para garantizar la ausencia de PCB's mediante análisis cromatográfico, de igual forma para los equipos empleados en obras particulares. Para corroborar los resultados se deberá realizar un muestreo y posterior análisis del lote adquirido por la Empresa.	
		Eliminación de aceites y equipos con	NA	La Empresa Eléctrica Centrosur, no realiza ningún tipo de procedimiento para la	El tiempo de almacenamiento dependerá de lo	



		PCB's		eliminación de los aceites y equipos con PCB's, estos se encuentran únicamente almacenados de forma temporal.	estipulado por el MAE y el CONELEC.	
--	--	-------	--	---	-------------------------------------	--

En el siguiente gráfico se esquematiza la gestión integrada propuesta para los transformadores de la Empresa Regional Centrosur C.A.

Figura 0-1 Diagrama de flujo propuesto para la Gestión de los transformadores con PCB'S de la CENTRO SUR C.A.



Fuente: Elaboración propia

3.4. Inventario de transformadores PCB's

Disponer y mantener un inventario actualizado de todos los transformadores con o sin PCB's, permitirá conocer la cantidad y la realidad de la Empresa en cuanto a la posesión de dichos transformadores. El inventario por tanto, posibilitará que se definan los procesos de manipulación, transporte, tratamiento y disposición final,



así como permitirá establecer en cada uno de ellos las especificaciones de seguridad y control necesarios.

3.4.1. Criterios para la clasificación de los transformadores

La CENTROSUR, dispone de transformadores que se encuentran en **uso** y en **almacenamiento**, para los cuales es indispensable su identificación teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Placa de los equipos: Uno de los datos más importantes que pueden aportar mucha información acerca del transformador, es la placa del equipo, ya que contiene los datos de fabricación, como son: Nombre del fabricante y año de fabricación. Resultando este último como un dato de partida para la clasificación, ya que transformadores fabricados antes de 1979 en Norteamérica o 1983 en Europa son considerados como equipos de Askarel.
- Pruebas de laboratorio: Existen kits especiales para determinar si un aceite dieléctrico contiene PCB's, es una prueba sencilla cuyos resultados son colorimétricos e indican un resultado positivo o negativo, siendo positivo para concentraciones mayores a las 50 ppm.
- Transformadores contaminados, los mismos que han sido almacenados conjuntamente con equipos con PCB's, ya que por mala manipulación o malas condiciones de seguridad provocaron contaminación cruzada.

3.4.2. Inventario Actual de PCB's en la CENTROSUR

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. dispone de un inventario de PCB's, para lo cual realizaron 2 774 pruebas colorimétricas al aceite dieléctrico de los transformadores, de las cuales 164 transformadores de distribución y 1 transformador de potencia dieron resultado positivo para presencia de PCB's.



Tabla III-3. Inventario de PCB's en la CENTROSUR

TIPO DE TRANSFORMADOR	VOLTAJE			SUBTOTAL
	6.3 kV	13.80 kV	22 kV	
MONOFÁSICOS	21	24	2119	2164
TRIFÁSICOS	221	14	375	610
TOTAL	242	38	2494	2774

Fuente: CENTROSUR. SIGADE: Administración de Transformadores, Febrero 2014

La cantidad de pruebas realizadas corresponde al 13% del total de transformadores que posee la Empresa, siendo este total de 15898 unidades de acuerdo al reporte del sistema SIGADE a febrero del 2014.

Según consta en la base de datos de la Empresa, se tienen operativos en el área de Parques Nacionales, la siguiente cantidad de transformadores:

Tabla III-4. Transformadores de la CENTROSUR en el Parque Nacional

Parque Nacional	Total Transformadores	Transformadores Contaminados
Cajas	22	0
Sangay	88	0

Fuente: (CENTROSUR, 2012)

3.4.3. Programa de inventario de transformadores con PCB's

Un programa de inventario de los transformadores permitirá tener una base completa y una visualización de la situación actual de empresa en cuanto a la cantidad de transformadores contaminados que posee.



Contar con un inventario actualizado permitirá tomar decisiones oportunas y certeras para el manejo adecuado de esta sustancia contaminante y facilitara la ejecución de planes para la disposición final.

Para la realización de este programa se deberá tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Determinar el número de transformadores en “uso” y en “almacenamiento”.
2. Clasificar los transformadores que tienen PCB's.
3. Muestreo de los transformadores para realizar las pruebas de laboratorio.
4. Registro de resultados
5. Codificación única de transformadores

3.4.4. Muestreo de los transformadores

Debido a la cantidad de transformadores que tiene la Empresa, no es posible realizar las pruebas colorimétricas para determinar el contenido de PCB's a todas las unidades ya que existen limitaciones tanto económicas, técnicas y de tiempo. Para solucionar este inconveniente es necesario recurrir a técnicas de muestreo.

El principio de aleatoriedad se basa en el muestreo estadístico, y si en el momento de determinar la muestra todos los elementos del universo tuvieron la misma oportunidad de ser elegidos se considera que la muestra calculada es válida y va a ser representativa.

Considerando que todos los transformadores pueden estar contaminados y sin realizar subdivisiones se puede aplicar la técnica de Muestreo Aleatorio Simple, de esta manera se escoge de forma aleatoria una cantidad de muestras “n” con un determinado nivel de confianza que representa el Universo de análisis(VIVANCO, 2005).

Para determinar el tamaño de la muestra, se debe tener en cuenta que esta sea representativa del grupo universo que se va a muestrear.



La fórmula empleada para el cálculo del tamaño de la muestra es la que se muestra a continuación (SCHEAFFER, 2006):

$$n = \frac{N\sigma^2 z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 z^2} \text{Ecuación 0-1}$$

De donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población

σ = Desviación estándar de la población (cuando no se tiene se emplea el valor de 0,5)

z = Nivel de confianza

e = Límite del error muestral (suele utilizarse un valor entre el 1% y el 9%)

Empleando la $n = \frac{N\sigma^2 z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 z^2}$ **Ecuación 0-1** para calcular el tamaño de muestra para la realización de las pruebas colorimétricas se tiene:

Tabla III-5. Datos para el cálculo y matriz de tamaños muestrales

Tamaño de muestra	15898
σ	0,5

Nivel de confianza	z
90%	1,64
95%	1,96
97%	2,17
99%	2,58

Nivel de confianza	Error de estimación									
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
90%	4726	1520	714	409	265	185	136	104	83	67
95%	5987	2086	1000	578	375	262	194	149	118	95
97%	6764	2483	1209	703	457	320	237	182	144	117
99%	8131	3298	1656	976	639	449	333	256	203	165

Fuente: Elaboración propia



Al momento el número de transformadores testeados son solamente el 13% del total de transformadores que posee la CENTROSUR, esto, representa un total de 2 774 transformadores, de acuerdo a cálculos realizados con la ecuación III-1. Es decir, se tiene un nivel de confianza del 95% con un error de estimación del 2%.

La decisión del nivel de confianza y el error de estimación con el cual que se desee manejar serán los parámetros determinantes para el cálculo del tamaño de muestra, sin embargo se plantea un cronograma de testeo para los siguientes escenarios:

- Nivel de confianza del 90% con error muestral del 1%
- Nivel de confianza del 95% con error muestral del 1%
- Nivel de confianza del 97% con error muestral del 1%
- Nivel de confianza del 97% con error muestral del 1%

El cronograma elegido (Tabla III-6) dependerá de la decisión de la alta gerencia de la empresa, aunque la recomendación estadística es emplear un nivel de confianza del 95% con un error de estimación del 1%, se incorpora en este cronograma el costo que solamente contempla el precio del Kit colorimétrico para la determinación de PCB's, se asume un costo de \$35 dólares por costos de logística que implican un personal mínimo de 1 operario y 1 supervisor, un vehículo y material de oficina.



Tabla III-6. Cronograma de testeo de los transformadores de acuerdo al nivel de confianza y al error de estimación

Nivel de confianza	Error de estimación	Total de transformadores	Meses																								COSTOS				
																											Kit colorimétrico		Logística		Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Unitario	Total	Unitario	Total	
90%	1%	4726	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	197	\$ 10,48	\$ 49.524,45	\$ 35	\$ 165.396,55	\$ 214.921,00
95%	1%	5987	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	\$ 10,48	\$ 62.747,83	\$ 35	\$ 209.558,59	\$ 272.306,43
97%	1%	6764	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	292	\$ 10,48	\$ 70.886,88	\$ 35	\$ 236.740,54	\$ 307.627,42
99%	1%	8131	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	339	\$ 10,48	\$ 85.210,35	\$ 35	\$ 284.576,55	\$ 369.786,89
			Número de transformadores a ser testeados por mes																												

Fuente: Elaboración propia



3.4.5. Elaboración y mantención de registros

Se debe llevar registros de las existencias de los transformadores para darles el manejo adecuado, por ello se han establecido formatos que permiten mantener la información relevante del inventario y la clasificación realizada.

En los formatos para los registros es importante colocar toda la información que ayude a identificar claramente el transformador inventariado. Entre la información que debe contener el formato según las recomendaciones del Informe de Auditoría Ambiental realizado en el año 2012 se encuentran:

- Fases: Monofásico, Trifásico, Otros.
- Tensión:
- Potencia:
- Año de fabricación:
- Marca:
- Modelo:
- Número de serie:
- País de Fabricación:
- Intervenciones anteriores por mantenimiento:
- Estado: En uso o desuso.
- Almacenamiento: Adecuado / No adecuado
- Volumen de aceite:
- Peso de aceite:
- Volumen del equipo:
- Dimensiones del equipo:
- Peso total del equipo (Kg):
- Ubicación: Coordenadas geográficas
- Alimentador primario:
- Zona: Rural/ Urbana:
- Tipo de aceite dieléctrico.
- Análisis de presencia de PCB's y tipo de análisis practicado
- Concentración de PCB's

Nota: Formato en Anexolll-1

3.5. Manipulación de transformadores con PCB's

Una correcta manipulación de los transformadores en cualquier etapa, es indispensable ya que siguiendo las correctas normas de control y seguridad, se



evitaran accidentes personales y ambientales, que traen consigo graves consecuencias debido a la alta toxicidad de los PoliclorurosBifenilos.

3.5.1. Normas de seguridad industrial

El personal a cargo de la manipulación de los transformadores con PCB's debe de cumplir estrictas normas de seguridad para evitar accidentes que provoquen daños personales y ambientales.

Dentro de los puntos que se deben tener presentes se encuentran:

- **Ficha de seguridad:** Conocida también como Hoja de datos de seguridad de materiales (MSDS siglas en ingles), es un documento que contiene toda la información referente a los peligros que ofrecen las sustancias químicas tanto para el ser humano, para la infraestructura y el medio ambiente. Este documento también contiene las precauciones que se deben de tomar y las acciones a realizar en casos de emergencia.

La ficha técnica para los Bifenilos Policlorados (PCB's) se encuentra en el Anexolll-2.

- **Equipo de protección personal (EPP):** La principal vía de absorción de los PCB's en el cuerpo humano es la cutánea, por lo cual cuando se va a manipular el equipo con PCB's es indispensable utilizar la vestimenta adecuada con el fin de disminuir los riesgos de exposición (PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA, 1999).

En base a la norma OSHA (29 CFR 1910:132), los empleadores o responsables de la seguridad industrial deben determinar el EPP adecuado para cada situación y la capacitación de cómo y cuándo utilizarlo.



Los empleados que manipulen PCB's deberán utilizar el siguiente EPP:

- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Overoles descartables tipo TYVEK laminado con SARANEX, los materiales a base de caucho natural no ofrecen protección contra los PCB's, por ello lo recomendable son los materiales en base a cauchos o elastómeros fluorados a prueba de productos químicos y los materiales laminados (PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA, 1999).
- ✓ Cubiertas para botas desechables TYVEK laminado con SARANEX
- ✓ Respiradores con cartucho para vapores orgánicos, se debe tener en cuenta que el uso incorrecto de las protecciones para las vías respiratorias es peligroso, por lo tanto se debe determinar las condiciones del ambiente de trabajo al cual va a estar sometido el trabajador, para de esta manera determinar la protección respiratoria apropiada (PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA, 1999).

Para el caso de exposiciones superiores a $0,001 \text{ mg/m}^3$ se recomienda el uso de equipo de suministrador de aire con máscara completa, en modo de presión a demanda u otro modo de presión positiva (DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS PARA PERSONAS MAYORES EN NEW JERSEY, 2007).

Exposiciones de 5 mg/m^3 o mayores representan un gran riesgo para la salud, por lo que se recomienda el uso de un equipo de respiración autónoma, en modo de presión a demanda u otro modo de presión positiva con un cilindro de aire para escape de emergencia.

Es importante tener presente que ningún tipo de material ofrece una protección del 100% frente a los PCB's, por lo tanto los EPP deben ser renovados periódicamente, y los equipos descartables una vez empleados deben ser tratados como desechos de PCB's (PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA, 1999).

El EPP adicional para la toma de muestras en equipos energizados es:



- ✓ Guantes dieléctricos para tensión (deberán cumplir la norma IEC-60903; clase 2-3, para tensiones hasta 22 kV).
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Zapatos de seguridad dieléctricos con punta de seguridad de fibra.
- ✓ Ropa de seguridad ceñida (ropa antifiama o ropa de algodón, y la ropa adicional interior será de algodón puro).
- ✓ Casco de seguridad dieléctrico.
- ✓ Lentes de seguridad.
- ✓ Conos
- ✓ Cinta autoreflejante
- ✓ Cinturón y cuerdas de seguridad
- ✓ Trepadoras (para el caso que la toma de muestra no sea a través de carro canasta)

- **Buenas prácticas laborales:**

Las buenas prácticas laborales se consideran como un instrumento que ayuda a evitar los accidentes y minimizar los riesgos laborales, dentro de estas buenas prácticas se encuentran:

- ✓ No comer, fumar o beber en las 'áreas donde se manipule, procesen o almacenen sustancias químicas.
- ✓ Lavarse las manos cuidadosamente antes de comer, beber, maquillarse o utilizar el baño.
- ✓ Emplear siempre el EPP adecuado para la tarea laboral designada.
- ✓ Una vez terminada la tarea designada, quitarse la ropa contaminada y usar ropa limpia.
- ✓ Una vez terminado el turno de trabajo, ducharse o lavarse correctamente.
- ✓ No llevar la ropa contaminada a la casa.
- ✓ Controlar periódicamente los niveles de las concentraciones de PCB's a los que están sometidos los trabajadores.
- ✓ Rotular correctamente los recipientes.



- ✓ Capacitar constantemente al personal sobre los riesgos y la correcta manipulación de los PCB's.

3.5.2. Procedimiento para toma de muestra

La toma de muestras de los transformadores puede ser realizada en los transformadores en “uso” y en los que se encuentran en “almacenamiento”, para cada una de estas situaciones se debe tener presente en el procedimiento las condiciones y parámetros necesarios para cada caso.

Se ha elaborado el procedimientos para la toma de muestra de los transformadores en “uso” o energizados (Anexo III-3), el procedimiento para transformadores que ingresan a bodega ya existe en la CENTROSUR con el nombre de “Clasificación y Manejo de equipos que contienen aceite dieléctrico ingresado en el laboratorio de transformadores “(P-DIPLA-214), tanto el procedimiento elaborado como el existente hacen referencia al Instructivo para el uso del Kit colorimétrico desarrollado por la CENTROSUR (Anexo III-4)

3.6. Transporte de transformadores con PCB's

Todos los productos, equipos y objetos tienen un ciclo de vida, dentro del cual son útiles y tienen un normal funcionamiento, como el caso de los equipos eléctricos (transformadores), pero una vez que cumplen su ciclo de vida deben ser retirados y reemplazados por equipos nuevos.

Es en este proceso de retirado, se debe tener precaución con los equipos que contienen PCB's, ya que se pueden provocar derrames y fugas y por lo tanto provocar daños en la salud de las personas que los manipulan, así como contaminación en el medio ambiente.

El transporte de este tipo de sustancias y objetos que representan un peligro potencial, debe de tener una serie de instrucciones y recomendaciones para



minimizar el riesgo tanto en su embalaje, etiquetado y en el transporte ya sea dentro del mismo país o entre países.

Teniendo en cuenta esta situación el Comité de Expertos en Transporte de Mercaderías Peligrosas del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas publica por primera vez en 1956 el libro “Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas”. Este libro enumera los artículos o sustancias que cuando son transportadas son potencialmente peligrosas y capaces de ocasionar daños a la salud, a la seguridad, a las propiedades o al medio ambiente y se encuentran clasificadas en listados que son aceptados internacionalmente.

Para el caso de los Bifenilos Policlorados (PCB’s), la ONU los ha clasificado de la siguiente manera (ver tabla III-7):

Tabla III-7. Clasificación de los Materiales Peligroso (ONU)

No. ONU	Nombre y descripción	Clase o div.	Riesgo secundario	Grupo de env/emb ONU	Disp. Espec.	Cantidades limitadas / exceptuadas		Embalajes/envases y RIG		Cisternas portátiles y contenedores para graneles	
								Inst de emb/env	Disp. Espec.	Inst. detransp.	Disp. Espec.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7a)	(7b)	(8)	(9)	(10)	(11)
2315	Bifenilos Policlorados (liquidos)	9		II	305	1 L	E2	P906 IBC02		T4	TP1

Fuente:(ONU, 2014)

- Columna 1: “No.ONU”, contiene el número de serie asignado al objeto o sustancia en el sistema de las Naciones Unidas.
- Columna 2: “Nombre y designación”, se da la designación oficial de transporte.
- Columna 3: “Clase o división”, indica la clase o división a la cual pertenece el objeto o sustancia. La ONU divide a todas estas sustancias y objetos en 9 clases (Clase 1: Explosivos, Clase 2:Gases, Clase 3:Liquidos Inflamables, Clase 4:Solidos Inflamables, Clase 5:Sustancias Comburentes y Peróxidos

Orgánicos, Clase 6: Sustancias Tóxicas y Sustancias infecciosas, Clase 7: Materiales Radiactivos, Clase 8: Sustancias Corrosivas y Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios).

Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios, incluidas las sustancias peligrosas para el medio ambiente. Dentro de esta clasificación los PCB's se encuentran en un subgrupo denominado "Sustancias y objetos, que en caso de incendio pueden formar dioxinas".

La simbología para transporte que se emplea con esta clase es la que se muestra en la Figura III-1.

Figura III-2. Rotulo empleado para Sustancias y Objetos peligrosos de la Clase 9 (ONU)



Fuente: (NACIONES UNIDAS, 2009)

- Columna 4: "Riesgo Secundario", Contiene el número de clase o división de los riesgos secundarios importantes.
- Columna 5: "Grupo de embalaje/envasado ONU", contiene el número de embalaje/envase de las Naciones Unidas. Existen 3 grupos:
 - a) Grupo de embalaje/envase I: Sustancias y preparados muy peligrosos.
 - b) Grupo de embalaje/envase II: Sustancias y preparados medianamente peligrosos. Los PCB's pertenecen a este grupo.
 - c) Grupo de embalaje/envase III: Sustancias y preparados poco peligrosos.



- Columna 6: “Disposiciones Especiales”, en este punto figuran las disposiciones especiales para el objeto o sustancia. Estas disposiciones se encuentran en el apartado 3.3.1. del libro “Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas”.

305: Los PCB's no están sometidas a las disposiciones del ADR⁷ siempre que sus concentraciones no superen los 50 mg/kg.

- Columna 7a: “Cantidades limitadas”, indica la cantidad máxima autorizada por embalaje/envasado interior u objeto para el transporte de mercancías peligrosas.
- Columna 7b: “Cantidades exceptuadas”, indica la cantidad máxima autorizada por embalaje/envasado interior y exterior para el transporte de mercancías peligrosas.

Los PCB's tienen designado la nomenclatura alfanumérica E2, y su significado se puede observar en la Tabla III-8.

⁷ADR: Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road o ADR) firmado en el año de 1957. Este acuerdo fue realizado de acuerdo a las Recomendaciones de las Naciones Unidas y rige en España, tiene la adhesión de algunos países asiáticos y del norte de África. El acuerdo regula el embalaje, transporte, documentación, obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en el proceso y demás aspectos relacionados en el transporte por carretera de mercancías peligrosas entre varios países o en el mismo país. Estas regulaciones buscan evitar danos a la salud y el medio ambiente.



Tabla III-8. Cantidades limitadas y exceptuadas para transporte de las Sustancias y Objetos peligrosos de la Clase 9 (ONU)

Código	Cantidad neta máxima por embalaje/envase interior (g para sólidos y ml para líquidos y gases)	Cantidad neta máxima por embalaje/envase exterior (g para sólidos y ml para líquidos y gases: o como la suma de g y ml en el caso de embalaje en común)
E0	No se permite el transporte como cantidad exceptuada	
E1	30	1000
E2	30	500
E3	30	300
E4	1	500
E5	1	300

Fuente: (NACIONES UNIDAS, 2009)

- Columna 8: “Instrucciones de embalaje/ensado”, Contiene códigos alfanuméricos que hacen referencia a instrucciones de embalaje/ensado especificadas en la sección 4.1.4 del libro “Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas”.

En la sección 4.1.4. del Libro “Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas, se encuentran las especificaciones para el embalaje/ensado de los PCB’s (ver Tabla III-9).



Tabla III-9. Especificaciones para embalaje/ensado de las Sustancias y Objetos Peligrosos de la Clase 9 (ONU)

P906	INSTRUCCIÓN DE EMBALAJE/ENVASADO	P906
Esta instrucción se aplica a los Nos. ONU 2315, 3151, 3152 y 3432.		
Se autorizan los siguientes embalajes/envases, siempre que se respeten las disposiciones del 4.1.1 y del 4.1.3:		
1) Para los líquidos y sólidos que contengan o estén contaminados por PCB (bifenilos policlorados) o por bifenilos o terfenilos polihalogenados: Embalajes/envases de conformidad con las instrucciones de embalaje/ensado P001 o P002, según el caso.		
2) Para los transformadores y condensadores y otros aparatos: Embalajes/envases estancos que puedan contener, además de los aparatos propiamente dichos, al menos 1,25 veces el volumen de los bifenilos policlorados líquidos o los bifenilos o terfenilos polihalogenados que contengan. Los embalajes/envases deberán estar rodeados de material absorbente suficiente para absorber al menos 1,1 veces el volumen del líquido contenido en los aparatos. En general, los transformadores y condensadores deberán transportarse en embalajes/envases metálicos estancos que puedan contener, además de los transformadores y los condensadores, al menos 1,25 veces el volumen del líquido presente en ellos.		
Sin perjuicio de lo anterior, podrán transportarse líquidos y sólidos que no estén embalados/ensados de conformidad con las instrucciones de embalaje/ensado P001 y P002, así como transformadores y condensadores sin embalar, en unidades de transporte provistas de una cuba metálica estanca de una altura de al menos 800 mm, que contenga suficiente material absorbente inerte para absorber al menos 1,1 veces el volumen de cualquier líquido derramado.		
Requisito adicional: Deberán tomarse las disposiciones adecuadas para asegurar la estanqueidad de los transformadores y condensadores a fin de evitar pérdidas en condiciones normales de transporte.		

Fuente: (NACIONES UNIDAS, 2009)

- Columna 9: “Disposiciones especiales de embalaje/ensado”, Contiene códigos alfanuméricos que hacen referencia a disposiciones especiales de embalaje/ensado especificadas en la sección 4.1.4 del libro “Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas”.

3.6.1. Requisitos legales

En el Ecuador la institución responsable y reguladora de la gestión de sustancias químicas y desechos peligrosos es el Ministerio del Ambiente. Esta gestión abarca las fases de Abastecimiento, Transporte, Comercialización, Recolección, Utilización, Almacenamiento, Sistemas de Eliminación y Disposición final.

En el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria libro VI de la Calidad Ambiental Anexo 7 se encuentran los Listados Nacionales de Productos Químicos Prohibidos peligrosos y de uso severamente restringido que se utilicen en el Ecuador, y dentro del listado de Productos Químicos Peligrosos Prohibidos se

María Angélica Astudillo Pillaga



encuentran los PCB's, por lo tanto deben ser considerados también como desechos peligrosos.

Para el caso de la Empresas Eléctrica CENTROSUR C.A. los PCB's serán tratados como desechos químicos peligrosos y consecuentemente deberán sujetarse a las regulaciones establecidas en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria libro VI de la Calidad Ambiental título V: Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos.

El Transporte de los PCB's para la CENTROSUR, será considerado los dos casos: primero el transporte de las muestras de aceite dieléctrico para análisis de PCB's y el segundo caso el de los transformadores energizados, cuando son dados de baja y son llevados a la bodega de almacenamiento que se encuentra en las instalaciones de la Empresa, por lo tanto el transporte será considerado como "local", sin embargo estas regulaciones son aplicadas de igual manera para el caso que se deba transportar estos desechos a cualquier parte del país y en el caso de necesitarse trasladar los mismos al exterior se deberá acatar las leyes regulatorias de tránsito de desechos peligrosos establecidos internacionalmente y las aplicadas en el país de destino.

Dentro de los requisitos legales que se deben tener para el transporte de desechos peligrosos se encuentra la Licencia Ambiental otorgada por la Autoridad Ambiental (Ministerio del Ambiente).

3.6.2. Condiciones técnicas para los medios de transporte

El transportista debe cumplir las siguientes condiciones y requisitos para el traslado de desechos peligrosos (PCB's):

- ✓ Los vehículos que se empleen para el transporte de equipos, recipientes y residuos que contengan PCB deben estar en perfectas condiciones técnicas y deben tener uso exclusivo para este fin.



- ✓ Deben someterse a inspección previamente a la realización de cualquier operación con PCB.
- ✓ El transportista debe entregar la carga total a su lugar de destino.
- ✓ Durante el traslado no se podrá realizar ningún tipo de manipulación de la carga que sea ajeno del propio proceso de transporte.
- ✓ El transportista no puede mezclar desechos peligrosos que sean incompatibles entre sí, y también tiene prohibido el almacenaje de esta carga en lugares no autorizados.
- ✓ El transportista deberá contar y conocer los procedimientos en caso de derrames o de algún tipo de accidente, así como también debe tener los registros solicitados por la autoridad ambiental.
- ✓ Si durante el transporte de los desechos peligrosos (PCB's) se generan accidentes ya sea por negligencia, inobservancia a las leyes y/o impericia del conductor, el transportista será el responsable de estas situaciones.

3.6.3. Embalaje

Dentro de las condiciones técnicas sugeridas para el embalaje de los PCB's están:

- Los tanques de los transformadores o capacitores no pueden considerarse como embalajes apropiados para el transporte.
- Los equipos o recipientes que contengan líquidos deben disponer de contención secundaria, para lo cual se pueden emplear bandejas, recipientes dobles, u otros.
- Los equipos o recipientes deben anclarse o atarse a los vehículos para evitar que se desplacen durante el transporte.

3.6.4. Etiquetado

El etiquetado de los recipientes que contengan PCB's deben seguir la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2288:2000 "Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos".



La etiqueta debe tener la siguiente información:

1. Identidad del producto o componente (s) peligroso (s), se debe colocar el nombre del producto y /o de los componentes, no solamente se debe referirse al nombre comercial, si el producto es una mezcla se deben colocar los productos químicos que son potencialmente riesgosos.
2. Palabra clave, hace referencia a las palabras: PELIGRO, ADVERTENCIA y CUIDADO de acuerdo al grado de gravedad (efectos crónicos graves).
3. Declaración de riesgos, se deben colocar los riesgos previstos en caso de manejo o de uso del producto.
4. Medidas de precaución, se deben colocar las leyendas que indiquen precaución con relación a los riesgos declarados.
5. Instrucciones en caso de contacto o exposición, hacen referencia a los primeros auxilios antes de la atención médica, son instrucciones simples en caso de contacto o exposición del producto químico.
6. Antídotos, debe ser colocado solamente en los casos aplicables, este puede ser administrado por el médico.
7. Notas para médicos, son medidas terapéuticas útiles para el médico tratante.
8. Instrucciones en caso de incendio, derrame o goteo, son disposiciones apropiadas para confinar y extinguir los incendios y limpiar derrames o goteos que se pueden dar en los casos de embarque y almacenamiento.
9. Instrucciones para manejo y almacenamiento de recipientes, son procedimientos especiales o poco usuales que se deben tener presentes para los casos de manejo y el almacenamiento.

De acuerdo a los requisitos antes mencionados conjuntamente con los requisitos del Manual de procedimientos para el manejo de Bifenilos Policlorados del CONELEC se ha elaborado una etiqueta para los envases contaminados y libres de PCB's (AnexoIII-5).



3.6.5. Normas de seguridad y planes de emergencia

Existen varias situaciones indeseables que pueden presentarse cuando se manipula, se almacena o se transporta sustancias peligrosas, en este caso los PCB's, por lo que se debe emitir ciertas medidas generales de seguridad in situ que permitan resolver los incidentes presentados de forma rápida y oportuna, evitando o disminuyendo los daños personales o ambientales.

3.6.5.1. Medidas generales de seguridad

Dado que los PCB's tienen la propiedad de bioacumulación, es indispensable establecer como política de seguridad las siguientes normas:

- ✓ Divulgar y capacitar regularmente sobre los riesgos y los procedimientos establecidos para los PCB's al personal general y en especial al personal que se encuentra en los diferentes niveles de contacto con esta sustancia, ya sea en el almacenamiento, manejo, toma de muestras, reparaciones de los equipos contaminados, etc.
- ✓ Prohibir el uso de equipos o artefactos que generen llamas o aumenten la temperatura de las superficies metálicas, ya que pueden generar riesgos de descomposición de los PCB's con la correspondiente emisión de gases tóxicos.
- ✓ Asegurar una adecuada ventilación en el lugar designado para el trabajo de reparación de los transformadores con PCB's y evitar la emisión de vapores.
- ✓ El personal que se encuentre en contacto con PCB's deberá emplear el EPP designado y proporcionado por la empresa, de igual manera se deberá dotar del adecuado EPP para los visitantes autorizados que ingresen a los lugares donde exista equipos o aceite contaminado con PCB's.



La empresa eléctrica CENTROSUR tiene establecido un procedimiento para el caso de la contaminación fría o más conocido como derrame, de igual manera para los accidentes en caliente o incendios, este procedimiento denominado “PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO” se encuentra descrito en el Anexo III-12

Para el caso puntual de los incidentes presentados durante el transporte de los PCB's, se propone un plan de contingencia, el mismo que considera criterios de seguridad y de acciones inmediatas a ser realizadas en cuatro tipos de incidentes probables que se pueden presentar:

- Accidentes
- Fallas en el equipo
- Incendio del vehículo por causa externa o causado por la carga a transportar
- En caso de atropellos

El plan de contingencia propuesto se encuentra detallado en el Anexo III-6.

3.6.6. Procedimiento de transporte

El procedimiento para el transporte a ser propuesto corresponde únicamente al transporte de los PCB's en el territorio nacional y solamente los que son de propiedad de la CENTROSUR para ser depositados en la bodega de la empresa para el almacenamiento temporal.

El transporte trasfronterizo no es considerado ya que este tiene sus especificaciones y regulaciones especiales acordadas en el Convenio de Basilea y también de acuerdo a las leyes del país receptor de la mercadería, además de que este tipo de transporte es efectuado por empresas autorizadas para esta actividad.

El procedimiento propuesto se encuentra detallado en el Anexo III-7.



3.7. Almacenamiento de transformadores con PCB's

El almacenamiento de los PCB's y de los equipos que los contienen, representa una etapa intermedia su gestión y en la que se deben tener en cuenta disposiciones de seguridad para evitar derrames, fugas o incendios. Los PCB's y los equipos contaminados deben estar muy bien resguardados y el almacenamiento debe ser considerado transitorio ya que los mismos irán a procesos posteriores como tratamiento, destrucción o disposición final.

Dentro de los criterios técnicos a tener en cuenta de acuerdo a la Norma NTE INEN 2266: 2010 para el almacenamiento se encuentran:

3.7.1. Identificación del material

Para el correcto almacenaje de los PCB's y los residuos que se encuentren contaminados con esta sustancia es indispensable identificarlos de manera clara y correcta, para lo cual el etiquetado se regirá a la Norma INEN 2288:200 Productos Químicos Peligrosos, Etiquetado de Precaución, Requisitos. Las etiquetas propuestas para la identificación se encuentran en el Anexo III-5.

3.7.2. Compatibilidad

Los Policloruros Bifenilos se encuentran en el grupo Clase 9 (ONU), y de acuerdo a la Matriz de Incompatibilidades químicas (Tabla III-10) determinada por la ONU, se puede observar que no existe incompatibilidades químicas para los PCB's, por lo tanto cuando se vaya a almacenar esta sustancia con otras es necesario analizar esa situación particular.

De acuerdo al tipo de actividad industrial que realiza la CENTROSUR, las sustancias químicas que necesitan ser almacenadas son: aceite dieléctrico libre de PCB's y aceite con PCB's, y a pesar que no existe incompatibilidad entre las dos



sustancias lo recomendable es el almacenamiento exclusivo para los aceites y los residuos con PCB's, para evitar una contaminación cruzada.

Tabla III-10. Matriz de incompatibilidades químicas

CLASE PELIGRO ONU	1	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6	7	8	9
1	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2.1	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Yellow
2.2	Yellow	Green	Yellow											
2.3	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Yellow
3	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Green	Yellow
4.1	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
4.2	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
4.3	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
5.1	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
5.2	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
6	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow
7	Yellow	Red	Green	Yellow										
8	Yellow	Green	Green	Red	Green	Red	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
9	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
1	Corresponde a la Clase Explosivos. Su almacenamiento depende de las incompatibilidades específicas													
Green	Pueden almacenarse y transportarse juntos													
Yellow	Precaución. Revisar incompatibilidades individuales													
Red	Son incompatibles. Pueden requerir almacenamiento y transporte separados													

Fuente: (NTE INEN 2266:2010, 2010)

3.7.3. Localización

El sitio designado para su uso como bodega de los PCB's deberá tener las siguientes características condiciones:

- Su ubicación debe ser en un lugar alejado de zonas residenciales, escuelas, hospitales, áreas de comercio o industrias que fabriquen alimentos para personas o animales, y de fuentes de agua.



- La bodega debe estar aislada de fuentes de calor o ignición.
- Debe existir la señalización adecuada que indique la peligrosidad del material almacenado, y el acceso a la bodega deberá ser restringido.
- La zona de almacenamiento debe estar situada en un área no expuesta a inundaciones y de fácil acceso para los bomberos.

3.7.4. Servicios

- En el exterior de la bodega deberá existir un cuarto de vestuario, que constara de: batería sanitaria, ducha y lavajos para casos de emergencia y armarios para los EPP.
- Deberá existir un departamento médico para primeros auxilios y fácil acceso a un centro hospitalario que tenga conocimiento de las características de los PCB's y su tratamiento en caso de presentarse algún incidente.
- Debe existir un muro circundante que tenga como mínimo una distancia de 10 m con las paredes de la bodega.
- Es indispensable que el local cuente con todos los EPP necesarios para la manipulación de los PCB's.
- Se deberá capacitar al personal sobre los procedimientos en caso de accidentes con los PCB's.
- La bodega deberá contar con los equipos de seguridad industrial determinados para el almacenamiento de los PCB's.
- Es necesario documentar la información necesaria, como registro de mantenimiento (Anexo III-8) e inspección de la bodega (Anexo III-9), historial del personal (Anexo III-10) que ingresa a la bodega, registros de entrenamiento en seguridad y salud ocupacional, protocolos de inspección y mantenimiento y respuesta ante emergencias.

3.7.5. Parqueadero

El local destinado para almacenamiento de materiales peligrosos, debe tener las siguientes características:

María Angélica Astudillo Pillaga



- Los vehículos deberán estar estacionados en los lugares designados y orientados hacia la salida.
- El parqueadero contara con lugares especiales designados para el estacionamiento de los vehículos que transportan material peligroso.
- El parqueadero deberá contar con la señalización adecuada y con el espacio suficiente para realizar las maniobras.

3.7.6. Local

La bodega donde se almacene los PCB's o los equipos que lo contienen, debe cumplir con los siguientes requisitos técnicos(CONLEC, 2012),(PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA, 1999):

- Piso de material impermeable, sin grietas ni hendiduras, con barreras selladas en todos los flancos, con canaletas colectoras dirigidas hacia un recolector de PCB's para el caso de derrames o fugas.
- El tanque de recolector para los derrames o fugas deberá tener la capacidad de contención de al menos el 125% de todo el líquido almacenado.
- La bodega debe tener una protección contra la lluvia y la incidencia de radiación solar sobre el material almacenado.
- El local de almacenamiento debe tener una adecuada ventilación, para lo cual se deberá dejar aberturas en la parte superior e inferior de la bodega y tener ventanas.
- La bodega deberá contar con la adecuada señalización para prevención y sobre los materiales peligrosos.

3.7.7. Operaciones de carga y descarga

Para las operaciones de carga y descarga de los PCB's, es indispensable tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En las operaciones de carga y descarga de los materiales peligrosos (PCB's) deben intervenir mínimo dos personas.



- El personal que intervenga en estas operaciones debe conocer el peligro y toxicidad del material que está manipulando, y es obligatorio el uso del EPP.
- Se debe difundir y proporcionar la información sobre los procedimientos para los casos de derrames, fugas y escapes de los PCB's, y a quien se debe de llamar en caso de emergencia para obtener la información técnica y médica necesaria.
- Verificar las cantidades de carga y descarga de los PCB's que se encuentran declaradas en las fichas de embarque o desembarque e ingreso a bodega (Anexo III-11)
- Antes de la carga o durante ella, se deben verificar los envases de manera que se encuentren herméticos, y no existan posibilidades de derrame o fuga de los PCB's, en caso de encontrarse una falla en los envases se debe proceder de acuerdo al Plan de contingencias en caso de derrame de aceite dieléctrico (I-DIPLA-311) (Anexo III-12)

3.7.8. Colocación y apilamiento

- Si los PCB's van a ser almacenados conjuntamente con otra sustancia, se deberá analizar dicha situación, ya sea que el aceite con PCB's sea almacenado en envases o en los propios equipos y tener en cuenta la matriz de compatibilidades químicas (Tabla III-10)
- Los envases que contienen los PCB's no deben ser colocados directamente en el suelo sino sobre plataformas o paletas.
- Los envases en los que se almacena los PCB's deberán tener los cierres hasta arriba.
- Los envases deben almacenarse de acuerdo a una sola clasificación y de manera que no se dañen.
- Las plataformas donde se colocaran los envases con PCB's deberán tener un ancho de 2 paletas y un largo máximo de 8 paletas.
- La distancia entre los bloques y la pared, y entre bloques deberá ser mínimo de 1 metro.



- En el caso de usar estanterías para el almacenaje, deberán estar claramente identificados y de igual manera si el almacenamiento es por bloques.

3.7.9. Envases

Los envases que van a ser empleados para almacenar los PCB's deberán tener las siguientes características (PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA, 1999), (CONLEC, 2012):

Para los líquidos:

- ✓ Tambores de acero de doble orificio con tapa (calibre 18 o superior)
- ✓ Los recipientes no deberán tener una capacidad mayor a los 55 galones.

Para aparatos eléctricos:

- ✓ Los aparatos eléctricos pequeños deberán disponer de un sistema de contención secundaria, como tambores de acero de parte superior abierta (calibre 18 o superior) con tapa asegurable.
- ✓ Los aparatos eléctricos grandes serán colocados en bandejas para contención de derrames que tengan la capacidad de contener el 125% del líquido del aparato.

Para desechos sólidos contaminados:

- ✓ Todos los desechos sólidos contaminados como: tierra, materiales de trabajo (guaipes, franelas), EPP desechable o contaminado (guantes, mandiles, botas, etc.), serán depositados en tambores de acero de 55 galones de capacidad con tapa asegurable.

En general los envases deben cumplir los siguientes requerimientos de acuerdo a la norma NTE INEN 2266: 2010:

- ✓ Se deben emplear envases de buena calidad, de manera que no se produzcan daños en el mismo por cambios en temperatura, presión o



humedad que pueda provocar derrames o fugas de la sustancia almacenada.

- ✓ Los envases podrán ser reutilizados únicamente con la sustancia original o con sustancias que no generen reacciones químicas.
- ✓ Los envases deben ser revisados periódicamente para asegurar que se encuentren en condiciones óptimas para su utilización.
- ✓ Los envases deben estar adecuadamente etiquetados.

3.8. Riesgos y procedimientos de emergencia

En cualquiera de las etapas de la gestión de los PCB's existen riesgos que pueden ser identificados y para los cuales se debe tener establecidos los respectivos procedimientos de emergencia.

A medida que se desarrolló el presente Capítulo en cada una de las etapas se identificó la documentación y los procedimientos de emergencia, a continuación se presenta un resumen de la documentación elaborada para cada etapa.

Tabla III-11. Resumen de la documentación levantada

ETAPA	DOCUMENTACION			ANEXO
	PROCEDIMIENTO	FORMULARIO	INFORMACION	
INVENTARIO Y CLASIFICACION		Ficha para el inventario de transformadores		Anexo III-1
			Ficha de seguridad de los PCB's	Anexo III-2
	Procedimiento para el análisis del aceite dieléctrico de un transformador en operación			Anexo III-3
		Orden de trabajo		Anexo III-3.1
		Formato de toma de muestra de los transformadores		Anexo III-3.2
			Instructivo para el uso del kit colorimétrico	Anexo III-4



TRANSPORTE Y MANIPULACION			Etiquetas	Anexo III-5
			Plan de contingencia para el caso de derrame de PCB's en el transporte	Anexo III-6
		Ficha para el levantamiento de información para accidentes en el transporte		Anexo III-6.1
	Procedimiento para el transporte de PCB's			Anexo III-7
ALMACENAMIENTO		Registro de mantenimiento		Anexo III-8
		Registro de inspección		Anexo III-9
		Historial del personal que ingresa a bodega		Anexo III-10
		Ficha de embarque /desembarque		Anexo III-11
			Plan de contingencia en el caso de derrame de aceite dieléctrico	Anexo III-12
		Formato de levantamiento de información para evaluación de la magnitud de la emergencia ocurrido en la carga/descarga de PCB's		Anexo III-12.1

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 4



CAPÍTULO IV.

TRATAMIENTO PARA DESCONTAMINACIÓN Y ELIMINACIÓN DE PCB's

4.1. Introducción

El tratamiento para la descontaminación y la eliminación de los PCB's debe ser considerado como una necesidad urgente del país, como respuesta al convenio suscrito por el Ecuador en el 2002 para implementar el Plan Nacional para la gestión de los compuestos orgánicos persistentes en el Ecuador, que tiene dentro de sus objetivos la eliminación de los PCB's hasta el año 2020.

En el presente capítulo se describen algunas de las metodologías empleadas actualmente para la descontaminación y la eliminación de esta sustancia química peligrosa, además se desarrolla un análisis técnico-económico para el tratamiento de los 175 transformadores contaminados por PCB's que tiene actualmente la CENTROSUR.

Adicionalmente se analiza la posibilidad de estructurar un proyecto MDL a través de la sustitución de los transformadores contaminados ineficientes por transformadores libres de PCB's y de mayor eficiencia, para esto se realiza el cálculo de los Gwh evitados y de las kilotoneladas de CO₂ reducidas debido al cambio tecnológico.

4.2. Tratamiento y descontaminación de equipos contaminados con PCB's

En el mercado existen varios procesos de descontaminación de los transformadores de aceite con contenido de PCB's, sin embargo estos procesos solamente pueden ser realizados por gestores autorizados. Hasta el momento de la elaboración de este documento este tipo de empresas no operan en el país.

El objetivo fundamental del tratamiento y descontaminación es la reutilización del transformador, para lo cual existen diferentes técnicas empleadas, algunas que realizan la descontaminación sin desarmar el equipo, mientras otras empiezan por drenar el líquido o aceite contaminado y retirar las partes que no pueden ser



descontaminadas como el material orgánico y rellenan el transformador con el aceite tratado o con un aceite nuevo libre de PCB's.

4.2.1. Decloración

4.2.1.1. Decloración Química

Este método se basa en la afinidad de los metales alcalinos por el cloro, en especial se emplea al sodio metálico, ya que el sodio reacciona con los aniones cloruros de los PCB's dando como resultado cloruro de sodio y aceite libre de PCB's.

La velocidad con la que se da la reacción entre el Sodio metálico y el cloro de la molécula de PCB's, depende de la interfaz entre el metal –aceite, ya que mientras más finas sean las partículas del metal alcalino será más rápida la reacción.

El empleo de este método determina una ventaja ya que se puede recuperar y reutilizar el aceite, sin embargo el manejo del sodio metálico requiere condiciones especiales, por lo cual se ha ido sustituyendo el sodio metálico por Hidróxido de Sodio e Hidróxido de Potasio, logrando así tener sistemas más seguros, eficientes y tolerantes al agua y otros contaminantes.

En la actualidad existen diferentes combinaciones de reactivos que permiten realizar la decloración y varias investigaciones que demuestran la efectividad de estas alternativas, como el caso de la mezcla de Hidróxido de Potasio con polietilenglicol (KPEG) con el cual se ha obtenido resultados de hasta un 99% de remoción de PCB's(MARGIE, 2011).



4.2.1.2. Hidrotratamiento

Este tratamiento de dechloración se basa en el tratamiento del aceite con PCB's con gas hidrógeno en condiciones de altas temperaturas y con la presencia de un catalizador.

La reacción generada es la descomposición del PCB's en metano y ácido clorhídrico, y posteriormente se trata con sosa cáustica para neutralizar el ácido formado, obteniéndose de esta forma una solución salina.

Para la eficacia del método se requiere de controles estrictos del proceso. Es posible obtener hidrógeno a través del metano resultante de la reacción, sin embargo esto implicaría la modificación del proceso y por lo tanto existirán mayores complejidades en el conjunto de la operación(PANTOJA, 2008).

4.2.3. Degradación biológica

Este método es empleado para remediación de suelos contaminados con PCB's y de otros compuestos clorados, pudiendo efectuarse en el lugar físico del sitio contaminando (in situ) o con la remoción de la matriz contaminada para que sea transportada hasta el lugar de la descontaminación (ex situ)(MARZIO, S/A).

El tratamiento consiste en una degradación biológica mediante bacterias especialmente cultivadas o seleccionadas; la eficiencia de este tratamiento depende de factores como:

Nivel de cloración de la molécula, es decir la cantidad de átomos de cloro presentes, ya que a mayor cloración es más difícil la degradación.

- Tipo de microorganismo.
- Presencia de concentraciones adecuadas de nutrientes, humedad, calor y oxígeno para el crecimiento óptimo de las bacterias.
- Permeabilidad de los suelos.
- Tiempos de residencia.



El proceso de deshalogenación de los PCB's resulta en una biodegradación incompleta debido a la gran cantidad de congéneres existentes que dan como resultado una gran cantidad de compuestos. Según la literatura el mecanismo que debe emplearse es una primera etapa con una degradación anaerobia seguida de una degradación aerobia, sin embargo el éxito del proceso dependerá también de los otros factores mencionados anteriormente (MINISTERIO DEL AMBIENTE DE COLOMBIA, 2009).

4.2.4. Oxidación con agua supercrítica

Esta tecnología emplea las propiedades del agua supercrítica, es decir en condiciones de temperatura y presión mayores al del punto crítico (374 °C y 22MPa), debido a sus excelentes propiedades como catalizador de las reacciones de oxidación, para la reacción propiamente dicha se emplea un agente oxidante como el oxígeno o el peróxido de hidrógeno (MANTILLA & CARDONA, 2012).

El proceso de oxidación por agua supercrítica se lo realiza en sistemas cerrados a temperaturas entre 400 - 500 °C y presión de 25 MPa, en estas condiciones se produce la oxidación y descomposición de los residuos y compuestos orgánicos clorados dando como resultado dióxido de carbono, agua y ácidos y sales inorgánicas.

Durante los inicios de esta tecnología se presentaron problemas debido a los compuestos ácidos que se formaban, sin embargo esta situación fue solucionada con el empleo de materiales anticorrosivos y con la neutralización de los ácidos resultantes. Sin embargo esta tecnología está limitada a líquidos con contenido menor al 20% de contaminante y en sólidos menores a 200 micrones de diámetro.

Dentro de las ventajas ambientales que presenta este proceso pueden ser capturadas, además que las concentraciones de las emisiones se consideran no significantes (menores a 10 ppm y con ausencia de material particulado), óxidos de nitrógeno, cloruro de hidrógeno y óxidos de azufre (IPEN, 2005).



4.2.5. Nanotecnología

Nanotecnología es la manipulación de la materia en una escala de tamaño cercano a lo atómico para producir nuevas estructuras, materiales y dispositivos. Estos materiales exhiben propiedades únicas en nivel de nanoescala, lo cual afecta su comportamiento físico, químico y biológico.

Esta nueva metodología industrial capaz de producir los nuevos productos que llegan al comercio con el nombre de nanotecnológicos ya generó en el mundo la cantidad de 450 productos que están circulando a diario de forma desapercibida por los consumidores (QUINTILI, 2012).

La nanotecnología es aplicada en diferentes campos desde la industria textil medicina, agroindustria, medio ambiente, entre otros.

En el área medioambiental algunos materiales nanoestructurados son empleados para la purificación de agua a través de membranas nanoporosas que filtran patógenos y materiales indeseables.

Para los casos de eliminación de contaminantes de fuentes de agua u otras como el aceite dieléctrico, se emplea nanopartículas de hierro por su propiedad de adsorción de los contaminantes en la superficie de la nanopartícula y debido a su naturaleza las partículas de hierro provocan reacciones de óxido reducción dejando inocuos los contaminantes adsorbidos (QUINTILI, 2012). Esta técnica ha sido ampliamente desarrollada en Argentina y Brasil, sin embargo el caso más conocido de experiencia en esta técnica se encuentra en Argentina en la empresa NANOTEK S.A, quienes ofrecen el servicio de dechlorinación (**DECHLOR OFF**) de efluentes y otros líquidos como el aceite dieléctrico.



4.3. Tratamientos de eliminación de PCB's

4.3.1. Incineración

La incineración es una de las técnicas más antigua y ampliamente utilizada, sobre todo en los países industrializados. Los hornos empleados en principio, se los utilizaba para el tratamiento de los desechos propios de las industrias químicas y luego fueron empleados para la incineración de los desechos con PCB's, sin embargo en los últimos años esta técnica ha sido criticada por varios grupos ambientales por considerarla una práctica contaminante para el medio ambiente, e incluso países como Japón mantienen una prohibición para el uso de estos incineradores, lo cual ha provocado el desarrollo de otras opciones para la eliminación de los PCB's.

Esta técnica consiste en quemar los aceites o los desechos contaminados con PCB's a temperaturas superiores a los 1150°C, para evitar la formación de dioxinas y furanos. El control de los parámetros (temperatura, tiempo de residencia, turbulencia y cantidad de oxígeno) que inciden en el proceso de incineración debe ser estricto (CH, 2011).

En un incinerador los contaminantes se van transformando en gases, los mismos que pasarán a través de la llama de un quemador para ser eliminados. Los gases previamente calentados se descomponen combinándose con oxígeno y formando compuestos menos tóxicos y vapor. Los gases producidos en el incinerador pasan a través de un equipo de control de la calidad del aire para eliminar cualquier resto de metales, ácidos y cenizas. Estos componentes tóxicos deberán ser dispuestos en un vertedero de seguridad. La cantidad de material resultante de este proceso es mucho menor que la que fue tratada inicialmente.

Otra técnica empleada muy similar a la incineración es la eliminación de los PCB's en los hornos de cemento. En este caso el aceite contaminado es mezclado con el combustible empleado en estos hornos. Generalmente las empresas cementeras aceptan el empleo de este aceite clorado debido al alto poder calorífico que



representa. En este procedimiento se deben realizar controles y un monitoreo permanente de los gases de combustión para asegurarse que las concentraciones de las dioxinas y furanos se encuentren entre los límites permitidos (MANTILLA & CARDONA, 2012) (PANTOJA, 2008).

La incineración puede ser realizada en los siguientes tipos de equipos:

- Incineradores de horno rotativo
- Incineraciones de inyección líquida
- Incineradores de horno fijo
- Incineradores de cama fluidizada
- Hornos de cemento

4.3.2. Solvente – Incinerador (Técnica combinada)

Muchas empresas de incineración, emplean esta técnica combinada, que consiste en una primera etapa la descontaminación del equipo (transformador o capacitor) con un solvente para retirar el PCB's, luego las partes metálicas son enviadas para reciclaje y en una segunda etapa se incineran las partes difíciles de descontaminar (material orgánico como papel y madera).

Los aceites tratados con el solvente dan como resultado una sustancia que es destilada y presenta una alta concentración de PCB's, este líquido resultante puede ser tratado químicamente para la eliminación de los PCB's o se procede a la incineración (PANTOJA, 2008).

4.3.3. Arco plasmático

Este tratamiento se emplea para sustancias cloradas y otros residuos que contienen compuesto orgánicos complejos, ya que estas moléculas se convierten en otras más sencillas e inofensivas como son el dióxido de carbono, agua y ácido clorhídrico (CH, 2011).



Los sistemas de arco plasmático se fundamentan en la creación de un campo de plasma térmico para lo cual se dirige una corriente eléctrica a través de una corriente de gas a baja presión. El arco plasmático se emplea como fuente de combustión o pirolisis, y en el caso que los residuos sean inyectados en la alta temperatura (5 000 a 15 000 °C) del arco plasmático son disociados (CH, 2011).

Dentro de las ventajas que presenta esta tecnología se encuentran:

- Tiempos cortos de residencia (20 – 50 milisegundos), lo que representa el tratamiento de 1 a 3 toneladas de residuos al día.
- Concentración energética, ya que el flujo de energía proveniente de un arco plasmático (16 kW/cm²) es 53 veces mayor al proveniente de una llama (combustible más oxígeno).
- La transferencia de la energía del plasma es independiente de la concentración de oxígeno.
- El tamaño de las instalaciones necesarias para este tratamiento es menor a las instalaciones de incineración.

4.3.4. Reducción química en fase gaseosa

Esta tecnología es empleada para los compuestos COP's, ya que presenta la ventaja frente a la tecnología de combustión debido a la no emisión gases contaminantes (dioxinas y furanos).

Para producir la reacción de destrucción de los PCB's se necesita una atmósfera reducida es decir con ausencia de oxígeno, y las condiciones de temperatura oscilan entre 800 y 900 °C, baja presión y presencia de hidrógeno dando como resultado principalmente a metano, ácido clorhídrico y una cantidad pequeña de hidrocarburos livianos, el ácido producido es neutralizado con hidróxido de sodio (IPEN, 2005).

El proceso para la reducción química en fase gaseosa consta básicamente de tres pasos:



1. Adecuación del desecho a tratarse, para el caso de los desechos sólidos a granel como son los equipos eléctricos, bidones, suelo contaminado, etc. se realiza un tratamiento de desorción de los contaminantes a través de un procesador de lotes por reducción térmica para ser llevados posteriormente al reactor; en el caso de los desechos líquidos se los inyecta directamente en el reactor a través de atomizadores para lograr la pulverización y obteniendo así una mejora en la superficie de contacto y en la efectividad de la reacción.
2. El reactor donde se realiza la reacción de reducción en fase gaseosa, empleando para ellos las condiciones de temperatura y presión específicas y en presencia de hidrógeno.
3. Sistema de escobillado de gas y compresión, en el cual los gases resultantes son comprimidos para su posterior tratamiento.

4.4. Análisis técnico económico de los diferentes tratamientos de descontaminación y eliminación

A nivel mundial existen varios países autorizados para realizar los procesos de tratamiento, eliminación y disposición de PCB's. De acuerdo a las investigaciones realizadas se pudo obtener costos aproximados de los tratamientos antes mencionados y se encuentran reflejados en la tabla siguiente:

Tabla IV-1. Costos aproximados de las diferentes tecnologías para tratamiento de PCB's

RAZON SOCIAL	PAIS	TECNOLOGÍA	APLICACIÓN	COSTO
ABB Service GmbH	Alemania	Descontaminación de equipos eléctricos por lavado con reciclado de sólidos	A transformadores, capacitores y retroalimentación	0,8 y 2,5 euros/kg
AMEC GeoMelt--Mundial	EE.UU./CANADÁ	Vitrificación de materiales contaminados	A suelos, desechos, aceites, suelos y equipos contaminados por PCB's.	Aceites de transformador: US\$ 5--10/gl Aceites de desecho: US\$ 5--10/gl Suelos contaminados: US\$ 500/ton



Bilger	Alemania	Sodio para la destrucción de PCB's en aceite de transformador	A aceites dieléctricos y de desecho; también a transformadores y capacitores	Depende de varios factores, en general inferior al de la incineración, excepto en el caso de PCB puros
CINTEC	Canadá	Lavado con solvente que permite el reciclado de partes metálicas	A transformadores y capacitores eléctricos	Transformadores: Can\$1,50/lb Capacitores: Can\$4,00 /lb
Cleanaway	Reino Unido	Limpieza por solvente de transformadores con recuperación del metal; más incineración a alta temperatura de residuos, aceites y capacitores triturados.	A transformadores eléctricos, capacitores, aceites y todos los materiales contaminados por PCB	Aceites de transformador: US\$ 800/t Aceites de desecho: US\$ 500/t Transformadores: US\$ 1000/t Capacitores: US\$ 1600/t
FluidexEngineering (Pty) Ltd	Sudáfrica	De descloración química con sodio	A aceites dieléctricos, también retroalimentación	Aceites de transformador: aprox US\$ 0,15/litro(a 100 ppm de contenido de PCB)
GrosvenorPowerServicesLtd	Inglaterra	"Polygon": proceso de descloración catalítica de aceites contaminados con PCB	A aceites dieléctricos, incluido retroalimentado	£500 y £1000/t, según la composición
ManitobaHydro	Canadá	Reacción con sodio metálico	A aceites, incluida retroalimentación	Can\$ 4/galón (para un contenido de PCB no especificado)
RussianSpace Agency	Federación de Rusia	Destrucción química a alta temperatura	PCB y aceites de desecho; todos los contaminantes orgánicos	Aproximadamente US\$ 15/kg
Petrochimtehnologi	Federación de Rusia	Lavado con solvente del equipo seguido de una destrucción plasmática-química de PCB	A equipos eléctricos y aceites, también a aceites de desecho	US\$ 580/t para materiales que con Uenes PCB. Tratamiento de un transformador es de US\$ 175/t de PCB extraídos.
PowertechLabs Inc.	Canadá	Extracción del cloro de los PCB mediante una dispersión de sodio metálico	A aceites dieléctricos y de desecho; también a capacitores	Aceites de transformador: Can\$ 0,90/kg. (contenido de PCB no especificado) Aceites de desecho: Can\$ 0,60/kg.
Safety-Kleen	Estados Unidos de América	Lavado con solvente del equipo y extracción del cloro de los PCB mediante sodio metálico (proceso PPM)	A transformadores y otros equipos eléctricos, y también a aceites	Transformadores: US\$ 0,75/lb (US\$ 1,65/kg.) Capacitores: US\$ 1,50/lb (US\$ 3,3/kg.) Aceite: US\$ 1,00/galón (unos 22¢/litro) Aceites de desecho: dependiendo del aceite unos US\$



				2,00/galón (unos 44¢/litro)
Sanexen	Canadá	Descontaminación de componentes eléctricos por extracción con solvente; llamada proceso DEONTAKSOLV Proceso de descloración de aceite (DCR)	A transformadores, capacitores, etc., eléctricos, y a chatarra. Aceites dieléctricos y retroalimentación	Transformadores: Can\$ 1,50 a \$2,50 /kg Aceites de transformador: Can\$ 0,50 a \$1,50/kg dependiendo de la concentración de PCB y las impurezas

Fuente: Proyecto CRBS – FMAM “Mejores prácticas para el manejo de BPC en el sector minero de Sudamérica”

A nivel de Latinoamérica, Colombia dispone de un gestor especializado para el tratamiento de PCB's denominada Lito S.A., el mismo que posee bodegas en Bogotá, Cali y Barranquilla. Esta organización presta los servicios complementarios de monitoreo (análisis), embalaje y transporte y además realiza la eliminación en el exterior.

En Chile la empresa RESPEL S.A. brinda asesoría referente a la disposición final de los residuos peligrosos y la eliminación de los PCB's en países extranjeros que disponen de los tratamientos. La gestión de esta empresa termina con la obtención de los certificados de destrucción de los PCB's de parte de la empresa extranjera contratada que realiza esta actividad.

En Ecuador el organismo que regula y brinda los permisos para el funcionamiento de los gestores de residuos y desechos peligrosos es el Ministerio del Ambiente. Hasta el momento de la ejecución de este documento no se ha entregado una licencia para el manejo y eliminación de estos compuestos a nivel local.



4.5. Método propuesto para la descontaminación y eliminación de los transformadores con PCB's en la CENTROSUR.

De acuerdo al inventario actual de PCB's en la empresa eléctrica regional CENTROSUR, se han realizado 2 774 pruebas con el Kit colorimétrico, que corresponde a un 13% del total de transformadores de la CENTROSUR.

De las pruebas realizadas se obtuvo como resultado que 175 transformadores, dieron resultado positivo para la prueba colorimétrica de presencia de PCB's y fueron etiquetados como contaminados.

Tabla IV-2. Cantidad de transformadores analizados por tipo

TIPO DE TRANSFORMADOR	VOLTAJE			SUBTOTAL
	6.3 kV	13.80 kV	22 kV	
MONOFÁSICOS	21	24	2119	2164
TRIFÁSICOS	221	14	375	610
TOTAL	242	38	2494	2774

Fuente: CENTROSUR. SIGADE: Administración de Transformadores, Febrero 2014

Tabla IV-3. Transformadores contaminados con PCB's

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	
PCB's < 50 ppm	2599
PCB's > 50 ppm	175
Total	2774

Fuente: CENTROSUR.
SIGADE: Administración de Transformadores, Febrero de 2014

María Angélica Astudillo Pillaga



De acuerdo a la situación actual de la empresa CENTROSUR, se asume que la descontaminación se la realizará a los 175 transformadores que dieron resultado positivo para la prueba del kit colorimétrico.

A continuación se presenta un cuadro resumen de los 175 transformadores contaminados, con los datos de marca, cantidad, potencia, pesos y volúmenes de aceite aproximados.

Tabla IV-4. Resumen de los transformadores con contenido de PCB's.

MARCA	PESO Kg		VOLUMEN DE ACEITE LT	FASE	POTENCIA (KvA)	CANTIDAD
	min	máx.				
A.E.G.IBERIA	446	520	135	3	60	2
	3040	3480	450	3	756	1
ABB	297	474	99,4	3	30	1
	505	660	180	3	75	1
AICHI	446	520	135	3	60	1
ALKARGO	446	520	135	3	60	2
BROWN BOVERY	446	520	135	3	60	1
CONSTRUC.NACIONAL	282	313	111,17	3	50	1
DELTA STAR	143	157	52,83	1	15	7
	206	230	68,86	1	25	4
ECUADOR	228	242	79,33	1	37,5	1
ECUATRAN	40	50	22	1	3	1
	106	132	44,75	1	5	1
	121	150	47,5	1	10	48
	143	157	52,83	1	15	23
	206	230	68,86	1	25	4
	297	474	99,4	3	30	3
	228	242	79,33	3	37,5	1
	228	242	79,33	1	37,5	3
	282	313	111,17	3	50	1
FBM	297	474	99,4	3	30	2
	505	660	180	3	75	1
	559	580	157	3	100	2
GENERAL ELECTRIC	143	157	52,83	1	15	1
	206	230	68,86	1	25	1
INATRA	121	150	47,5	1	10	1



MARCA	PESO Kg		VOLUMEN DE ACEITE LT	FASE	POTENCIA (KvA)	CANTIDAD
	min	máx.				
	206	230	68,86	1	25	2
	297	474	99,4	3	30	1
	228	242	79,33	1	37,5	1
	282	313	86,33	1	50	2
	559	580	157	3	100	1
	1480	1713	240	3	200	1
L'TRANSFORMATEUR	580	630	110	3	45	1
	559	580	157	3	100	1
	620	1015	191	3	125	1
	446	520	135	3	60	1
	1480	1713	240	3	200	1
M.G.EDISON.	143	157	52,83	1	15	1
	206	230	68,86	1	25	2
	228	242	79,33	1	37,5	1
MEXICANOS	143	157	52,83	1	15	1
MORETRAN	282	313	111,17	3	50	1
PAUWELS	282	313	111,17	3	50	1
	302	350	110	3	40	1
PROLEC	121	150	47,5	1	10	1
RYMEL	106	132	44,75	1	5	1
TRANSUNEL	1600	1900	300	3	300	1
	692	1087	191	3	150	1
	576	888	197,4	3	112,5	1
	559	580	157	3	100	3
	520	560	157	3	90	1
	505	660	180	3	75	8
	446	520	135	3	60	3
	282	313	111,17	3	50	1
	580	630	110	3	45	5
	297	474	99,4	3	30	1
UNIAO	143	157	52,83	1	15	1
WAGNER	121	150	47,5	1	10	3
	143	157	52,83	1	15	1
	206	230	68,86	1	25	4
WESTINGHOUSE	121	150	47,5	1	10	1
	206	230	68,86	1	25	2
TOTALES	48864	58302	14898,31			175

Fuente: DIGARS, Febrero 2014



De acuerdo con la Tabla IV-4, se realizarán los cálculos para la estimación de los costos con las diferentes tecnologías presentadas en la Tabla IV-1, de esta manera se obtienen los siguientes resultados:

TablaIV-5. Costos de acuerdo al tipo de tecnología considerando el peso total de los transformadores y el peso total del aceite de los transformadores

RAZON SOCIAL	PAIS	COSTO	costo dólares/kg	Costo de acuerdo al peso total de los transformadores		Costo de acuerdo al volumen total de aceite de los transformadores
				min	max	14898,31 litros
				48864 Kg	58302 Kg	11117,73 Kg
ABB ServiceGmbH	Alemania	0,8 y 2,5 euros/kg	3,425	167359,2	199684,35	38078,23
AMEC-GeoMelt-Mundial	EE.UU./Canadá	Aceites de transformador: US\$ 5-10/gl	2,95	144148,8	171990,9	32797,3035
		Aceites de desecho: US\$ 5--10/gl				
		Suelos contaminados: US\$ 500/ton				
Bilger	Alemania	Depende de varios factores, en general inferior al de la incineración, excepto en el caso de PCB puros				



CINTEC	Canadá	Transformadores: Can\$1,50/lb	3,3	161251,2	192396,6	36688,51
		Capacitores: Can\$4,00/lb				
Cleanaway	Reino Unido	Aceites de transformador: US\$ 800/t	0,8	39091,2	46641,6	8894,18
		Aceites de desecho: US\$ 500/t	0,5	24432	29151	5558,87
		Transformadores: US\$ 1000/t	1	48864	58302	11117,73
		Capacitores: US\$ 1600/t				
FluidexEngineering (Pty) Ltd	Sudáfrica	Aceites de transformador: aprox US\$ 0,15/litro(a 100 ppm de contenido de PCB)	0,1342	6557,5488	7824,1284	1492,00
GrosvenorPowerServicesLtd	Inglaterra	£500 y £1000/t, según la composición	1,37	66943,68	79873,74	15231,29
ManitobaHydro	Canadá	Can\$ 4/galón (para un contenido de PCB no especificado)	1,18	57659,52	68796,36	13118,92
RussianSpace Agency	Federación de rusia	Aproximadamente US\$ 15/kg	15	732960	874530	166765,95



Petrochimtekh nologi	Federación de rusia	US\$ 580/t para materiales que con Uenes PCB.				
		Tratamiento de un transformad or es de US\$ 175/t de PCB extraídos.	0,17	8306,88	9911,34	1890,01
PowertechLabs Inc.	Canadá	Aceites de transformad or: Can\$ 0,90/kg. (contenido de PCB no especificado)	0,9	43977,6	52471,8	10005,96
		Aceites de desecho: Can\$ 0,60/kg.				
Safety-Kleen	Estados Unidos de América	Transformad ores: US\$ 0,75/lb (US\$ 1,65/kg.)	1,65	80625,6	96198,3	18344,25
		Capacitores: US\$ 1,50/lb (US\$ 3,3/kg.)	3,3	161251,2	192396,6	36688,51
		Aceite: US\$ 1,00/galón (unos 22¢/litro)	0,338	16516,032	19706,076	3757,79
		Aceites de desecho: dependiendo del aceite unos US\$ 2,00/galón (unos 44¢/litro)				



Sanexen	Canadá	Transformadores: Can\$ 1,50 a \$2,50 /kg	2,5	122160	145755	27794,33
		Aceites de transformador: Can\$ 0,50 a \$1,50/kg dependiendo de la concentración de PCB y las impurezas	1,5	73296	87453	16676,595

Fuente: Elaboración propia

4.5.1. Análisis de resultados

De acuerdo a los cálculos realizados para el costo estimado de los diferentes procesos para el tratamiento del aceite con PCB's, se puede observar que los costos van desde los \$1492 hasta los \$166765, esta gran diferencia depende de la tecnología empleada y del país oferente, cuando se considera el tratamiento para el transformador completo los costos se incrementan considerablemente, se debe recalcar que en los costos calculados no se encuentran considerados los precios referentes a transporte, embalaje, permisos legales, entre otros.

Sin embargo debido a la legislación nacional actual basado en el texto unificado de Legislación secundaria del ministerio del ambiente, libro VI, de la calidad ambiental, anexo 7, Listado Nacionales de productos Químicos Prohibidos, peligroso y de Uso Severamente Restringido que se utilicen en el Ecuador, publicado en edición especial del Registro Oficial 31 de marzo 2003, artículo 2 dice: "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",



dentro del cuadro que se menciona se encuentran los PCB's, por lo tanto se recomienda considerar el tratamiento total del transformador, ya que de esa manera se garantiza la eliminación tanto del aceite con PCB's y de las partes contaminadas del transformador .

4.6. Posibilidad de proyecto MDL

4.6.1. Proyectos MDL

4.6.1.1. Historia y definición de proyectos MDL

La organización de las Naciones Unidas (ONU) preocupada por los informes presentados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) insta en 1992 la Convención Marco de las Naciones Unidas para concientizar y establecer compromisos sobre el cambio climático, sin embargo en las negociaciones no fueron asentadas hasta varios años después a través del Protocolo de Kioto (ONU, 2014).

El Protocolo de Kioto busca reducir las emisiones de GEI's de los países industrializados, reduciendo en un 1,8% por debajo de las registradas en 1990 dentro del período comprendido entre el 2008 al 2012.

Para lograr este objetivo en el Protocolo se establecen metas obligatorias para los países industrializados con respecto a la reducción de los gases de efecto invernadero y se determinan mecanismos para lograr estas metas.

Dentro de los mecanismos innovadores establecidos se encuentra el Mecanismo de Desarrollo Limpio denominado (MDL)⁸.

El MDL es un mecanismo que permite que los países industrializados puedan trazar y comprar los CER's para poder cumplir con las metas de reducción de emisiones establecidas en el Protocolo de Kioto, los CER's (reducciones de emisiones certificadas) son generadas a través de proyectos que reducen las

⁸ El MDL, es uno de los tres mecanismos flexibles que se incluyen en el Protocolo de Kioto. Los países del Anexo I, pueden optar por otros mecanismos como el de Aplicación Conjunta o el Comercio de Emisiones.



emisiones de efecto invernadero en países de desarrollo. Por lo tanto los MDL tiene dos objetivos: el primero permitir que los países signatarios del Anexo 1 del protocolo puedan cumplir con sus metas de reducción y el segundo objetivo impulsar un desarrollo sustentable en los países en desarrollo.

El artículo N° 12 del Protocolo de Kioto numerales 2 y 3 establece que:

2. “El propósito del mecanismo para un desarrollo limpio es ayudar a las Partes⁹ no incluidas en el Anexo I a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3.

3. En el marco del mecanismo para un desarrollo limpio:

a) Las Partes no incluidas en el Anexo I se beneficiarán de las actividades de proyectos que tengan por resultado reducciones certificadas de las emisiones; y

b) Las Partes incluidas en el Anexo I podrán utilizar las reducciones certificadas de emisiones resultantes de esas actividades de proyectos para contribuir al cumplimiento de una parte de sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones contraídos en virtud del artículo 3, conforme lo determine la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el presente Protocolo”

El Protocolo de Kioto entró en vigencia en el año 2005, sin embargo el mercado del MDL ya se encontraba operando desde el 2002. Por lo que se decidió que todas aquellas negociaciones de Reducción de Emisiones realizadas antes de la vigencia del Protocolo de Kioto son consideradas válidas según un acuerdo entre los países signatarios dado en el año 2001.

⁹El término Partes, hace referencia a los países industrializados signatarios del protocolo de Kioto, que se encuentran enlistados en el Anexo I del protocolo. Algunos de estos países son: Alemania, Australia, Canadá, E.E.U.U, España, Francia, Japón, Reino Unido, Suiza, entre otros.



4.6.1.2. Unidades de Transacción

El mercado de carbono regulado por el protocolo de Kioto, crea determinadas unidades de transacción para la reducción de las emisiones y para los mecanismos establecidos.

Para el caso de los proyectos MDL, las unidades de transacción son:

Reducción de Emisiones de Certificados (**CER**), que son emitidos a partir de actividades de proyectos MDL.

CER temporales (**tCER**) y CER de largo plazo (**ICER**) que son emitidas a partir de proyectos MDL de forestación y reforestación(MINAM, 2011).

4.6.1.3. Ciclo MDL

Para que un proyecto pueda ser considerado como elegible para ser MDL, debe someterse a una serie de etapas que se denominada Ciclo MDL.

El ciclo MDL contiene una serie de pasos para que una actividad determinada genere CER. Estos pasos son:

- a) **Diseño del proyecto:** El diseño del proyecto enmarca toda la información de la propuesta, desarrollo y seguimiento del mismo. El documento Diseño de Proyecto (PDD) es el documento que se presenta de manera oficial ante la Junta Ejecutiva del MDL.

Existe otro tipo de documento llamado Nota Idea del Proyecto (PIN), que se emplea de manera informal y sirve para la presentación del proyecto a posibles desarrolladores del mercado ya sea como negociación previa de CER's y/o financiación del desarrollo del PDD.



b) Aprobación Nacional:

Como requisito se debe presentar una carta de aprobación nacional para el proyecto MDL que certifica la participación voluntaria del país y que las actividades del proyecto contribuyen al desarrollo sostenible.

En el Ecuador el organismo responsable sobre los proyectos MDL es la “Autoridad Nacional para mecanismos de desarrollo limpio (AN-MDL)”, este organismo fue creado mediante Resolución Ministerial 015, publicada en el Registro Oficial N°86 de mayo del 2003 y su estructura básica es: el **Presidente, el Coordinador y el Grupo de Evaluación**. La Presidencia la ejerce el/a **Ministro/a del Ambiente**, quien nombra al **Coordinador**. El **Grupo de Evaluación**, se conforma de acuerdo a las particularidades de cada proyecto presentado (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2014)

c) Validación y registro:

En esta etapa el proyecto es evaluado de manera independiente por una Entidad Operacional Designada (DOE), la validación conlleva una evaluación rigurosa sobre si el proyecto propuesto, es implementado de la manera que fue planificado, cumplirá con los requisitos de MDL y generará créditos negociables y el proyecto se registra.

d) Monitoreo:

Durante la etapa de monitoreo los proponentes deberán recolectar u archivar los datos y la información relevante para el cálculo de las emisiones de los GEI generadas por la actividad del proyecto MDL.

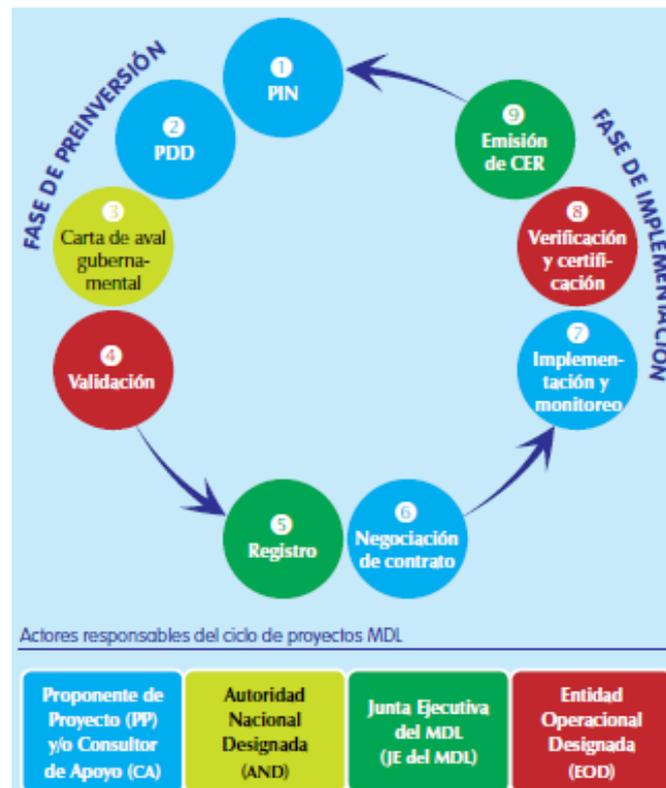
e) Verificación y certificación:

Es una revisión periódica e independiente para determinar las reducciones reales de emisiones obtenidas de las actividades del proyecto de MDL para posteriormente otorgar los créditos de reducción certificada de emisiones que haya obtenido. Esta actividad es realizada por una Entidad Operacional Designada (DOE)

f) Emisión de CER's

Una vez que se han cumplido las etapas anteriores, la Junta Ejecutiva MDL emitirán las reducciones de emisiones certificadas (CER's), las mismas que son equivalentes a la cantidad de GEI verificadas.

Figura IV-1 Ciclo MDL y actores responsables



Fuente: (SERNA, 2009)

4.6.2. Selección de metodología para el análisis en el proyecto

4.6.2.1. Tipos de metodologías

Para demostrar la adicionalidad¹⁰ de un proyecto se requiere aplicar una metodología para la línea base y monitoreo y para calcular las reducciones de emisiones certificadas (CER's) resultantes de la implementación del proyecto MDL.

¹⁰La adicionalidad es un criterio de elegibilidad de proyectos dentro del mercado de carbono que ayuda a determinar si la implementación de dicho proyecto conlleva a un nivel de emisiones de



Se tienen determinadas 4 metodologías que pueden ser aplicadas de acuerdo a la naturaleza del proyecto, cada metodología tiene condiciones de aplicabilidad específicas.

- Metodologías para proyectos MDL de gran escala;
- Metodologías para proyectos MDL de pequeña escala;
- Metodologías para actividades de proyecto de forestación y reforestación de gran escala;
- Metodologías para actividades de proyecto de forestación y reforestación de pequeña escala.

4.6.2.2. Metodologías para proyectos MDL de pequeña y gran escala

Los proyectos MDL son considerados de pequeña escala si se enmarca en uno de los siguientes tipos:

Tabla IV-6. Tipos de proyectos MDL

TIPO I	TIPO II	TIPO III
Proyectos que no presentan cambios en el tiempo, como proyectos de energía renovables, con una capacidad máxima equivalente a 15 megavatios (MW)	Proyectos relacionados a actividades para la mejora de la eficiencia energética que reduce el consumo de energía por el lado de la oferta o demanda, hasta 60 GWh por año.	Otros proyectos que reduzcan emisiones hasta 60 kilo toneladas de CO ₂ anualmente.

Fuente: "Guía práctica para desarrolladores de proyectos MDL" (MINAM, 2011)

Los proyectos de gran escala son considerados aquellos que sobrepasan los parámetros anteriores determinados para los proyectos de pequeña escala. Existe otra alternativa empleada que es la agrupación de proyectos MDL, la cual

gases de efecto invernadero (GEI) por debajo del nivel de emisiones de GEI que hubiera existido en el escenario más probable si no se hubiera implementado dicho proyecto" (FINANZAS CARBONO, 2014). La adicionalidad debe ser demostrada en la etapa de diseño del proyecto.

María Angélica Astudillo Pillaga



proporciona un esquema para juntar proyectos de pequeña escala o de gran escala con el fin de formar un solo proyecto MDL, sin perder las características de cada uno de estos proyectos (MINAM, 2011).

4.6.3. Análisis y Selección de la metodología para el proyecto

De acuerdo al tipo de proyecto propuesto, el cual consiste en el cambio de transformadores actuales de la CENTROSUR con transformadores de mayor eficiencia, las metodologías adaptables son las metodologías aplicables a la categoría de eficiencia energética.

Luego del análisis realizado sobre cada una de las metodologías existentes para eficiencia energética, se llega a la conclusión que la metodología aplicable al caso de estudio propuesto es: "Metodología para la instalación de los transformadores de la energía eficiente en una red de distribución de energía (AM0067):

Tabla IV-7. Descripción de la metodología MDL AM0067

PARÁMETROS	DESCRIPCIÓN
Proyectos que aplican:	Reemplazo de transformadores que son ineficientes con transformadores más eficientes en una red de distribución existente o la instalación de nuevos transformadores de alta eficiencia in nuevas áreas que actualmente no están conectados a una red de distribución.
Tipo de acciones de mitigación de las emisiones de GEI	La implementación de transformadores de alta eficiencia disminuyen las pérdidas en la red; por lo tanto los GEI.
Condiciones importantes bajo las cuales aplica la metodología	Solo se reclaman la reducción de emisiones debidas a la reducción de pérdidas en vacío: <ul style="list-style-type: none">• Las pérdidas de carga, con carga nominal, de los transformadores ejecutados en el marco del proyecto Se demuestra que son iguales o inferiores a las pérdidas de carga en los transformadores que se habrían instalado en ausencia del proyecto;

	<ul style="list-style-type: none"> • El proponente del proyecto implementa un sistema de desguace de los transformadores reemplazados para garantizar que no se utilizan en otras partes de la red de distribución o en otra red de distribución.
<p>Parámetros importantes</p>	<p>En la validación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promedio de la tasa de pérdida sin carga proporcionada por los fabricantes de todo tipo de transformadores; • Factor de emisión de la red (también se puede controlar a posteriori). <p>De verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número acumulado de los transformadores instalados por el proyecto, así como las tasas de carga de pérdida relacionados y la tasa de blackout.
<p>Escenario de la línea base</p> <p>Escenario que representa la instalación de transformadores ineficientes o que serán instalados en nuevas redes de distribución.</p>	<p>The diagram illustrates the baseline scenario. It shows a flow from 'Fossil fuel' (represented by a flame icon) to a 'Grid' (represented by a plug icon). From the grid, electricity flows to a transformer (represented by a lightning bolt icon). This transformer then feeds into another transformer, which in turn feeds into a third transformer. Finally, the electricity reaches a 'Consumer' (represented by a factory icon). A separate arrow from the grid points to a 'CO2' emission icon (represented by wavy lines), indicating that the baseline scenario results in higher emissions.</p>
<p>Escenario del proyecto</p> <p>Escenario de implementación de transformadores eficientes en redes de distribución existente o en nuevas redes, con la consecución de menores demandas energéticas y la merma de emisiones de GEI.</p>	<p>The diagram illustrates the project scenario. It shows a flow from 'Fossil fuel' to a 'Grid'. From the grid, electricity flows to a transformer. This transformer feeds into an 'Upgrade' step (represented by a gear icon), which then feeds into another transformer. This transformer feeds into a third transformer, which finally feeds into a 'Consumer'. A separate arrow from the grid points to a 'CO2' emission icon. The overall flow is more efficient than the baseline, resulting in lower emissions.</p>

Datos tomados de:(UNFCCC, 2010)



Para la condición actual de la CENTROSUR con 175 transformadores contaminados con PCB's, que tienen como promedio de año de fabricación 1984, se aplicará la siguiente metodología¹¹ para el cálculo de los Gwh evitados y de las kilo toneladas CO₂ reducidas, considerando un rango de eficiencia para los transformadores desde el 90% al 99%¹²,

Además se realizara el cálculo del precio que representa Gwh y las kilotoneladas calculadas en función de la eficiencia de los transformadores.

Consideraciones para los cálculos:

Tabla IV-8. Datos y fórmulas empleadas para los cálculos

Nombre	Dato	Fórmula
Cantidad de transformadores:	175	
Potencial Total (KVA)		$P_{total (KVA)} = \sum_{j=1}^{n=175} P_1 + P_2 + \dots + P_{175}$
Factor de potencia ¹³	0,92	
Potencia total (KW)		$P_{total (KW)} = P_{total (KVA)} * 0,9$
Eficiencia Actual ¹⁴	90%	
Eficiencia máxima	X	$Rango = 90\% \rightarrow 99\%$
Potencia diferencia		$P_{diferencia} = P_{total (KW)}(0,99 - X)$
MWh		$MWh_{total} = (P_{diferencia} * 24horas * 365 días)/1000$
GWh		$GWh_{total} = (MWh)/1000$
Factor de emisión del sistema nacional interconectado ¹⁵	0,4597 tCO ₂ /MWh	

¹¹ El cálculo específico para la metodología MDL AM0067 se encuentra descrita en “Methodology for installation of energy efficient transformer in a power distribution grid” (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2014)

¹² Se considera hasta el 99% de eficiencia de acuerdo a los estándares para transformadores en el programa de conservación de energía de EEUU (DEPARTMENT OF ENERGY, 2013).

¹³ Factor de potencia mínimo para que no exista penalización en la facturación mensual total, dato publicado en “Codificación al reglamento de tarifas eléctrica, decreto ejecutivo 2713, junio del 2012

¹⁴ Eficiencia actual promedio de los transformadores (CENTROSUR 2014)

¹⁵ Dato tomado del sistema nacional interconectado al año 2012 – Ministerio de Electricidad y Energía Renovables- CELEC – Ministerio del Ambiente



Kilo toneladas de CO ₂ (KtCO ₂)		$KtCO_2 = GWh_{total} * 0,4597$
Precio de los CER's (tonelada de CO ₂ /dólar) ¹⁶	\$ 0,1918	
Precio del Kwh ¹⁷	\$ 0,14215	

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-9. Datos de transformadores y potencial total

MARCA	FASE	POTENCIA (KvA)	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL(KvA)	POTENCIA TOTAL(KW) ¹⁸
A.E.G.IBERIA	3	60	2	120	110,4
	3	756	1	756	695,52
ABB	3	30	1	30	27,6
	3	75	1	75	69
AICHI	3	60	1	60	55,2
ALKARGO	3	60	2	120	110,4
BROWN BOVERY	3	60	1	60	55,2
CONSTRUC.NACIONAL	3	50	1	50	46
DELTA STAR	1	15	7	105	96,6
	1	25	4	100	92
ECUADOR	1	37,5	1	37,5	34,5
ECUATRAN	1	3	1	3	2,76
	1	5	1	5	4,6
	1	10	48	480	441,6
	1	15	23	345	317,4
	1	25	4	100	92
	3	30	3	90	82,8
	3	37,5	1	37,5	34,5
	1	37,5	3	112,5	103,5
	3	50	1	50	46
FBM	3	30	2	60	55,2
	3	75	1	75	69
	3	100	2	200	184
GENERAL ELECTRIC	1	15	1	15	13,8
	1	25	1	25	23

¹⁶Dato tomado de la página web: <http://www.sendeco2.com/>

¹⁷Dato tomado de la Resolución 041 del Directorio del Consejo Nacional de Electricidad del 30 de abril del 2014. Este valor hace referencia al precio que paga el consumidor.

¹⁸ La potencia considerada es el valor nominal



INATRA	1	10	1	10	9,2
	1	25	2	50	46
	3	30	1	30	27,6
	1	37,5	1	37,5	34,5
	1	50	2	100	92
	3	100	1	100	92
	3	200	1	200	184
L'TRANSFORMATEUR	3	45	1	45	41,4
	3	100	1	100	92
	3	125	1	125	115
	3	60	1	60	55,2
	3	200	1	200	184
M.G.EDISON.	1	15	1	15	13,8
	1	25	2	50	46
	1	37,5	1	37,5	34,5
MEXICANOS	1	15	1	15	13,8
MORETRAN	3	50	1	50	46
PAUWELS	3	50	1	50	46
	3	40	1	40	36,8
PROLEC	1	10	1	10	9,2
RYMEL	1	5	1	5	4,6
TRANSUNEL	3	300	1	300	276
	3	150	1	150	138
	3	112,5	1	112,5	103,5
	3	100	3	300	276
	3	90	1	90	82,8
	3	75	8	600	552
	3	60	3	180	165,6
	3	50	1	50	46
	3	45	5	225	207
	3	30	1	30	27,6
UNIAO	1	15	1	15	13,8
WAGNER	1	10	3	30	27,6
	1	15	1	15	13,8
	1	25	4	100	92
WESTINGHOUSE	1	10	1	10	9,2
	1	25	2	50	46
TOTALES			175	6699	6163,08

Fuente: DIGARS(CENTROSUR , 2014)

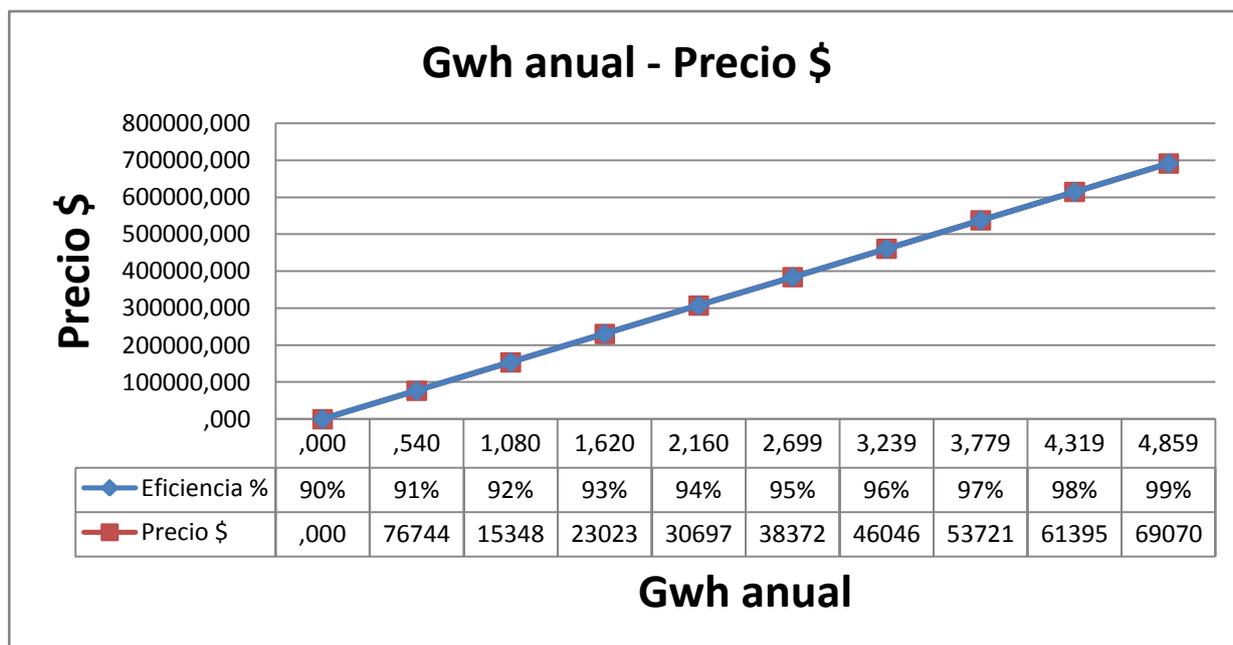


TablaIV-10. Precio total calculado de los Gwh evitados y de KtCO₂ reducidos

Eficiencia %	Gwh anual	Precio \$	ktCO ₂ anual	Precio \$
90%	0,00	0,00	0,00	0,00
91%	0,54	76744,77	0,25	47,60
92%	1,08	153489,54	0,50	95,20
93%	1,62	230234,30	0,74	142,81
94%	2,16	306979,07	0,99	190,41
95%	2,70	383723,84	1,24	238,01
96%	3,24	460468,61	1,49	285,61
97%	3,78	537213,37	1,74	333,21
98%	4,32	613958,14	1,99	380,82
99%	4,86	690702,91	2,23	428,42

Fuente: Elaboración propia

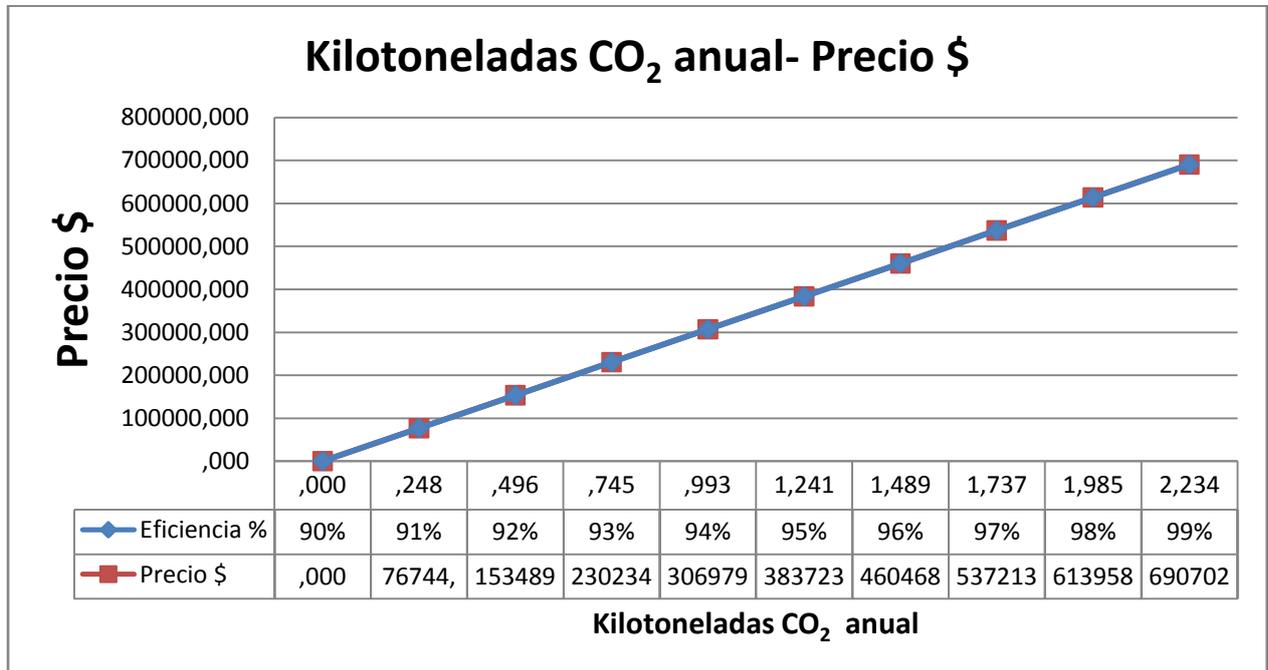
GráficoIV-1. Gwh evitados –Precio \$



Fuente: Elaboración propia



GráficoIV-2. Kilotoneladas de CO₂ reducidos –Precio \$



Fuente: Elaboración propia

Para poder realizar un análisis completo del proyecto de cambio de transformadores es indispensable conocer el valor aproximado de la inversión que se debe realizar para la compra de los transformadores que servirán de reemplazo de los 175 transformadores contaminados. Para este cálculo solamente se considera el precio del equipo, no de los componentes adicionales que se puedan necesitar.



Tabla IV-11. Costo calculado del cambio de los transformadores contaminados

Potencia de los transformadores	Cantidad de transformadores	Precio \$	Precio total \$ ¹⁹
5	3	1915,35	5746,05
10	54	1955,32	105587,17
15	35	2258,45	79045,82
25	19	2868,35	54498,71
37,5	15	3703,53	55552,94
45	7	5832,73	40829,14
75	27	7307,92	197313,75
125	10	9377,95	93779,48
150	1	11691,42	11691,42
200	2	13835,68	27671,36
300	1	16589,32	16589,32
756	1	37372,16	37372,16
	175		725 677,32

Fuente: Elaboración propia

4.6.3.1. Análisis de los resultados obtenidos

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla IV.10, se puede observar que a una mayor eficiencia del transformador se obtendrá una mayor cantidad de kilotoneladas reducidas, obteniendo un valor máximo de 2,23 kilotoneladas de CO₂ para una eficiencia del 99%, con este resultado se podría considerar un proyecto MDL de pequeña escala, siendo para este valor el precio de los CER's de \$428,42. El valor tan bajo calculado para los CER'S se debe al bajo precio que tienen actualmente.

Calculando también el costo que tendría el cambio de los 175 transformadores contaminados, se obtiene que la inversión aproximada es de \$725 677,32 (Tabla.IV.11). Por lo tanto se llega a la conclusión de que el proyecto planteado de cambio tecnológico para los 175 transformadores contaminados de la CENTROSUR no es viable como proyecto MDL, ya que la inversión a realizarse es extremadamente mayor con relación al rédito económico que se recibiría con la venta de los CER's generados.

Sin embargo es necesario analizar también que el costo máximo calculado de los GWh evitados que se pierdan por el cambio tecnológico es de \$690702,91 (Tabla.IV.10), lo cual podría hacer atractivo el proyecto de reemplazo de los

¹⁹Dato tomado de: <http://www.materialeselectricos.com.co/pdf/ABB-Lista%20de%20Precios.pdf>, estos datos representan costos de referencia de transformadores de la marca ABB.



equipos, ya que la inversión tiene un costo similar, además de cumplir con el objetivo de no emplear equipos contaminados con PCB's que son potencialmente peligrosos para la salud humana y para el medio ambiente.

Sin embargo, para obtener un valor más preciso del costo de los GWh evitados se debería considerar dentro de los parámetros de cálculo la cargabilidad de los transformadores, así de esta forma se podrá conocer con mayor precisión el valor monetario para determinar la viabilidad del proyecto.



CAPÍTULO 5



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Ecuador enfrenta un problema muy delicado por la baja capacidad de manejo de PCB's. Estos son compuestos orgánicos que por sus características químicas son considerados dentro de los 12 productos químicos fabricados por el hombre más nocivos para el mismo ser humano y el ambiente.

Los PCB's por su estabilidad química son empleados como aditivos a aceites en equipos eléctricos, maquinaria accionada por fluidos hidráulicos y otras aplicaciones (pigmentos para pinturas, barnices, tintas para impresión, balastos, ceras de pisos, plastificantes en resinas y hules, papel para copia libre de carbón, interruptores de alta tensión) en las que es requerida estabilidad química por razones de duración, de seguridad u operativas. Sin embargo al mismo tiempo se ha creado un grave problema ambiental por su característica persistente cuando los PCB's son liberados al medio ambiente.

Los países en vías de desarrollo han prestado poca atención al manejo adecuado de estos desechos. Países como el Ecuador no han sido responsables de fabricar los PCB's, pero el uso que se ha dado al mismo tiene graves consecuencias que tendrá que asumirlas el país, las empresa eléctricas dueñas de los equipos contaminados y cada uno de nosotros como entes responsables ante las generaciones futuras.

Sistema de Gestión para los transformadores con PCB's

La empresa eléctrica CENTROSUR tiene instalado en su área de concesión transformadores de diferentes marcas y años de fabricación, dentro de su actual inventario tiene identificado hasta el momento 175 transformadores contaminados con PCB's.



Durante el análisis del estado actual de la gestión de los PCB's en la CENTROSUR con relación al cumplimiento de los requisitos establecidos en el Manual de procedimientos para el manejo de Bifenilos Policlorados del CONELEC, se ha identificado ciertas no conformidades, dentro de las cuales se encuentran: la falta de procedimientos documentados para la clasificación y análisis de transformadores energizados y transformadores nuevos, instructivos de primeros auxilios, etiquetado de los equipos contaminados, establecimiento de precauciones en las actividades de manejo de los PCB's, y ciertos incumplimientos con respecto a las especificaciones para la bodega de almacenamiento de PCB's.

En base del análisis realizado, se ha desarrollado en el presente documento un sistema de gestión integral que contemple todos los procesos que deben intervenir en la gestión de los transformadores contaminados teniendo en cuenta los requisitos establecidos en el Manual dado por el CONELEC, además integrando parámetros de calidad, seguridad y ambientales; os procesos identificados son: Inventario y clasificación, transporte y manipulación, almacenamiento temporal y disposición final.

La documentación levantada como procedimientos, formatos para registros, hoja de seguridad de los PCB's, etc. servirán para cubrir los requisitos de documentación del Manual del CONELEC.

Sin embargo se recomienda a la CENTROSUR tener en cuenta los requisitos solicitados para las bodegas de almacenamiento, en especial en el requisito de localización, el mismo que establece: "las bodegas deberán estar alejadas de zonas residenciales, escuelas, hospitales, áreas de comercio, industrias que fabriquen y de cuerpos de agua"; ya que la bodega actual destinada para almacenamiento de PCB's está ubicada en la matriz de la empresa, que se encuentra localizada en una zona residencial y con cercanía al río Tomebamba; por lo tanto se sugiere la reubicación de la bodega a un lugar que cumpla los requisitos establecidos.

Otras de las recomendaciones a realizarse son:

- La elaboración de un Plan de Capacitación para el personal que interviene en la gestión de los PCB's, ya que de esta manera dicho personal se involucrara



en el manejo adecuado de los equipos contaminados y serán quienes propongan las acciones de mejora

- La ejecución de un programa de inventario, que permita conocer la cantidad exacta de PCB's que posee la empresa, así de esta manera se podrán ejecutar los planes que se propongan tanto para la manipulación, el correcto almacenaje y la disposición final.

La conformación del sistema de gestión propuesto permitirá que la CENTROSUR disponga de procedimientos que detallen el paso a paso de las actividades, puntos de control, responsables y la documentación que respalde la ejecución de las actividades y permitirá a la empresa mantener una adecuada supervisión de la correcta gestión integral de los transformadores contaminados.

Los procedimientos detallados en los anexos, deberán ser mejorados continuamente para garantizar su adecuación con el entorno regional y nacional en el que se encuentra la empresa.

El éxito para la implementación del sistema integral de gestión planteado dependerá de varios factores, tales como:

- Que la documentación levantada sea incorporada al Sistema Documental de la CENTROSUR.
- Lograr que la documentación sea divulgada a todos los involucrados en la gestión de los PCB's.
- Realizar la capacitación al personal involucrado.
- Analizar periódicamente el sistema planteado, para lograr que el mismo sea mejorado continuamente.

Tratamientos de descontaminación y eliminación de PCB's

En cuanto a los tratamientos para la descontaminación y eliminación de los PCB's, en el mercado internacional existe una gran variedad de opciones. En el presente documento se realizó una breve descripción de los procedimientos más comunes y se realizó el cálculo aproximado para el tratamiento de los 175 transformadores contaminados, empleando para ello los datos de los transformadores facilitados por el departamento DIGARS de la empresa eléctrica CENTROSUR.



Del análisis realizado se obtuvieron los siguientes resultados:

- A nivel nacional no existen empresas especializadas y autorizadas para el manejo integral de los transformadores con PCB's, por lo que se debió recurrir a empresas internacionales, sin embargo en cuanto a costos estos dependen de la negociación directa con la empresa interesada.
- De los costos aproximados calculados existe un rango de precios que va desde los \$1492 hasta los \$166765, la diferencia depende de la tecnología empleada y del país oferente, cuando se considera el tratamiento para el transformador completo los costos se incrementan considerablemente. Los costos calculados no contemplan los gastos de envío ni de transporte hacia los países que realizan el tratamiento de PCB's.

De acuerdo a la normativa vigente (Legislación secundaria del ministerio del ambiente, libro VI, de la calidad ambiental, Anexo 7, Listado Nacionales de productos Químicos Prohibidos, peligroso y de Uso Severamente Restringido que se utilicen en el Ecuador), los PCB's se encuentran restringidos en el Ecuador, por lo tanto se recomienda que la opción más adecuada es el envío del transformador completo para su tratamiento, es decir tanto del aceite contaminado como del equipo, de esta manera la empresa se garantiza el cumplimiento de la normativa nacional y sobre todo elimina una fuente potencial de contaminación y seguridad para el ambiente y la salud humana.

La decisión que tome la Empresa queda a consideración y aprobación de la autoridad nacional en materia de electricidad "Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC) ", sin embargo es necesario que se tenga en cuenta también el plazo que tiene el Ecuador para cumplir con el acuerdo suscrito de implementar el Plan Nacional de gestión de los compuestos orgánicos persistentes, que dentro de sus objetivos está la eliminación de los PCB's en el Ecuador hasta el año 2020.

En el presente documento, se realizó el análisis técnico económico de los tratamientos disponibles para descontaminación y eliminación de los PCB's; sin embargo para mejorar el conocimiento sobre los tratamientos de los aceites

María Angélica Astudillo Pillaga



contaminados, se recomienda realizar una investigación científico técnica para identificar la mejor opción, teniendo en cuenta que este proyecto debería tener un alcance nacional ya que existen varias empresas eléctricas que poseen estos equipos, y previo a la determinación de un tratamiento se debe obtener la aprobación de los organismos reguladores que tengan injerencia directa, como el CONELEC.

Proyecto MDL

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio son una importante herramienta que permiten a los países desarrollar proyectos que generen reducciones de emisiones certificadas (CER's).

En el sector eléctrico la postulación de proyectos que permitan la reducción de emisiones como son los proyectos que emplean combustibles fósiles a otra clase de combustibles renovables, o el cambio de tecnología actual a tecnología de mayor eficiencia son una pieza clave para la inversión y la viabilidad de dichos proyectos.

En el caso propuesto del cambio de los transformadores de menor eficiencia y contaminados con PCB's a transformadores sin PCB's y de mayor eficiencia, aplica de acuerdo a los requerimientos solicitados para los proyectos MDL de pequeña escala, proyectos tipo II que solicitan la reducción en el consumo de energía por el lado de la oferta o demanda, hasta 60 GWh por año; sin embargo la metodología establecida para la instalación de los transformadores de la energía eficiente en una red de distribución de energía (AM0067) es aplicable para proyectos de gran escala, es decir aquellos que superen los 60GWh por año.

Trasladando a costos los GWh evitados y las Kilotoneladas de CO₂ reducidas con el cambio tecnológico, se obtiene que:

Los 2,23 Kilotoneladas de CO₂ obtenidos convertidos a CER's, dan un resultado de \$428,42, considerando que el costo de los CER's promedio del mes de mayo del 2014 es de 0,1918 dólares por tonelada de CO₂, este precio es bajo debido a la incertidumbre que se tiene actualmente sobre la continuación del protocolo de Kioto,



mientras que el costo total obtenido para el cambio de los 175 transformadores contaminados, es aproximadamente de \$725 677,32.

Comparando los dos resultados obtenidos que determina que el proyecto planteado de cambio tecnológico para los 175 transformadores contaminados de la CENTROSUR no es viable como proyecto MDL, debido a que se debe realizar una fuerte inversión frente al rédito económico que se recibiría con la venta de los CER's generados.

Si se considera que el costo de los GWh evitados que se pierdan por el cambio tecnológico es de \$ 690 702,91, podría ser un proyecto atractivo, pero para asentar la posibilidad del proyecto se debe incorporar al cálculo de los GWh evitados, el parámetro de cargabilidad de los transformadores, así se podrá determinar con mayor precisión la viabilidad de la propuesta.

La propuesta del proyecto de cambio de transformadores contaminados e ineficientes por transformadores nuevos de mayor eficiencia y sin contaminación de PCB's, con las condiciones planteadas no resulta ser económicamente atractivo, sin embargo la propuesta no debería ser desechada, ya que se puede proyectar no solo a nivel de la CENTROSUR, si no a nivel país, integrando a las empresas eléctricas y propietarios privados de estos equipos.

Una propuesta del proyecto ampliado podría ser de gran interés para el gobierno nacional, ya que el Ecuador ha ratificado los convenios y tratados internacionales para la eliminación de los COP's, y uno de sus compromisos es la erradicación de los PCB's hasta el año 2020, además de que los valor de Gwh evitados y de Kilotoneldas de CO₂ reducidas para un proyecto ampliado a nivel país, podría ser propuesto como MDL, y los costos de inversión para adquirir los nuevos equipos, se podrían gestionar a través del gobierno central



BIBLIOGRAFIA:

- MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2014). <http://web.ambiente.gob.ec/>. Retrieved 05 05, 2014, from <http://web.ambiente.gob.ec/>
- MINISTERIO DEL AMBIENTE-ECUADOR. (n.d.). NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA. *TULAS-TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION AMBIENTAL*. QUITO, ECUADOR.
- AC, M. A., & TUL, D. F. (2006). *INVENTARIO NACIONAL DE TRANSFORMADORES Y CAPACITORES ELÉCTRICOS QUE CONTENGAN BIFENILOS POLICLORADOS EN GUATEMALA COMO INSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN NACIONAL DE ACCIÓN*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- ALVAREZ, J. (2009). http://www.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/pag_electrica.php?pag=apuntesyenlaces. (U. T.-F. Aires, Ed.) Retrieved septiembre 15, 2012, from http://www.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/pag_electrica.php?pag=apuntesyenlaces
- ASOCIACION ESPANOLA DE NORMALIZACION Y CERTIFICACION. (2005, Junio). Norma Espanola - Sistemas de Gestion - Guia para la integracion de los sistemas de gestion. *UNE 66177*. Madrid, Espana.
- BRETTIS. (2011). *BRETTIS-TUTORIAL LUBRICANTES-TRANSFORMADORES*. Retrieved diciembre 14, 2011, from www.brettis.com
- CENTROSUR . (2014).
- CENTROSUR. (2012). *Auditoria de Impacto Ambiental*. Cuenca.
- CH, W. L. (2011). CONTAMINACION POR BIFENILOS POLICLORADOS (PCB) EN EQUIPOS TRANSFORMADORES DEL SUBSECTOR ELECTRICO EN EL PERU. PERU: INSTITUTO DE INVESTIGACION RIIGEO.
- CONLEC. (2012). *Manual de Procedimientos para el manejo de Bifenilos Policlorados (PCB's) en el sector electrico ecuatoriano*. Quito.
- DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS PARA PERSONAS MAYORES EN NEW JERSEY. (2007). *HOJA INFORMATIVA SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS*.
- DÍAZ, M. I., MOTA, J., & TOVAR, J. (2012, octubre). *UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL*. Retrieved octubre 21, 2012, from <http://johanatov.blogspot.es/>: <http://johanatov.blogspot.es/>
- IPEN. (2005). ALTERNATIVAS PARA LA DISPOSICION DE COMPUESTOS ORGANICOS PERSISTENTES(COPS). REPUBLICA CHECA".



ISO 9000:2000. (n.d.).

J.CHAPMAN, S. (2000). *MAQUINAS ELECTRICAS*. Australia: Mc Graw Hill.

MANTILLA, J. G., & CARDONA, M. G. (2012). *TENDENCIAS EN EL MANEJO Y ANALISIS DE POLICRORURO BIFENILOS*. COLOMBIA: UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA.

MARGIE, V. Z. (2011). *CARACTERIZACIÓN Y ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO PARA BIFENILOS POLICLORADOS (SOVTO-10) PRESENTE EN ACEITES DE TRANSFORMADORES*. BÉLGICA: UNIVERSIDAD DE GANTE.

MARZIO, W. D. (S/A). *BIOREMEDIACION DE SUELOS CONTAMINADOS CON PCBS*.

MINAM, M. D. (2011). *GUIA PRACTICA PARA DESARROLLADORES DE PROYECTOS MDL*. LIMA: WR IMPRESORES.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DE COLOMBIA. (2009). *BIODEGRADACION DE COMPUESTO ORGANICOS PERSISTENTES*. BOGOTA, COLOMBIA.

MINISTERIO DEL AMBIENTE-ECUADOR. (2006). *PLAN NACIONAL DE IMPLEMENTACION PARA LA GESTION DE LOS CONTAMINANTES ORGANICOS PERSISTENTES EN ECUADOR*. QUITO.

MOSCOSO, S. (2005). *Maquinas Electricas- Apuntes de clases*. Cuenca, Ecuador: Universidad Catolica de Cuenca.

NACIONES UNIDAS. (2009). *Recomendaciones relativas al Transporte de Mercancias Peligrosas*. New York y Ginebra.

NTE INEN 2266:2010. (2010). *Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos. Requisitos*. Quito, Ecuador.

OMS. (2003). *POLYCHLORINATED BIPHENYLS: HUMAN HEALTH ASPECTS*. GENEVA.

ONU. (2014, 01 18). <https://www.un.org/es/aboutun/>. Retrieved 01 18, 2014, from <https://www.un.org/es/aboutun/>

PANTOJA, J. L. (2008). *LA GESTION DE LOS PCB*. ESPAÑA: EOI - ESCUELA DE NEGOCIOS.

PEREZ, C. M. (2009, Julio-Agosto). Los contaminantes ambientales bifenilos policlorados (PCB) y sus efectos sobre el sistema nervioso y la salud. *Redalyc*, 32(4), 13.

POSADA, E. L. (2006). *Purificacion de aceites aislantes contaminados con Bifenilos Policlorados*. Medellin-Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

POZUETA, M. A. (2008). *TRANSFORMADORES*. CANTABRIA-ESPAÑA: DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRICA Y ENERGETICA.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE. (2002). *TRANSFORMADORES Y CONDENSADORES CON PCB:DESDE LA GESTION HASTA LA RECLASIFICACION Y ELIMINACION*. SUIZA.



- PROYECTO CER-ACDI-COLOMBIA. (1999). *MANUAL DE MANEJO DE PCBs PARA COLOMBIA*.
- QUINTILI, M. (2012). *NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA... UN MUNDO PEQUEÑO*.
- RAP-PAL URUGUAY. (2001, mayo 17). *RAP-PAL URUGUAY*. Retrieved Noviembre 2, 2011, from Comunicado de prensa: <http://www.rapaluruaguay.org>
- SECRETARÍA DEL AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE. (2011). *Secretaría del Ambiente y desarrollo sustentable de la nación*. Retrieved septiembre 09, 2011, from <http://www.ambiente.gov.ar>
- SERNA, S. . (2009). *MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO-CONCEPTOS BASICOS*. HONDURAS: COMUNICA.
- U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES-EPA. (2000). *TOXICOLOGICAL PROFILE FOR POLYCHLORINATED BIPHENYLS (PCBs)*. Atlanta, Georgia.
- U.S.EPA. (2008). *Polychlorinated Biphenyls (PCBs), TEACH Chemical Summary*.
- UNFCCC, C. D. (2010). *MANUAL DEL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO*.
- Wikipedia*. (2011, septiembre 04). Retrieved septiembre 06, 2011, from Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>
- YOSHIMURA, T. (2003). YUSHO IN JAPAN. *INDUSTRIAL HEALTH*, 10.



ANEXOS

Anexo I.1.

LISTA DE CONGENERES DE LOS BIFENILOS POLICLORADOS

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
	1336-36-3		Polychlorinated biphenyl (PCB)	Category
CP1_----_--_--	2051-60-7	1	2-Chlorobiphenyl	Congener
CP0_----_--_--	2051-61-8	2	3-Chlorobiphenyl	Congener
CP0_----_--_--	2051-62-9	3	4-Chlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	13029-08-8	4	2,2'-Dichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	16605-91-7	5	2,3-Dichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	25569-80-6	6	2,3'-Dichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	33284-50-3	7	2,4-Dichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	34883-43-7	8	2,4'-Dichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	34883-39-1	9	2,5-Dichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	33146-45-1	10	2,6-Dichlorobiphenyl	Congener
CP0_----_--_2M	2050-67-1	11	3,3'-Dichlorobiphenyl	Congener
CP0_----_--_--	2974-92-7	12	3,4-Dichlorobiphenyl	Congener
CP0_----_--_--	2974-90-5	13	3,4'-Dichlorobiphenyl	Congener
CP0_----_--_2M	34883-41-5	14	3,5-Dichlorobiphenyl	Congener
CP0_----_PP_--	2050-68-2	15	4,4'-Dichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	38444-78-9	16	2,2',3-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	37680-66-3	17	2,2',4-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	37680-65-2	18	2,2',5-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	38444-73-4	19	2,2',6-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_2M	38444-84-7	20	2,3,3'-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	55702-46-0	21	2,3,4-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	38444-85-8	22	2,3,4'-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_2M	55720-44-0	23	2,3,5-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	55702-45-9	24	2,3,6-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_--	55712-37-3	25	2,3',4-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_2M	38444-81-4	26	2,3',5-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_--	38444-76-7	27	2,3',6-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_PP_--	7012-37-5	28	2,4,4'-Trichlorobiphenyl	Congener

Anexo I.1.

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
CP1_----_--_	15862-07-4	29	2,4,5-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_	35693-92-6	30	2,4,6-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_	16606-02-3	31	2,4',5-Trichlorobiphenyl	Congener
----_----_--_	38444-77-8	32	2,4',6-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_	38444-86-9	33	2,3',4'-Trichlorobiphenyl	Congener
CP1_----_--_2M	37680-68-5	34	2,3',5'-Trichlorobiphenyl	Congener
CPO_----_--_2M	37680-69-6	35	3,3',4'-Trichlorobiphenyl	Congener
CPO_----_--_2M	38444-87-0	36	3,3',5'-Trichlorobiphenyl	Congener
CPO_----_PP_	38444-90-5	37	3,4,4'-Trichlorobiphenyl	Congener
CPO_----_--_2M	53555-66-1	38	3,4,5-Trichlorobiphenyl	Congener
CPO_----_--_2M	38444-88-1	39	3,4',5-Trichlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_2M	38444-93-8	40	2,2',3,3'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	52663-59-9	41	2,2',3,4-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	36559-22-5	42	2,2',3,4'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_2M	70362-46-8	43	2,2',3,5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_2M	41464-39-5	44	2,2',3,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	70362-45-7	45	2,2',3,6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	41464-47-5	46	2,2',3,6'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_PP_	2437-79-8	47	2,2',4,4'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	70362-47-9	48	2,2',4,5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	41464-40-8	49	2,2',4,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	62796-65-0	50	2,2',4,6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	68194-04-7	51	2,2',4,6'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_2M	35693-99-3	52	2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	41464-41-9	53	2,2',5,6'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_	15968-05-5	54	2,2',6,6'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	74338-24-2	55	2,3,3',4-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	41464-43-1	56	2,3,3',4'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	70424-67-8	57	2,3,3',5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	41464-49-7	58	2,3,3',5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
----_4CL_--_2M	74472-33-6	59	2,3,3',6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_	33025-41-1	60	2,3,4,4'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	33284-53-6	61	2,3,4,5-Tetrachlorobiphenyl	Congener

Anexo I.1.

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
---_4CL_--_-	54230-22-7	62	2,3,4,6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	74472-34-7	63	2,3,4',5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	52663-58-8	64	2,3,4',6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	33284-54-7	65	2,3,5,6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_-	32598-10-0	66	2,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	73575-53-8	67	2,3',4,5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	73575-52-7	68	2,3',4,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	60233-24-1	69	2,3',4,6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	32598-11-1	70	2,3',4',5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	41464-46-4	71	2,3',4',6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	41464-42-0	72	2,3',5,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74338-23-1	73	2,3',5',6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_-	32690-93-0	74	2,4,4',5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_-	32598-12-2	75	2,4,4',6-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	70362-48-0	76	2,3',4',5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_PP_2M	32598-13-3	77	3,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_--_2M	70362-49-1	78	3,3',4,5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_--_2M	41464-48-6	79	3,3',4,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_--_2M	33284-52-5	80	3,3',5,5'-Tetrachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_PP_2M	70362-50-4	81	3,4,4',5-Tetrachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-62-4	82	2,2',3,3',4-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	60145-20-2	83	2,2',3,3',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-60-2	84	2,2',3,3',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_-	65510-45-4	85	2,2',3,4,4'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	55312-69-1	86	2,2',3,4,5-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	38380-02-8	87	2,2',3,4,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	55215-17-3	88	2,2',3,4,6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	73575-57-2	89	2,2',3,4,6'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-07-0	90	2,2',3,4',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	68194-05-8	91	2,2',3,4',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-61-3	92	2,2',3,5,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	73575-56-1	93	2,2',3,5,6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	73575-55-0	94	2,2',3,5,6'-Pentachlorobiphenyl	Congener

Anexo I.1.

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
---_4CL_--_2M	38379-99-6	95	2,2',3,5',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	73575-54-9	96	2,2',3,6,8'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	41464-51-1	97	2,2',3,4',5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	60233-25-2	98	2,2',3,4',6'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_-	38380-01-7	99	2,2',4,4',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_-	39485-83-1	100	2,2',4,4',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	37680-73-2	101	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	68194-06-9	102	2,2',4,5,6'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	60145-21-3	103	2,2',4,5',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_-	56558-16-8	104	2,2',4,6,6'-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	32598-14-4	105	2,3,3',4,4'-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	70424-69-0	106	2,3,3',4,5-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	70424-68-9	107	2,3,3',4',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	70362-41-3	108	2,3,3',4,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-35-8	109	2,3,3',4,6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	38380-03-9	110	2,3,3',4',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	39635-32-0	111	2,3,3',5,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-36-9	112	2,3,3',5,6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-10-5	113	2,3,3',5',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	74472-37-0	114	2,3,4,4',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_-	74472-38-1	115	2,3,4,4',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	18259-05-7	116	2,3,4,5,6-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-11-6	117	2,3,4',5,6-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	31508-00-6	118	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_-	56558-17-9	119	2,3',4,4',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	68194-12-7	120	2,3',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	56558-18-0	121	2,3',4,5',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	76842-07-4	122	2,3,3',4',5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	65510-44-3	123	2,3',4,4',5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	70424-70-3	124	2,3',4',5,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-39-2	125	2,3',4',5',6-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_PP_2M	57465-28-8	126	3,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl	Congener
CP0_4CL_--_2M	39635-33-1	127	3,3',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl	Congener

Anexo I.1.

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
---_4CL_PP_2M	38380-07-3	128	2,2',3,3',4,4'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	55215-18-4	129	2,2',3,3',4,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52863-66-8	130	2,2',3,3',4,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	61798-70-7	131	2,2',3,3',4,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	38380-05-1	132	2,2',3,3',4,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	35894-04-3	133	2,2',3,3',5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52704-70-8	134	2,2',3,3',5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52744-13-5	135	2,2',3,3',5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	38411-22-2	136	2,2',3,3',6,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	35894-06-5	137	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	35065-28-2	138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_--	56030-56-9	139	2,2',3,4,4',6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_--	59291-64-4	140	2,2',3,4,4',6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52712-04-6	141	2,2',3,4,5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	41411-61-4	142	2,2',3,4,5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-15-0	143	2,2',3,4,5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-14-9	144	2,2',3,4,5',6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_--	74472-40-5	145	2,2',3,4,6,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	51908-16-8	146	2,2',3,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-13-8	147	2,2',3,4',5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-41-6	148	2,2',3,4',5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	38380-04-0	149	2,2',3,4',5',6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_--	68194-08-1	150	2,2',3,4',6,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52863-63-5	151	2,2',3,5,5',6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-09-2	152	2,2',3,5,6,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	35065-27-1	153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_--	60145-22-4	154	2,2',4,4',5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_--	33979-03-2	155	2,2',4,4',6,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	38380-08-4	156	2,3,3',4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	69782-90-7	157	2,3,3',4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	74472-42-7	158	2,3,3',4,4',6'-Hexachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	39635-35-3	159	2,3,3',4,5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	41411-62-5	160	2,3,3',4,5,6'-Hexachlorobiphenyl	Congener

Anexo I.1.

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
---_4CL_--_2M	74472-43-8	161	2,3,3',4,5',6-Hexachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_--_2M	39635-34-2	162	2,3,3',4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-44-0	163	2,3,3',4',5,6-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-45-0	164	2,3,3',4',5',6-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-46-1	165	2,3,3',5,5',6-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	41411-63-6	166	2,3,4,4',5,6-Hexachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	52663-72-6	167	2,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	59291-65-5	168	2,3',4,4',5',6-Hexachlorobiphenyl	Congener
CPO_4CL_PP_2M	32774-16-6	169	3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	35065-30-6	170	2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	52663-71-5	171	2,2',3,3',4,4',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-74-8	172	2,2',3,3',4,5,5'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-16-1	173	2,2',3,3',4,5,6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	38411-25-5	174	2,2',3,3',4,5,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	40186-70-7	175	2,2',3,3',4,5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-65-7	176	2,2',3,3',4,6,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-70-4	177	2,2',3,3',4,5',6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-67-9	178	2,2',3,3',5,5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-64-6	179	2,2',3,3',5,6,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	35065-29-3	180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	74472-47-2	181	2,2',3,4,4',5,6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	60145-23-5	182	2,2',3,4,4',5,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	52663-69-1	183	2,2',3,4,4',5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_--	74472-48-3	184	2,2',3,4,4',6,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52712-05-7	185	2,2',3,4,5,5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-49-4	186	2,2',3,4,5,6,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-68-0	187	2,2',3,4',5,5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74487-85-7	188	2,2',3,4',5,6,6'-Heptachlorobiphenyl	Congener
CP1_4CL_PP_2M	39635-31-0	189	2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	41411-64-7	190	2,3,3',4,4',5,6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	74472-50-7	191	2,3,3',4,4',5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	74472-51-8	192	2,3,3',4,5,5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	69782-91-8	193	2,3,3',4',5,5',6-Heptachlorobiphenyl	Congener

Anexo I.1.

Descriptor*	CASRN	Congener Number	IUPAC Name	Type
---_4CL_PP_2M	35694-08-7	194	2,2',3,3',4,4',5,5'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	52663-78-2	195	2,2',3,3',4,4',5,6-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	42740-50-1	196	2,2',3,3',4,4',5,6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	33091-17-7	197	2,2',3,3',4,4',6,6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	68194-17-2	198	2,2',3,3',4,5,5',6-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-75-9	199	2,2',3,3',4,5,5',6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-73-7	200	2,2',3,3',4,5,6,6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	40186-71-8	201	2,2',3,3',4,5',6,6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	2136-99-4	202	2,2',3,3',5,5',6,6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	52663-76-0	203	2,2',3,4,4',5,5',6-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	74472-52-9	204	2,2',3,4,4',5,6,6'-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	74472-53-0	205	2,3,3',4,4',5,5',6-Octachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	40186-72-9	206	2,2',3,3',4,4',5,5',6-Nonachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_PP_2M	52663-79-3	207	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-Nonachlorobiphenyl	Congener
---_4CL_--_2M	52663-77-1	208	2,2',3,3',4,5,5',6,6'-Nonachlorobiphenyl	Congener
---_---_--_--	2051-24-3	209	Decachlorobiphenyl	Congener

*Key to Table Columns

Descriptors	
CP0 / CP1	These 68 co-planar congeners include 20 with chlorine substitution at none (CP0, non-ortho) and 48 with chlorine substitution at only one (CP1, mono-ortho) of the 2, 2', 6, or 6' positions.
4CL	These 169 congeners have a total of four or more chlorine substituents (regardless of position).
PP	These 54 congeners have both para positions (4 and 4') chlorinated.
2M	These 140 congeners have two or more of the meta positions (3, 3', 5, and 5') chlorinated.
NOTE: The 12 "Dioxin-like" congeners are those that display all four of the above Descriptors.	
CASRN	
Chemical Abstracts Service (CAS) Registry Number.	
Congener Number	
The numbering presented in the table is identical to that published by Ballschmiter et al., 1992.	
IUPAC Name	

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Nombre común:	Bifenilos Policlorados	Número CAS: 1336-36-3
Sinónimos:	Aroclor, 1-1'-Bifenilo, derivados de cloro.	Número DOT: UN 2315
		Número RTK²⁰: 1554

1. Descripción y Usos

Los Bifenilos Policlorados son una mezcla de sustancias químicas que forman un líquido oleoso incoloro o de color amarillo claro, que se emplea principalmente en fluidos aislantes de sistemas eléctricos.

2. Datos Importantes

2.1. Estado físico

Líquido amarillo claro, viscoso

2.2. Peligros Químicos

La sustancia se descompone al arder, produciendo gases tóxicos e irritantes.

2.3. Límites de exposición

OSHA: 1mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0,5 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)

NIOSH: 0,001mg/m³, TWA 10 h

ACGIH: 1mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0,5 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)

2.4. Vías de exposición

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol, a través de la piel y por ingestión.

2.5. Riesgos de inhalación

Por evaporación a 20°C de esta sustancia, se puede obtener una concentración nociva en el ambiente.

2.6. Efectos de Exposición prolongada o repetida

El contacto con esta sustancia por periodos largos y repetidos puede provocar diferentes efectos en el ser humano, en la piel se evidencia el característico Cloro acné, y problemas al

²⁰RTK (RighttoKnow): de acuerdo a la lista de Derecho a Saber de Sustancias Peligrosas (Righttoknowharzaroussubstancelist), los PCB's son caracterizados dentro del grupo de los Cancerígenos y Teratógenos. (STATE OF NEW JERSEY - DEPARTAMENT OF HEALTH, 2013)

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

hígado. Muchas investigaciones en animales dan como resultado que los PCB's pueden causar efectos tóxicos en la reproducción humana.

Los PCB's son probables cancerígenos, por lo cual no existe un límite seguro de exposición y se debe reducir al mínimo la exposición a esta sustancia.

3. Propiedades físicas

Punto de inflamación:	286 ° a 385 °F (141° a 196 °C)
Temperatura de auto ignición:	464°F (240°C)
Presión de vapor:	0,001 mm Hg a 68 °F (20°C)
Densidad relativa:	1,3 (Agua =1)
Solubilidad en el agua:	Insoluble
Punto de ebullición:	617° a 734 °F (325° a 390°C)
Punto de fusión:	-2° a 50°F (19° a 10°C)
Peso molecular:	258 a 326

4. Efectos sobre la salud

Ojos:	Irritación
Piel:	Irritación
Inhalación:	Irritación de la nariz, la garganta y el pulmón con tos, respiración con silbido y falta de aire. Dolor de cabeza, náuseas, vómitos y dolor abdominal.
Crónicos:	Cáncer (piel, cerebro y páncreas) en humanos.

5. Equipo de protección personal

- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Overoles descartables tipo TYVEK laminado con SARANEX.
- ✓ Cubiertas desechables TYVEK laminado con SARANEX para botas
- ✓ Respiradores con cartucho para vapores orgánicos, con suministrador de aire o autónomo.

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

6. Primeros auxilios y descontaminación

En caso del contacto de los PCB's con:

- **Ojos:** Enjuagar con agua abundante durante 15 minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
- **Piel:** Quitar las ropas contaminadas. Lavarse con abundante agua y jabón.
- **Inhalación:** Tomar aire fresco y aplicar oxígeno en caso necesario. Si la respiración se ha detenido iniciar respiración artificial o reanimación cardiopulmonar.
- **Ingestión:** Inducir al vómito a la persona afectada, introduciendo el dedo hasta el fondo de la garganta.

En todos los casos anteriores se requiere de atención médica inmediata.

7. Derrames y emergencias

El personal responsable de limpiar los derrames, debe estar totalmente capacitado y disponer del equipo de protección personal adecuado y de las herramientas necesarias para realizar esta actividad. La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. dispone de un procedimiento para contingencia de derrames (Anexo III-12).

De acuerdo a este procedimiento se debe seguir las siguientes actividades:

- ✓ Evacuar al personal. Delimitar la zona afectada y controlar el ingreso del personal a la misma.
- ✓ Eliminar las fuentes de ignición.
- ✓ Absorber el líquido con arena seca, tierra o material similar y colocarlo en recipientes herméticos y etiquetar como desechos peligrosos con contenido de PCB's.
- ✓ Ventilar y limpiar el área afectada, luego de realizar la absorción de los líquidos
- ✓ Se debe vigilar que este químico no se incorpore al ambiente, evitando que el lavado procedente del derrame llegue al alcantarillado.

8. Manipulación y Almacenamiento

La manipulación y almacenamiento de los Bifenilos Policlorados debe ser realizada solamente por personal entrenado que conozca los procedimientos establecidos por la Empresa Eléctrica Regional Centrosur.

- Los Bifenilos Policlorados no son compatibles con AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR) y ÁCIDOS FUERTES (CLORHÍDRICO, SULFÚRICO y NÍTRICO).
- El almacenaje debe ser realizado:
 - En recipientes bien cerrados
 - En un área fresca y bien ventilada,
 - Fuera del alcance de la incidencia de LUZ ULTRAVIOLETA FUERTE y/o LUZ SOLAR
 - Lejos de fuentes de agua y zonas residenciales.

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

9. Referencias

COMITE INTERNACIONAL DE EXPERTOS DEL IPCS. (2005). *FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUIMICA*.

DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS PARA PERSONAS MAYORES EN NEW JERSEY. (2007). *HOJA INFORMATIVA SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS*.

PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA. (1999). *MANUAL DE MANEJO DE PCBs PARA COLOMBIA*.

Nombre común:	Bifenilos Policlorados	Número CAS:	1336-36-3
Sinónimos:	Aroclor, 1-1'-Bifenilo, derivados de cloro.	Número DOT:	UN 2315
		Número RTK²¹:	1554

1. Descripción y Usos

Los Bifenilos Policlorados son una mezcla de sustancias químicas que forman un líquido oleoso incoloro o de color amarillo claro, que se emplea principalmente en fluidos aislantes de sistemas eléctricos.

2. Datos Importantes

2.1. Estado físico

Líquido amarillo claro, viscoso

2.2. Peligros Químicos

La sustancia se descompone al arder, produciendo gases tóxicos e irritantes.

2.3. Límites de exposición

OSHA: 1mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0,5 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)

NIOSH: 0,001mg/m³, TWA 10 h

²¹RTK (RighttoKnow): de acuerdo a la lista de Derecho a Saber de Sustancias Peligrosas (Righttoknowharzaroussubstancelist), los PCB's son caracterizados dentro del grupo de los Cancerígenos y Teratógenos. (STATE OF NEW JERSEY - DEPARTMENT OF HEALTH, 2013)

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

ACGIH: 1mg/m³, TWA 8 h (cloro al 42%) y 0,5 mg/m³, TWA 8 h (cloro al 54%)

2.4. Vías de exposición

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol, a través de la piel y por ingestión.

2.5. Riesgos de inhalación

Por evaporación a 20°C de esta sustancia, se puede obtener una concentración nociva en el ambiente.

2.6. Efectos de Exposición prolongada o repetida

El contacto con esta sustancia por periodos largos y repetidos puede provocar diferentes efectos en el ser humano, en la piel se evidencia el característico Cloro acné, y problemas al hígado. Muchas investigaciones en animales dan como resultado que los PCB's pueden causar efectos tóxicos en la reproducción humana.

Los PCB's son probables cancerígenos, por lo cual no existe un límite seguro de exposición y se debe reducir al mínimo la exposición a esta sustancia.

3. Propiedades físicas

Punto de inflamación: 286 ° a 385 °F (141° a 196 °C)

Temperatura de auto ignición: 464°F (240°C)

Presión de vapor: 0,001 mm Hg a 68 °F (20°C)

Densidad relativa: 1,3 (Agua =1)

Solubilidad en el agua: Insoluble

Punto de ebullición: 617° a 734 °F (325° a 390°C)

Punto de fusión: -2° a 50°F (19° a 10°C)

Peso molecular: 258 a 326

4. Efectos sobre la salud

Ojos: Irritación

Piel: Irritación

Inhalación: Irritación de la nariz, la garganta y el pulmón con tos, respiración con silbido y falta de aire.

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Dolor de cabeza, náuseas, vómitos y dolor abdominal.

Crónicos: Cáncer (piel, cerebro y páncreas) en humanos.

5. Equipo de protección personal

- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Overoles descartables tipo TYVEK laminado con SARANEX.
- ✓ Cubiertas desechables TYVEK laminado con SARANEX para botas
- ✓ Respiradores con cartucho para vapores orgánicos, con suministrador de aire o autónomo.

6. Primeros auxilios y descontaminación

En caso del contacto de los PCB's con:

- **Ojos:** Enjuagar con agua abundante durante 15 minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad).
- **Piel:** Quitar las ropas contaminadas. Lavarse con abundante agua y jabón.
- **Inhalación:** Tomar aire fresco y aplicar oxígeno en caso necesario. Si la respiración se ha detenido iniciar respiración artificial o reanimación cardiopulmonar.
- **Ingestión:** Inducir al vómito a la persona afectada, introduciendo el dedo hasta el fondo de la garganta.

En todos los casos anteriores se requiere de atención médica inmediata.

7. Derrames y emergencias

El personal responsable de limpiar los derrames, debe estar totalmente capacitado y disponer del equipo de protección personal adecuado y de las herramientas necesarias para realizar esta actividad. La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. dispone de un procedimiento para contingencia de derrames (Anexo III-12).

De acuerdo a este procedimiento se debe seguir las siguientes actividades:

- ✓ Evacuar al personal. Delimitar la zona afectada y controlar el ingreso del personal a la misma.
- ✓ Eliminar las fuentes de ignición.
- ✓ Absorber el líquido con arena seca, tierra o material similar y colocarlo en recipientes herméticos y etiquetar como desechos peligrosos con contenido de PCB's.
- ✓ Ventilar y limpiar el área afectada, luego de realizar la absorción de los líquidos
- ✓ Se debe vigilar que este químico no se incorpore al ambiente, evitando que el lavado procedente del derrame llegue al alcantarillado.

María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-2

	FICHA DE SEGURIDAD DE LOS POLICLORUROS BIFENILOS (PCB's)			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

8. Manipulación y Almacenamiento

La manipulación y almacenamiento de los Bifenilos Policlorados debe ser realizada solamente por personal entrenado que conozca los procedimientos establecidos por la Empresa Eléctrica Regional Centrosur.

- Los Bifenilos Policlorados no son compatibles con AGENTES OXIDANTES (tales como PERCLORATOS, PERÓXIDOS, PERMANGANATOS, CLORATOS, NITRATOS, CLORO, BROMO y FLÚOR) y ÁCIDOS FUERTES (CLORHÍDRICO, SULFÚRICO y NÍTRICO).
- El almacenaje debe ser realizado:
 - En recipientes bien cerrados
 - En un área fresca y bien ventilada,
 - Fuera del alcance de la incidencia de LUZ ULTRAVIOLETA FUERTE y/o LUZ SOLAR
 - Lejos de fuentes de agua y zonas residenciales.

9. Referencias

COMITE INTERNACIONAL DE EXPERTOS DEL IPCS. (2005). *FICHAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD QUIMICA*.

DEPARTAMENTO DE SALUD Y SERVICIOS PARA PERSONAS MAYORES EN NEW JERSEY. (2007). *HOJA INFORMATIVA SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS*.

PROYECTO CERI-ACDI-COLOMBIA. (1999). *MANUAL DE MANEJO DE PCBs PARA COLOMBIA*.

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

PROCEDIMIENTO PARA ANÁLISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN

1. Introducción

El presente documento desarrolla el procedimiento para el análisis de aceite dieléctrico de un transformador en operación.

2. Objetivos

- ✓ Describir las actividades para la toma y análisis de la muestra cumpliendo con los controles de calidad, seguridad y medio ambiente.
- ✓ Establecer los EPP's utilizados para la ejecución de la toma y análisis de la muestra.
- ✓ Identificar y clasificar los equipos que contienen PCB's.

3. Alcance

El presente procedimiento se aplicará a los transformadores de distribución en operación de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.

4. Definiciones

Equipo de protección personal (EPP): Se considera como EPP cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador o trabajadora para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su [HYPERLINK "http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad"](http://es.wikipedia.org/wiki/Seguridad) \o "Seguridad" seguridad o su [HYPERLINK "http://es.wikipedia.org/wiki/Salud"](http://es.wikipedia.org/wiki/Salud) \o "Salud" salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

5. Equipo de Protección Personal, Herramientas y Materiales

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

5.1. Equipo de Protección Personal (EPP) análisis

- ✓ Guantes de nitrilo
- ✓ Overoles descartables tipo TYVEK laminado con SARANEX.
- ✓ Cubiertas para botas desechables TYVEK laminado con SARANEX
- ✓ Respiradores con cartucho para vapores orgánicos.
- ✓ Guantes dieléctricos para tensión (deberán cumplir la norma IEC-60903; clase 2-3, para tensiones hasta 22 kV).
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Zapatos de seguridad dieléctricos con punta de seguridad de fibra.
- ✓ Ropa de seguridad (ropa antífama o ropa de algodón, y la ropa adicional interior será de algodón puro).
- ✓ Casco de seguridad dieléctrico.
- ✓ Lentes de seguridad.

5.2. Herramientas:

- ✓ 3 - 4 Conos de seguridad
- ✓ Cinta de seguridad
- ✓ Arnés y cuerdas de seguridad
- ✓ Trepadoras (para el caso que la toma de muestra no sea a través de carro canasta o escalera)
- ✓ Equipo de contingencia para derrames (Saco de material absorbente o aserrín, kit de derrames)
- ✓ Mesa auxiliar

5.3. Materiales

- ✓ Kit de prueba DEXSIL L-50
- ✓ Frasco nuevo color ámbar
- ✓ Jeringuilla

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- ✓ Stickers
- ✓ Formulario de registro

6. Buenas Prácticas Laborales,

- ✓ No comer, fumar o beber en el área donde se ejecuta el análisis de la muestra de aceite dieléctrico del transformador en operación.
- ✓ Lavarse las manos cuidadosamente después de culminar el trabajo encomendado.
- ✓ Emplear siempre el EPP adecuado para la actividad designada.
- ✓ Una vez terminada la tarea designada, quitarse la ropa contaminada (ropa impregnada con aceite con PCB's) y usar ropa limpia.
- ✓ Una vez terminado el turno de trabajo, ducharse o lavarse correctamente.
- ✓ No llevar la ropa contaminada (ropa impregnada con aceite con PCB's) a la casa, esta ropa debe ser entregada al responsable de manejo de desechos peligrosos de la CENTROSUR (Instructivo para manejo de desechos peligrosos)
- ✓ Controlar periódicamente los niveles de las concentraciones de PCB's del personal expuesto a esta sustancia, mediante exámenes de sangre e interpretación de los resultados por expertos en medicina ambiental y ocupacional.
- ✓ Rotular correctamente los recipientes.
- ✓ Capacitar constantemente al personal sobre los riesgos y la correcta manipulación de los PCB's.

7. Condiciones Ambientales

Para la toma de la muestra del transformador energizado se deberá evaluar los ambientales y de accesibilidad.

Anexo III-3

 CENTROSUR	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

La toma de la muestra del transformador solo se ejecutara en horario diurno y no se realizara en los siguientes casos:

- Alta humedad o lluvia.
- Altas velocidades del viento.
- Imposibilidad física de acceder a la válvula de muestreo del transformador.
- Tormentas eléctricas.
- Otras situaciones que pongan en riesgo la seguridad de los trabajadores.

8. Kit colorimétrico

El kit colorimétrico es un test de realización “in situ” para análisis cualitativo de detección de PCB’s. El kit contiene los reactivos dosificados y sellados en ampollas de vidrio, que permiten un análisis de forma segura, rápida, fiable y precisa.

Este análisis se basa en la detección de los PCB’s mediante el contenido de cloro de la muestra, aunque debido al fundamento de esta prueba que es la detección de Cloro se puede tener falsos positivos, por la contaminaciones de la muestra con cloruro de sodio (sal de mesa), agua de mar o sudor, por lo tanto requerirá otra prueba en un laboratorio certificado. Sin embargo este tipo de análisis puede ayudar a evitar el recurrir en altos costos de análisis de laboratorio y pérdidas de tiempo. Referirse al “INSTRUCTIVO PARA EL USO DEL KIT DE PRUEBA DE CONTENIDO DE PCB’s EN ACEITE DIELECTRICO”

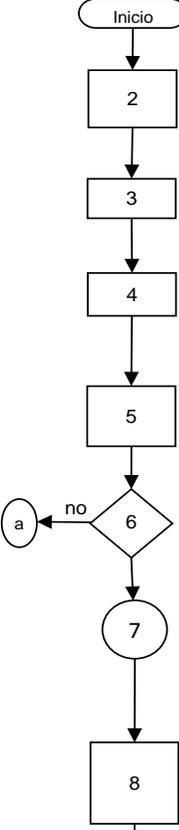
9. Actividades y responsables

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Nº	ACTIVIDAD / RESPONSABLE	REGISTRO / OBSERVACIONES	FLUJOGRAMA
1	Inicio		 <pre> graph TD Inicio([Inicio]) --> 2[2] 2 --> 3[3] 3 --> 4[4] 4 --> 5[5] 5 --> 6{6} 6 -- no --> a((a)) 6 --> 7((7)) 7 --> 8[8] </pre>
2	Seleccionar el transformador del cual se va a tomar la muestra para determinar si contiene PCB's/ Director/Jefe del departamento ambiental		
3	Recibir la orden de trabajo con toda la información del transformador que va a ser muestreado/ Jefe de grupo	Orden de trabajo (Anexo III-3.1)	
4	Ubicar el transformador de acuerdo a las referencias indicadas en la Orden de trabajo/ Jefe de grupo	Orden de trabajo (Anexo III-3.1)	
5	Verificar las condiciones ambientales, de seguridad y logística sean las adecuadas de manera que no signifiquen un riesgo para la seguridad de los operadores ni ambientales./ Jefe de grupo	Punto 4 del presente documento	
6	Las condiciones son las adecuadas/ Jefe de grupo	Formato de toma y análisis de muestra de los transformadores(Anexo III-3.2)	
7	Delimitar el área de trabajo, cerrando el acceso a personal ajeno a la empresa, para ello se debe emplear los conos y la cinta de seguridad/ Grupo de trabajo	Punto 5.1 apartado d)	
8	Identificar visualmente cuales son las opciones de toma de muestra del transformador, dependiendo del tipo de transformador existen diferentes tipos de válvulas./ Operador	Tipos de válvulas de los transformadores (Anexo 2 del presente documento) Tipos de válvulas de los transformadores (Anexo 2 del presente documento)	

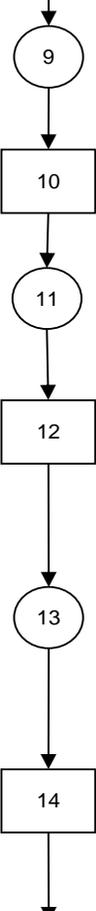
María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

9	Emplear el EPP detallado en el punto 4 en el apartado b y d, en ningún caso se podrá realizar la desconexión del transformador sin el uso del EPP./ Operador	EPP detallado en el punto 4 (b y d) del presente documento.	
10	Solicitar autorización al Centro de Control de la empresa distribuidora para realizar la desconexión del transformador./ Jefe de grupo		
11	Desconectar el transformador abriendo los seccionadores. Adicionalmente se deberá desconectar las líneas de baja tensión./ Operador		
12	Analizar la necesidad de desenergizar el ramal que alimenta de energía al transformador. En caso de determinarse la necesidad proceder a desenergizar la rama tomando las precauciones e indicaciones del procedimiento (5 reglas de oro), caso contrario continuar con el procedimiento./ Jefe de grupo	5 reglas de oro - (Anexo 1 del presente documento)	
13	Preparar el equipo de contingencia para el caso de derrame de aceite dieléctrico, este equipo comprende: saco de material absorbente o aserrín y kit de derrames./ Operador	Plan de contingencia para derrame de aceite dieléctrico (Anexo III-12)	
14	Verificar los equipos como el carro canasta, escalera o trepadoras para casos especiales se encuentren instalados adecuadamente y los materiales para el análisis de la muestra se encuentren listos: mesa auxiliar, kit colorimétrico, frasco ámbar, jeringuilla, stickers, formulario de registro./ Jefe de grupo	Punto 5 apartado d)	

María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-3

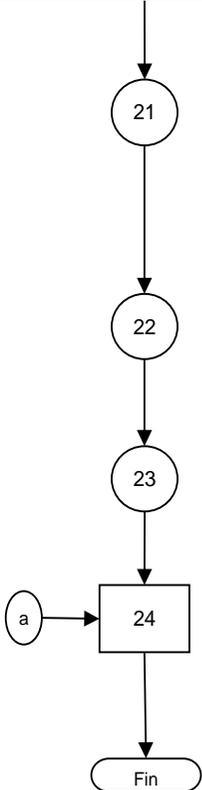
	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

15	El operador que vaya a ser responsable de la toma y análisis de muestra debe colocarse el EPP adecuado para esta actividad./ Operador	Punto 5 apartado a)	15
16	Ascender hasta el transformador con el cinturón de seguridad y la faja de vida tomando así todas las precauciones de seguridad y abrir la válvula de alivio del transformador empleando para ello la llave de pico./ Operador		16
17	Tomar 25 cc de muestra con la jeringuilla y depositarla en el frasco ámbar e inmediatamente cerrar el frasco./ Operador	Instructivo para el uso del kit de prueba de contenido de PCB's en aceite dieléctrico (I-DIPLA-286)(Anexo III-4)	17
18	Una vez obtenida la muestra cerrar la válvula del transformador y asegurarse que quede completamente cerrada para evitar cualquier tipo de derrame. En caso de existir algún derrame proceder de acuerdo al procedimiento de derrames.Descender con la muestra./ Operador	Plan de contingencia para derrame de aceite dieléctrico (Anexo III-12)	18
19	Rotular el frasco con la muestra extraída, colocando los siguientes datos: Código, número de placa, año de fabricación, ubicación del transformador, fecha del análisis./ Operador		19
20	Analizar la muestra de aceite tomada de acuerdo al Instructivo de uso del kit de prueba de contenido de PCB's en aceite dieléctrico./ Operador	Instructivo para el uso del kit de prueba de contenido de PCB's en aceite dieléctrico (I-DIPLA-286) (Anexo III-4)	20

María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

21	Etiquetar el transformador de acuerdo al resultado obtenido en el análisis, en el caso de que el análisis sea positivo se colocara la etiqueta No1 del anexo III-5, y en el caso que el resultado sea negativo se deberá colocar la No.2 del Anexo III-5. Todos los transformadores independientemente del resultado también deberán etiquetarse con la etiqueta blanca que contiene la información y código del transformador muestreado. / Operador	Etiqueta del transformador (Anexo III-5)	 <pre> graph TD Start(()) --> 21((21)) 21 --> 22((22)) 22 --> 23((23)) 23 --> 24[24] 24 --> Fin([Fin]) a((a)) --> 24 </pre>
22	La muestra obtenida y el kit empleado deben ser etiquetados y manejados con todas las precauciones de acuerdo al procedimiento de transporte de muestras o PCB's / Jefe de grupo	Punto 4 del presente documento, Procedimiento de transporte de PCB's	
23	Una vez culminado las actividades, se debe retirar las protecciones y proceder a la reconexión del transformador./ Operador		
24	Llenar correctamente toda la información solicitada en el Formato de Toma de muestra/ Operdor-jefe de grupo	Formato para toma y análisis de los transformadores (Anexo III-3.2)	
25	Fin		

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

10.Registros

Nombre	Código	Llena	Revisa	Archiva	Tiempo de archivo	Disposición
Formato de toma y análisis de muestra de los transformadores	Anexo III-3.2	Operador / Analista del laboratorio	Jefe de grupo/ Jefe de laboratorio	Jefe de laboratorio	3 años	Carpeta física de obsoletos
Orden de trabajo	Anexo III-3.1	Director del departamento ambiental	Director del departamento ambiental	Director del departamento ambiental	3 años	Carpeta física de obsoletos

11.Revisiones

No.	Fecha	Motivo
0		Elaboración del documento

12.Lista de divulgación

Operadores, Analista de laboratorio, Director del Departamento Ambiental

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

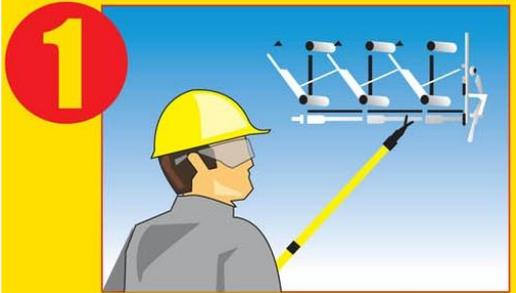
13. Anexos

10.1. Anexo 1

LAS 5 REGLAS DE ORO

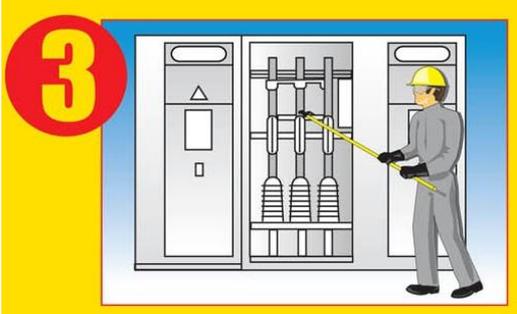
Las 5 reglas de oro es un procedimiento empleado en trabajos de electricidad, que contiene 5 pasos que se deben seguir con el fin de minimizar los riesgos asociados a los trabajos con tensión.

Las 5 reglas son:

	REGLA	DIAGRAMA
1.	Suspender en forma efectiva y visible todas las fuentes de voltaje.	
2.	Bloquear en posición de abertura todos los aparatos de corte.	

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

3.	Verificar la ausencia de voltaje en los elementos donde se vaya a trabajar.	
4.	Puesta a tierra y en cortocircuito la red donde se vaya a trabajar.	
5.	Delimitar y señalar el área de trabajo.	

Anexo III-3

	PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE ACEITE DIELÉCTRICO DE UN TRANSFORMADOR EN OPERACIÓN			Área:	
				Código:	P –DIGARS – X001
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

10.2. Anexo 2

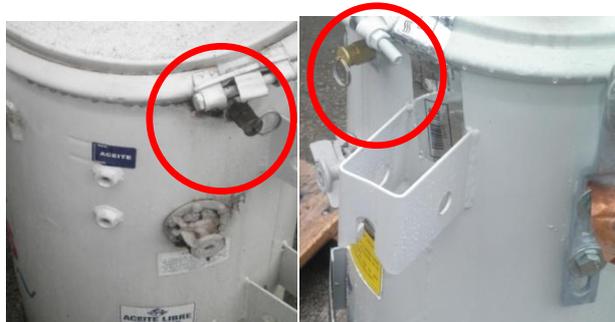
TIPOS DE VALVULAS DE TRANSFORMADORES

- Válvula de drenaje



Fuente: Propia (bodega de transformadores de la CENTROSUR)

- Válvula de sobrepresión



Fuente: Propia (bodega de transformadores de la CENTROSUR)

- Válvula Hand Hole en transformadores monofásicos



Fuente: (CH-TRANSFORMADORES, 2014)

Anexo III-3.1.

	ORDEN DE TRABAJO			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

ORDEN DE TRABAJO		
1.	Orden de trabajo numero:	
2.	Fecha:	
	De emisión de la Orden de trabajo: De realización del trabajo:	
3.	Asignado a:	
4.	Tipo de trabajo:	Mantenimiento de transformador
		Muestreo del transformador
		Retiro del transformador
5.	Código del transformador:	
6.	Dirección / Localización:	Provincia:
		Ciudad:
		Parroquia:
		Dirección:
		Referencia:
		Coordenadas geograficas:
	X:	
	Y:	
	Z:	
7.	Detalle del trabajo realizado:	
8.	Observaciones:	
9.	Firmas de responsabilidad:	
	Verificado y liberado por:	Fecha y firma:
	Aprobado por:	Fecha y firma:

María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-3.2

	FORMATO DE TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE LOS TRANSFORMADORES			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

FORMATO DE TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE LOS TRANSFORMADORES

1. DATOS GENERALES:				
Fecha de muestreo:				
Responsable del muestreo:				
2. DATOS DEL TRANSFORMADOR:				
Fase:	Tensión:	Potencia:		
3. DATOS DE PLACA DEL TRANSFORMADOR:				
Marca:				
Modelo:				
Año de fabricación:				
País de fabricación:				
4. DATOS DE MANTENIMIENTO:				
Estado:	En Uso:		En almacenamiento:	
Intervenciones:				
Observaciones:				
En caso de ser un transformador que se encuentra en almacenamiento:				
Almacenamiento:	Adecuado		No adecuado:	
5. DATOS DEL ACEITE:				
Volumen (m ³)		Peso (kg)		
6. DATOS DEL EQUIPO:				
Dimensiones:		Peso (kg)		

Anexo III-3.2

	FORMATO DE TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE LOS TRANSFORMADORES			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

7. UBICACIÓN GEOGRAFICA:

Coordenadas geográficas:	x	y	z
Alimentador primario:			
Zona:	Urbana	Rural	

8. DATOS DEL MUESTREO

Cantidad de muestra recolectada (min 20 ml max 25 ml):		Nombre del operador que tomo la muestra:	
---	--	--	--

9. OBSERVACIONES:

--

10. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

_____ OPERADOR	_____ SUPERVISOR
-------------------	---------------------

Para uso del Laboratorio:

11. DATOS DE LA MUESTRA:

Cantidad de muestra receptada (ml):		Fecha de recepción de la muestra:	
-------------------------------------	--	-----------------------------------	--

Anexo III-3.2

 CENTROSUR	FORMATO DE TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE LOS TRANSFORMADORES			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

12. DATOS DEL ANALISIS DE LA MUESTRA:

12.1. Tipo de análisis realizado

--

12.2. Resultado

Contenido de PCB's	Positivo	Negativo
--------------------	----------	----------

En caso de ser positivo el contenido de PCB's:

Concentración de PCB's

<5 ppm	5 – 50 ppm	50 – 500 ppm	>500 ppm

13. OBSERVACIONES

--

14. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> <p>ANALISTA</p>	<hr style="width: 20%; margin: 0 auto;"/> <p>JEFE DE LABORATORIO</p>
--	---

Anexo III-4

	INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE EQUIPOS SUMERGIDOS EN ACEITE DIELECTRICO		Código: I-DIPLA-286
			Revisión: 0
Elaborado por: Rafael León	Revisado por: Juan Antonio Vasquez	Aprobado por: Modesto Salgado	Fecha: 09/03/2009

Tipo de Información

Instructivo

Interna Externa

Información



INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE EQUIPOS SUMERGIDOS EN ACEITE DIELECTRICO V1 03-03-09.doc

Ubicación

LABORATORIO DE TRANSFORMADORES

Responsable

Rafael León

Jefe del Laboratorio de Transformadores

Control de la Información

Rafael León JEFE DEL LABORATORIO DE TRANSFORMADORES	Juan Antonio Vasquez SUPERINT. DE GESTIÓN AMBIENTAL	Modesto Salgado DIRECTOR DE DISTRIBUCIÓN	
04/03/2009-04/03/2009	04/03/2009-04/03/2009	04/03/2009-09/03/2009	

Lista de Distribución

Administrador de Agencia(Dpto. de Distribución Zonas/N.A.).DIDIS
Administrador de Agencia(Superintendencia de Distribución DIMS/N.A.).DIMS
Jefe del Laboratorio de Transformadores(Dpto. de Distribución Zona 1/N.A.).DIDIS
Jefe Departamento Calidad(Dpto. de Calidad/N.A.).DIPLA
Jefe Departamento Distribución Zona 1(Dpto. de Distribución Zona 1/N.A.).DIDIS
Jefe Departamento Distribución Zona 2(Dpto. de Distribución Zona 2/N.A.).DIDIS
Jefe Departamento Distribución Zona 3(Dpto. de Distribución Zona 3/N.A.).DIDIS
Superintendente de Distribución(Dpto. de Distribución Zonas/N.A.).DIDIS
Superintendente Distribución DIMS(Superintendencia de Distribución DIMS/N.A.).DIMS
Superintendente Subestaciones(Dpto. de Subtransmisión y Subestación/N.A.).DIDIS

Anexo III-4

 CENTROSUR	INSTRUCTIVO PARA EL USO DEL KIT DE PRUEBA DE CONTENIDO DE PCB's EN ACEITE DIELECTRICO	Código: I-DIPLA- 286
---	--	-------------------------

1.- INTRODUCCION:

El presente documento desarrolla un instructivo para realizar la prueba de contenido de PCB's, mediante la utilización del kit de evaluación DEXSIL: CLOR-N-OIL[®] 50 en equipos sumergidos en aceite dieléctrico.

2.- OBJETIVOS:

- Identificar los equipos de protección utilizados para la ejecución de la prueba.
- Utilizar adecuadamente el kit de evaluación.
- Identificar y clasificar los equipos que contienen PCB's.

3.- ALCANCE:

Analizar y clasificar el contenido de PCB's en el aceite dieléctrico de los equipos sumergidos en aceite dieléctrico.

4.- DEFINICIONES:

- ♦ **PCB's:** Policloruros bifenilos, estructura de bifenilo con dos anillos de benceno entrelazados entre sí y clorados en distintos grados, tienen alta estabilidad química, alta capacidad calorífica, baja conductividad eléctrica y alta constante dieléctrica, no son biodegradables.
- ♦ **Kit de evaluación:** DEXSIL: CLOR-N-OIL[®] 50

5.- PRUEBA DE ANALISIS DE CONTENIDO DE PCB's EN ACEITES DIELECTRICOS

- ♦ La presente guía está basada en las instrucciones de uso del kit DEXSIL: CLOR-N-OIL[®] 50, que utiliza el Método: EPA 9070, para el análisis correspondiente.

CONTENIDO DEL KIT:

1. Tubo # 1-Un tubo de ensayo de plástico con dispensador y tapa negra, que contiene en su interior dos ampollitas una de color gris (Superior) y otra con un punto azul (Inferior).
2. Tubo # 2 - Un tubo de ensayo de plástico con tapa blanca que contiene 7 ml de una solución transparente, además contiene dos ampollitas una de color naranja (arriba) y otra con un punto verde (abajo).
3. Una pipeta de plástico.
4. Una ampolla protegida con una cobertura de cartón y un tubo de plástico designado como "DISPOSAL AMPULES".

6.- INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LA PRUEBA DE CONTENIDO DE PCB's

1. Verificar que el equipo esté desenergizado.



Anexo III-4

7.- SUGERENCIAS PARA EL USO DEL KIT DE PRUEBA

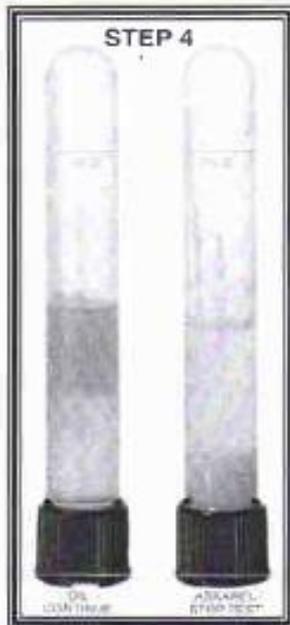
- El kit de prueba Clor-N-Oil se basa en el principio de determinación de cloro, por lo que es capaz de detectar PCB's en materiales que contienen cloro. Sin embargo, la prueba no puede distinguir los compuestos triclorobenceno que también pueden encontrarse en el aceite dieléctrico de los equipos. Estos compuestos pueden causar un resultado conocido como un "falso positivo", es decir, que en el aceite se detecta presencia de más de 50 ppm de PCB's, pero cuando se analicen por el método de cromatografía de gases o el análisis físico - químico podrían mostrar un valor inferior a 50 ppm.
- La prueba se basa en el principio de cloruro de detección, por lo tanto, la contaminación de sal (cloruro sódico), agua de mar, sudor, etc, dará un resultado positivo falso, por lo que requiere de la realización de nuevas pruebas en un laboratorio calificado.
- Nunca toque las ampollas que se encuentran en el interior de los tubos, o la punta de la pipeta, ya que puede contaminar la prueba.
- Al abrir el kit debe examinarse que todos los componentes están presentes y que las cinco (5) ampollas están en su lugar y no tenga fugas. La solución transparente en el Tubo # 2 (tapa blanca) debe estar aproximadamente 1/2 pulgada por encima de la línea de 5ml.
- El kit Clor-N-Oil no está destinado para realizar análisis en muestras que contienen agua. Si el Tubo # 1 se siente caliente, se acumula la presión, o pierde su color gris en el Paso 3, la muestra probablemente contiene el agua y no debe continuarse con la prueba, podría tentativamente realizarse otra prueba, siempre y cuando el aceite de la muestra sea previamente secado.
- Realizar la prueba en un lugar temperado y seco con suficiente luz. En climas fríos, se puede realizar la prueba en un lugar cerrado, si una zona temperada no está disponible, el paso 3 se debe realizar mientras se calienta el Tubo #1 en la palma de la mano.
- Cuando se tome la muestra de aceite en la pipeta, evitar sumergirla profundamente, ya que esto hará que se presente goteo.
- Al introducir la pipeta de plástico en el tubo #1, introdúzcalo hasta la línea de 5 ml. Esto evita que el aceite llegue a las paredes del tubo y se acumule demasiado aceite.
- Siempre romper primero la ampolla incolora en cada tubo, si esta secuencia no se ha seguido, detener la prueba inmediatamente y empezar de nuevo usando otro kit completo. Cuando se realiza una secuencia incorrecta, se puede generar un falso negativo, ocasionando que una muestra contaminada pase sin ser detectada.
- En el paso 4, colocar el tubo # 2 a un ángulo de 45°, con el objetivo de prevenir el deslizamiento de las ampollas.
- Esta prueba se usa exclusivamente con aceite dieléctrico de origen petrolífero, y no está destinado para la realización de pruebas de otros tipos de fluidos.
- En el paso 4 (EXTRACCIÓN), si la capa de aceite se destina a la parte inferior (tal como se muestra en la fotografía: 1), suspender la prueba en este momento ya que el aceite analizado contiene principalmente PCB's puro (Askarel). Si continua con la prueba al trasladar el aceite al Tubo # 2 se registrarán resultados falsos.

8.- PRECAUCIÓN

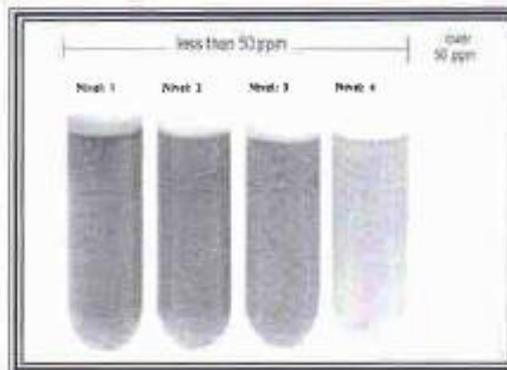
- Cuando se procede a romper las ampollas, presione firmemente en el centro del Tubo por una sola vez. Nunca intente presionar nuevamente en el mismo sitio ya que existen vidrios rotos que pueden atravesar el tubo y cortar los dedos.

Anexo III-4

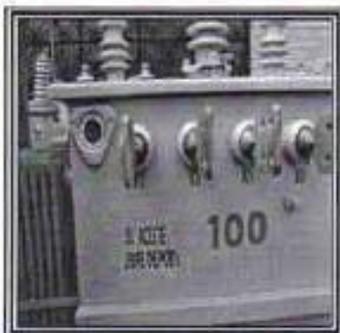
- En caso de rotura accidental o derrame en la piel o la ropa, lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua. Todos las ampollas son venenosas y no deben ingerirse.
- No transporte los kits usados en aviones de pasajeros.
- Deshágase correctamente de los kits utilizados, como se indica en el punto 10. Los Tubos # 1 y # 2 pueden contener PCB's si el resultado de la prueba es positiva por lo que deben ser tratados como residuos peligrosos. El mercurio en el tubo # 2 se hace insoluble cuando se coloca la ampolla denominada "DISPOSAL AMPOLES".
- La ampolla gris en el tubo # 1 contiene sodio metálico. Sodio metálico es un sólido inflamable y reactivo en el agua.
- Use guantes de goma y gafas de seguridad mientras realiza la prueba.
- Leer el instructivo antes de realizar la prueba.
- Mantener fuera del alcance de los niños.



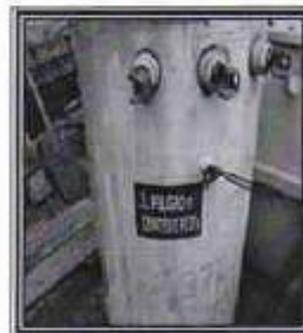
FOTOGRAFIA: 1



FOTOGRAFIA: 2



FOTOGRAFIA: 3



FOTOGRAFIA: 4

Anexo III-4

9.- ETIQUETADO DE EQUIPOS:

Luego de realizada la prueba se procederá a colocar un adhesivo en una parte visible del equipo, con las leyendas:

- ACEITE LIBRE DE PCB's (Adhesivo color AMARILLO) cuando su resultado es menor a: 50 ppm. Fotografía 3.
- PELIGRO ACEITE CON PCB's (Adhesivo color ROJO) cuando su resultado es mayor a: 50 ppm. Fotografía 4

10.- ALMACENAMIENTO DE LOS KITS UTILIZADOS:

Luego de realizada la prueba de análisis de contenido de PCB's:

- Si el resultado es de menor a 50 ppm, el kit empleado será sellado con adhesivo de color amarillo reflectivo, además se anotará los datos de identificación del equipo que proviene, entre otros: la Potencia, Número de serie, Número de Empresa, marca, y se reingresará a la Bodega (1 – 12) de Material Peligroso.
- Si el resultado es de mayor a 50 ppm, el kit empleado será sellado con adhesivo de color rojo reflectivo, además se anotará los datos de identificación del equipo que proviene, entre otros: la Potencia, Número de serie, Número de Empresa, marca, y se reingresará a la Bodega (1 – 12) de Material Peligroso.

Anexo III-5

	ETIQUETAS PARA LOS TRANSFORMADORES			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Se han diseñado tres tipos de etiquetas para los transformadores pertenecientes a la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur:

1. Etiqueta para transformadores muestreados y para la muestra tomada:

	EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR – CENTROSUR	
	CODIGO:	
	FECHA:	
	FIRMA DEL RESPONSABLE:	

Dimensiones: 15 cm x 10 cm

Fuente: (Elaboración propia)

2. Etiqueta para transformadores libres PCB's:



Dimensiones: 10 cm x 8cm

Fuente: (Manual de procedimientos para el manejo de Bifenilos Policlorados en el sector eléctrico ecuatoriano)

Anexo III-5

 CENTROSUR	ETIQUETAS PARA LOS TRANSFORMADORES			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

3. Etiqueta para transformadores con PCB's:



Dimensiones: 20 cm x 10 cm

Fuente: (Manual de procedimientos para el manejo de Bifenilos Policlorados en el sector eléctrico ecuatoriano)

Anexo III-6

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE

1.- Objetivo

El presente Plan tiene como objetivo establecer los procedimientos a seguir en caso de sucesos no previstos ocurridos durante el transporte de cargas, en donde se puedan ver comprometidas la integridad física del conductor, el medio ambiente, la carga transportada o el vehículo de la empresa transportista.

2. Alcance

Este plan deberá ser aplicable en todas las situaciones de emergencia que se presenten en el transporte de material contaminado con PCB's.

3. Responsabilidades

- ✓ Gerente de la Empresa

Que exista un Plan de Contingencia actualizado y divulgado.

Exigir su conocimiento y cumplimiento.

- ✓ Departamento de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente

Elaborar en conjunto con jefe de área el plan de contingencia para emergencia considerando riesgos asociados a las personas y medio ambiente.

Difundir y capacitar a todos los involucrados en el plan de contingencia

Realizar a lo menos 1 simulacro por año

- ✓ Jefe de área y supervisores

Anexo III-6

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Exigir el cumplimiento de las medidas preventivas instauradas por la empresa para prevenir accidentes o emergencias.

Colaborar y gestionar los recursos necesarios para actuar frente a una emergencia

✓ Brigada de emergencia

Accionar según ante emergencias según lo establecido en el plan de emergencias.

Se limitara a accionar según lo establecido en este plan de contingencia.

✓ Personal de transporte:

Conocer y cumplir Planes de emergencia y de Contingencia para

4. Definiciones

- Emergencia: Es un estado anormal provocado por un evento no programado que requiere de una acción inmediata para prevenir y/o minimizar daños a las personas, propiedad y medio ambiente.
- Dique: Muro artificial para contener, en este caso, líquidos con sustancias peligrosas
- Sustancias peligrosas: Material que puede causar daños a las personas (lesiones) o al ambiente (contaminación).
- Zona de seguridad: Extensión de terreno, previamente identificado, que reúne las condiciones de reunir al personal en una zona sin riesgos de lesiones.

5. Plan de contingencia en el transporte

A continuación se detallan los procedimientos a seguir en caso de:

- Accidentes

Anexo III-6

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE			Código:	
				Elaboración:	Revisión:
				Revisión:	

- Fallas en el equipo
- Incendio del vehículo por causa externa o causado por la carga a transportar
- En caso de atropellos

5.1. Accidentes durante el transporte

Si un vehículo propio o alquilado de la EMPRESA ELECTRICA CENTROSUR S.A con carga de PCB's se ve involucrado en un accidente mientras transportaba carga, las acciones a efectuar por el conductor, serán las siguientes manteniendo el siguiente orden:

1. Aislar el vehículo poniendo conos y cintas
2. Solicitar la suspensión inmediata del tránsito
3. Identificar y delimitar un radio de seguridad mínimo de 800 metros
4. Impedir que cualquier persona sin elementos de seguridad entre en contacto con el producto transportado
5. Evitar la llegada del producto a cauces de agua y/o alcantarillados si la carga es líquida.
6. Dar aviso inmediato a la persona designada de la empresa CENTROSUR. Si la comunicación no es posible, deberá dar aviso al centro de emergencias 911, indicando el punto exacto del accidente y la información de los siguientes aspectos:
 - Nombre del conductor y patente del equipo
 - Hora del accidente
 - Lugar del accidente, indicando puntos de referencia
 - Lleva o no lleva carga.
 - Hay o no fuga del producto.
 - Posición del vehículo.

Anexo III-6

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE			Código:	
				Elaboración:	Revisión:
				Revisión:	

- Si el vehículo accidentado quedase fuera de la ruta o berma, indicar grado de dificultad para el acceso.
- Si hay vehículos de terceros involucrados
- Si a raíz del accidente hay heridos, lesionados, muertos, etc.
- Condiciones imperantes alrededor.
- Indicar la presencia de Bomberos
- En caso de fallecimiento del conductor y para que se genere la activación del plan de contingencia de transporte se tomarán las siguientes medidas.
- Se incluirá en la cabina del conductor en lugares visibles números de teléfono de contacto en caso de emergencia para que terceras personas puedan dar a conocer accidentes en la ruta de transporte o denuncias y se generará la investigación correspondiente si es un caso de accidente se activará de forma inmediata el plan de contingencia.

5.2. Fallas en el vehículo

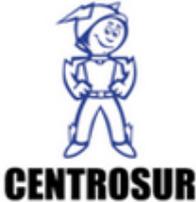
Si un conductor se encuentra con alguna avería en el vehículo, procurará sacarlo de la ruta, alejándolo de toda zona de riesgo.

Si la condición mencionada anteriormente no es posible, el conductor deberá:

1. Aislar el camión poniendo conos y cintas.
2. Bajar los extintores y ubicarlos frente al vehículo.
3. Tomar toda otra precaución que las condiciones imperantes alrededor sugiriesen
4. Dar aviso inmediato a la persona designada de la empresa CENTROSUR. Si la comunicación no es posible, deberá dar aviso al centro de emergencias 911, indicando el punto exacto del accidente y la información de los siguientes aspectos:

María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-6

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- Nombre del conductor
- Hora de la falla.
- Lugar de la falla, indicando uno o más puntos de referencia.
- Lleva o no lleva carga
- Posición del vehículo (sobre la ruta, acera, costado de la acera, etc.)
- Si el vehículo con falla quedara fuera de la ruta o acera, se debe indicar grado de dificultad para el acceso.
- Condiciones ambientales.
- En lo posible un número telefónico donde poder ubicarlo.

5.3. Incendio del vehículo por causa externa o causada por la carga a transportar

Si un vehículo con PCB's, se ve involucrado en un incendio externo o a causa de la carga transportada se genera algún incendio al vehículo y por ello se extiende a los lugares circundantes, en dicha emergencia se deberá realizar:

1. El conductor debe conocer la carga transportada, para esto el transportista debe llevar la documentación necesaria que consta de:
 - Plan de contingencia en caso de derrame de PCB's en el transporte,
 - Plan de contingencia en caso de derrame de aceite dieléctrico
 - Ficha de seguridad de los policloruros bifenilos (PCB's)

Estos documentos deberán ser entregados al grupo de ayuda de la empresa o al personal de emergencias del 911.

2. La responsabilidad de comunicar el hecho será del conductor, la comunicación será de forma inmediata luego de la detección de la

Anexo III-6

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE			Código:	
				Elaboración:	Revisión:
				Revisión:	

emergencia, se comunicará con el Jefe o Coordinador General de Emergencia, y con el centro de emergencias 911 indicando la ubicación más exacta.

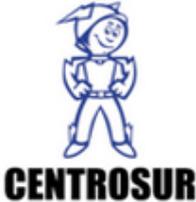
3. El conductor evaluará si pudiese controlar la situación con los equipos disponibles, tomando en consideración la capacitación a él impartida. Dicha evaluación consistirá en revisar si posee los implementos necesarios para el combate de incendios, evitando principalmente que se propague el incendio a recintos adyacentes.
4. Posteriormente a la extinción del siniestro se deberá generar la limpieza del área, limpiando el suelo y almacenando los residuos generados del incendio, guardándolo en tambores sellados y etiquetándolo respectivamente para su posterior disposición en lugar debidamente autorizado (referirse al procedimiento PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO I-DIPLA 311).

5.4. En caso de atropello

Si el accidente es grave y si es posible prestarle auxilio proceda de la siguiente forma:

1. Evite la movilización innecesaria de la víctima, cuidando que mantenga sus signos vitales (respiración, circulación, temperatura, estado de conciencia)
2. Asistir a las víctimas en la medida de sus posibilidades aplicando sus conocimientos en primeros auxilios, siempre y cuando las lesiones sean leves.
3. Coordinar su traslado a un centro especializado.
4. Buscar ayuda especializada para proceder a su traslado al centro de salud más cercano.
5. Dentro de lo posible, velar porque la atención del paciente sea en un lugar seguro, alejado del lugar del siniestro.

Anexo III-6

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE PCB'S EN EL TRANSPORTE				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Si el accidente es fatal, no mover el cuerpo y comunicar por el medio más rápido a la central de emergencias 911 para seguir sus instrucciones, además comunicar el acontecimiento a la Empresa Eléctrica CENTROSUR S.A.

6. Levantamiento de información

Una vez que la emergencia fue atendida y resuelta, se deberá realizar un levantamiento de información para la elaboración posterior del informe. Esta información debe ser colocada en el "Formato de levantamiento de información para evaluación de la magnitud de la emergencia ocurrido durante el Transporte de PCB's" (ANEXO III-6.1)

7. Fin de la emergencia:

El Gerente General o el Jefe Ambiental en conjunto con el Jefe del Seguridad en el trabajo tendrán la responsabilidad de asegurar el área, analizarán la situación y comunicar a los trabajadores y al transportista que la emergencia ha terminado autorizando la continuación de las actividades de la empresa.

7. Realización del informe

La información alzada en el "Formato de levantamiento de información para evaluación de la magnitud de la emergencia ocurrido durante el Transporte de PCB's" (ANEXO III-6.1), debe ser analizada y proceder a la elaboración del informe sobre la emergencia ocurrida, para que los responsables del área Ambiental y de Seguridad realicen el análisis de causas y se puedan establecer correcciones y acciones correctivas que ayuden a evitar la ocurrencia de otra emergencia.

Anexo III-6.1.

	FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION PARA EVALUACION DE LA MAGNITUD DE LA EMERGENCIA OCURRIDO DURANTE EL TRANSPORTE DE PCB's				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

1. Datos generales:				
Fecha:		Hora:		
Tipo de emergencia:	Accidente <input type="checkbox"/>	Atropello <input type="checkbox"/>		
	Falla en el equipo <input type="checkbox"/>	Incendio <input type="checkbox"/>		
	Otro <input type="checkbox"/>			
Localización del accidente o incidente:				
Modo de transporte empleado:				
2. Descripción del suceso:				
Tipo suceso inicial:				
Suceso siguiente:				
Consecuencia del suceso:				
3. Descripción del material y/o desecho peligroso transportado				
Descripción del material	Numero ONU	Cantidad total neta	Remitente	Destinatario

Anexo III-6.1.

 CENTROSUR	FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION PARA EVALUACION DE LA MAGNITUD DE LA EMERGENCIA OCURRIDO DURANTE EL TRANSPORTE DE PCB's				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

4. Descripción del material y/o desecho peligroso involucrado en el incidente				
Descripción del material	Numero ONU	Cantidad total neta	Remitente	Destinatario
5. Información general de la emergencia				
Condiciones climáticas al ocurrir el suceso:				
Descripción de la unidad de transporte:				
Información sobre la empresa transportista:				
Información sobre el conductor al ocurrir el suceso:				
Servicios alertados /movilizados como consecuencia del accidente o incidente:				

Anexo III-6.1.

 CENTROSUR	FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION PARA EVALUACION DE LA MAGNITUD DE LA EMERGENCIA OCURRIDO DURANTE EL TRANSPORTE DE PCB's				
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Medidas inmediatas para mitigar las consecuencias del accidente o incidente:	
Análisis de causas probables del accidente o incidente:	
Medidas propuestas por el responsable del Plan para evitar la repetición del accidente o incidente:	
Información adicional:	
Elaborado por:	Revisado y aprobado por:
Nombre y cargo	Nombre y cargo
Firma	Firma

Anexo III-7

 CENTROSUR	PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's

1. Objetivo

Establecer el procedimiento para el transporte de los Bifenilos Policlorados PCB's.

2. Alcance

El presente procedimiento se aplica para las muestras de aceites dieléctricos, transformadores con PCB's y recipientes que contengan aceites dieléctricos con PCB's dentro del territorio nacional.

3. Definiciones

No aplica

4. Observaciones

4.1. Embalaje y Etiquetado

4.1.1. Muestras

Para transportar las muestras obtenidas de aceite dieléctrico al laboratorio, al igual que los kits empleados para el análisis en situ, se deberá proceder de la siguiente manera:

- Una vez obtenida la muestra de aceite dieléctrico en los envases designados para este fin (envases de vidrio con tapa rosca o con corcho), deberán ser tapados y etiquetados correctamente (ANEXO III-5). Los kits usados deberán ser colocados nuevamente en la caja original, sellados con cinta y etiquetados.

Anexo III-7

 CENTROSUR	PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- Los envases con las muestras deberán ser colocados dentro del contenedor o caja isotérmica, para proteger las muestras de la luz y conservarlas a temperatura ambiente.

4.1.2. Transformadores y envases con PCB's

- Verificar que el transformador a transportar no tenga fugas ni presente danos en su estructura que puedan provocar una posible fuga de aceite dieléctrico. En caso de presentarse esta condición el transformador deberá ser colocado dentro de un contenedor, el mismo que tendrá que ser sellado y etiquetado con la información correspondiente al transformador que tiene en su interior.
- Los envases con PCB's deberán ser cerrados y etiquetados adecuadamente, en caso de que el envase presente algún deterioro que ponga en riesgo su transporte seguro y pueda provocar fugas o derrames, el envase deberá ser colocado sobre una bandeja de contención.

4.3. Carga

- Estacionar el camión de carga y delimitar el área de trabajo.
- Apagar el motor durante la carga si no se puede en el caso de usar la pluma, el escape debe tener antichispa.
- Tener a mano el Plan de contingencia en caso de derrames de aceite dieléctrico (I-DIPLA-311).
- Inventariar la cantidad de contenedores (transformadores, envases o kits de análisis) que se va a transportar para dejar como constancia en el formato de embarque/desembarque (Anexo III-11).
- Cargar cada contenedor en forma manual o con apoyo de la pluma dependiendo del peso, arriba de 50 kgs., se debe usar apoyo mecánico.

Anexo III-7

	PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- La estibación debe realizarse por parte y segregados los tipos de contenedores.
- Distribuir la carga uniformemente. Los contenedores deben ir cargados en forma vertical, nunca horizontal, los tambores herméticos se deben fijar con bandas.
- Una vez cargado el camión el conductor debe chequear que toda la documentación este en correcto orden, que este bien estibada la carga, que el camión cuente con todos los equipos y herramientas.

4.4. Transporte

- El transporte comienza una vez que:
 - ✓ El vehículo tenga el Rotulo empleado para Sustancias y Objetos peligrosos de la Clase 9 (ONU).



- ✓ Este lista toda la documentación delos equipos y materiales en orden,
- ✓ La estiba esta correcta,
- ✓ El chofer se encuentra en buenas condiciones de temperancia.
- El transito del camión debe realizarse de por las calles y caminos autorizados en la orden de guía
- Evitar realizar frenos bruscos en la conducción.
- La velocidad máxima para el camión será de 80 Km/hrs., en carretera.
- Para viajes largos se debe chequear la carga cada 50 km., de recorrido
- Aplicar el "Plan de contingencia en caso de derrame de aceite dieléctrico" en caso de un incidente.

Anexo III-7

 CENTROSUR	PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

4.5. Descarga

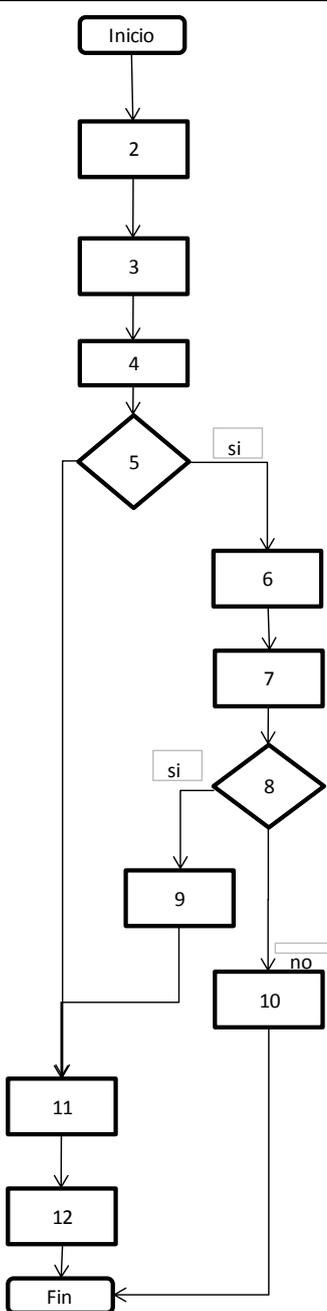
- Al llegar a la garita de control del patio de almacenamiento transitorio el guardia debe controlar que toda la documentación esté en orden (guías de despacho, declaraciones y hojas de datos de seguridad de los residuos transportados).
- Se procederá a verificar que los contenidos de la guía son compatibles con la carga recepcionada.
- Solo si esta todo en orden se procederá con la descarga.
- Antes de iniciar cualquier descarga de los residuos peligrosos se debe realizar una inspección externa al camión, para verificar si hay alguna fuga, desgaste, sobrecalentamiento del motor, etc. Cualquier hallazgo deberá ser registrado en la guía de recepción.
- Dejar que la carga se ventile unos 15 minutos si los contenedores con PCB's se transportaron en forma cerrada o con carpas.
- Revisar la rotulación.
- Evitar todo roce o deterioro de los contenedores.
- Toda descarga debe realizarse con ayuda, todo contenedor mayor a 50 kg debe descargarse con el camión pluma.
- Tomar las medidas necesarias para evitar derrames, descargas o emanaciones de sustancias peligrosas al medio ambiente.

5. Actividades y responsables

5.1. Diagrama de flujo

Anexo III-7

 CENTROSUR	PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

No.	ACTIVIDAD/RESPONSABLE	REGISTRO/OBSERVACIONES	FLUJOGRAMA
1	Inicio		 <pre> graph TD Inicio([Inicio]) --> 2[2] 2 --> 3[3] 3 --> 4[4] 4 --> 5{5} 5 -- si --> 6[6] 5 -- no --> 11[11] 6 --> 7[7] 7 --> 8{8} 8 -- si --> 9[9] 8 -- no --> 10[10] 9 --> 11 10 --> 11 11 --> 12[12] 12 --> Fin([Fin]) </pre>
2	El embalaje de las muestras, de los transformadores y de los envases que contienen aceite dielectrico con PCB's deberan regirse a las observaciones detalladas en el punto 4.1 del presente documento/ Operador	Punto 4.1.	
3	El material que vaya a ser transportado debera ser etiquetado adecuadamente/ Operador	Anexo III-5 (ETIQUETAS)	
4	La operacion de carga debera tener presente las precauciones detalladas en el punto 4.3. del presente documento/ Operador	Punto 4.3.	
5	¿Se produjo algún incidente?Se considera indidente: a los casos en que en el proceso de carga del material a ser transportado, se produzcan derrames o fugas. / Operador		
6	Aplicar el Procedimiento para derrames./ Operador	Anexo III-6(PLAN DE CONTINGENCIA PARA EL CASO DE DERRAME DE PCB)	
7	Reportar el incidente y se debe analizar la situacion / Operador	Anexo III-6.1(LEVANTAMIENTO DE INFO PARA ACCIDENTES EN EL TRANSPORTE)	
8	¿ Es posible continuar con el transporte? / Supervisor		
9	Continuar con el proceso, si luego del análisis se determina que el incidente fue controlado y se pueden reanudar las actividades se podra continuar con el proceso de transporte/ Jefe de grupo -Supervisor		
10	Concluir el proceso si se determina que no se pueden reanudar las actividades para el transporte / Transportista designado		
11	Realizar el transporte, para ello se debe cumplir los requisitos especificados en el punto 4.4./ Transportista designado		
12	Descargar el material transportado una vez que se llega al lugar destino, se deberá tener en cuenta las recomendaciones referidas en el punto 4.5./ Operador	Anexo III-11(EMBARQUE-DESEMBARQUE)	
13	Fin		

Anexo III-7

 CENTROSUR	PROCEDIMIENTO PARA TRANSPORTE DE BIFENILOS POLICLORADOS PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

6. Registros

Nombre	Código	Llena	Revisa	Archiva	Tiempo de archivo	Disposición
Formato de embarque/desembarque (Anexo III-11).	Anexo III-11	Operador / Analista del laboratorio	Jefe de grupo	Jefe de grupo	3 años	Carpeta física de obsoletos
Formato de levantamiento de información para evaluación de la magnitud de la emergencia ocurrido durante el transporte de PCB's	Anexo III-6.1	Operador/ transportista	Jefe de grupo	Jefe de grupo	De acuerdo a reglamentaciones internas	Carpeta física de obsoletos

7. Revisiones

No.	Fecha	Motivo
0		Elaboración del documento

8. Lista de distribución

Jefe del departamento ambiental, operador designado, transportista

Anexo III-8

 <p align="center">CENTROSUR</p>	REGISTRO DE MANTENIMIENTO DE BODEGA			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

FECHA	UBICACIÓN DE LA BODEGA	CLASE DE BODEGA	RESPONSABLE	ACTIVIDADES REALIZADAS	OBSERVACIONES	SUPERVISADO POR:

Anexo III-9

	REGISTRO DE INSPECCION DE BODEGA			Área:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

FECHA	UBICACIÓN DE LA BODEGA	CLASE DE BODEGA	RESPONSABLE DE INSPECCION	CARGO	OBSERVACIONES	FIRMA

Anexo III-10

	HISTORIAL DEL PERSONAL QUE INGRESA A BODEGA			Área:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

FECHA	UBICACIÓN DE LA BODEGA	NOMBRE	CARGO	INSTITUCION	RAZON DE INGRESO A BODEGA	FIRMA

Anexo III-11

 <p align="center">CENTROSUR</p>	EMBARQUE/DESEMBARQUE E INGRESO A BODEGA			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

FECHA	RESPONSABLE	ACTIVIDADES REALIZADAS (embarque o desembarque)	CANTIDAD (Kg o litros de PCB's)	TRANSPORTE		UBICACIÓN DE LA BODEGA (en caso de ser ingreso a bodega)	OBSERVACIONES	SUPERVISADO POR:
				PLACA DEL VEHICULO	NOMBRE DEL TRANSPORTISTA			

Anexo III-12

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO

1. Antecedentes

La existencia de quipos que contienen aceite dieléctrico en las instalaciones de la CENTROSUR, hace prever la creación de un plan de contingencia que brinde los lineamientos básicos frente a una emergencia provocada por el derrame del mismo.

2. Objetivo General

Proporcionar un plan de contingencia para obtener una respuesta rápida de los trabajadores en caso de derrame de aceite dieléctrico o residuos de los mismos.

2.1. Objetivos Específicos

- Reducir el riesgo de contaminación del ambiente debido a derrames de aceite durante la intervención en transformadores u otros equipos que contengan aceite dieléctrico o residuos dieléctricos.
- Conocer y aplicar correctamente el presente Plan.
- Recordar por medio de este plan, que la ley prohíbe la dilución de materiales con PCB, en una mezcla con aceite que no contenga PCB, para tratar de reducir la concentración del mismo.

3. Alcance

El siguiente plan de contingencia deberá ser conocido y aplicado por todos los trabajadores que están autorizados para ingresar a las subestaciones, área de bodegas y todos los sitios en los cuales se estén realizando intervenciones en transformadores así como cualquier otro equipo o depósito que contenga aceite dieléctrico o residuos dieléctricos, pertenecientes a la CENTROSUR.

4. Plan de contingencia

¿Dónde se encuentran los aceites dieléctricos y sus residuos?

Entre otros:

- Transformadores de potencia en subestaciones
- Transformadores en sistemas de distribución de energía eléctrica
- Transformadores utilizados en baja tensión

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- Condensadores
- Motores eléctricos
- Balastos de luminarias
- Electroimanes
- Cable de aislamiento sumergido en aceite
- Interruptores de potencia
- Reguladores

El riesgo de contaminación ambiental o daños a la integridad de las personas, frente a una emergencia provocada por el derrame de aceite dieléctrico, exige la creación de un plan de contingencia bajo los siguientes lineamientos.

- a) Si bien CENTROSUR, mantiene un registro de identificación, etiquetado y manipulación de equipos contaminados con PCB's, cuando se manipule transformadores, condensadores, disyuntores, reconectores u otros equipos que no cuentan, con la etiqueta de descripción del tipo de aceite, ya sea colocada por el fabricante o por la Empresa, se considerara EN SU MANIPULACION como si fueran aceites contaminados con PCB's, mientras no se demuestre lo contrario, y la Empresa no certifique con pruebas químicas validadas por el Laboratorio de Transformadores.
- b) Los trabajadores de la CENTROSUR, deben contar con los equipos de protección personal para manipular este tipo de aceite, así como de los elementos que permitan mitigar el derrame, procediendo en la manipulación con el criterio expuesto en el numeral 4 literal a.
- c) Los derrames de PCB's se pueden generar durante las operaciones de manipulación, transporte, carga y descarga de los equipos que contienen aceite dieléctrico.

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL:

- 1) Casco
- 2) Gafas de seguridad de policarbonato con protección lateral



- 3) Guantes de nitrilo



- 4) Pechera de PVC o buzo Tyvek en el Laboratorio de transformadores



LISTADO DE RECURSOS MINIMOS EN CASO DE DERRAMES

- 1) Mangas absorbentes de hidrocarburos
- 2) Masilla epoxi para reparar fisuras
- 3) Paños absorbentes
- 4) Al menos 3 sacos de aserrín seco que deben estar depositados en el Laboratorio de Transformadores o espacio asignado en cada Zona del área de concesión de la Empresa.
- 5) Bolsas de polietileno de alta densidad o recipiente plástico color rojo con boca ancha de capacidad de 20 litros para utilizar como depósito de desperdicios contaminados con aceite.
- 6) Bolsas plásticas rojo para aseo.
- 7) Sacos de tela, vacíos.

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- 8) Palas
- 9) Escobas con cerdas de nylon.

EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO

- 1) Colocarse los elementos de protección personal para casos de derrame.
- 2) Colocar un recipiente plástico para ubicar bajo el goteo o filtración cuando esta no se puede eliminar totalmente.
- 3) Notificar la situación a su superior respectivo, solicitando apoyo si es necesario.
- 4) El apoyo principal consiste en enviar al punto de derrame, sacos con aserrín y recipientes plásticos para absorber, contener y guardar material contaminado con aceite.
- 5) Delimitar la zona afectada utilizando mangas absorbentes de hidrocarburos y aserrín, siendo su objetivo eliminar la fuente de filtración y evitar la propagación del derrame.
- 6) Si existe riesgo que el aceite sobrepase la capacidad de absorción de las mangas absorbentes, aplicar aserrín en la zona afectada.
- 7) Reforzar los límites del área afectada utilizando más absorbentes si es necesario.
- 8) Una vez controlada la filtración y delimitada el área afectada, aplicar sobre la mancha o poza de aceite el aserrín necesario para que el aceite sea absorbido completamente.
- 9) Colocar en bolsas plásticas las mangas y el material contaminado con aceite. Estas bolsas plásticas se colocaran en el interior de un saco de tela lo que dará la resistencia mecánica al plástico.
- 10) Aplicar cemento en polvo, zeolita o talco sobre la superficie limpiada, para reforzar el sacado del aceite.
- 11) Antes de retirar el equipo que produjo el derrame, se debe eliminar totalmente la posibilidad de ocurrencia de otro derrame durante su manipulación para sacarlo del lugar.
- 12) En caso de derrame de material dieléctrico, todo trabajador debe realizar el informe correspondiente a su jefe inmediato, con copia al área Ambiental y Supervisión de Seguridad en el Trabajo.

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

13) Todos los vehículos que asistan a subestaciones, bodegas de la Empresa para el transporte y manipulación de equipos con dieléctrico, deberán contar con la ficha de datos técnicos y de seguridad del aceite dieléctrico.

DISPOSICION FINAL:

- Todo el material contaminado, incluyendo el suelo que fue afectado por el aceite, se deberá colocar en los recipientes ubicados en subestaciones y bodegas, luego trasladarlos hasta la bodega de desechos peligrosos del edificio matriz.
- En caso de que el material contaminado no quepa en los depósitos previstos se deberá coordinar su traslado con el área ambiental y de seguridad del trabajo de CENTROSUR.

PRIMEROS AUXILIOS:

Primeros auxilios en caso de inhalación, contacto o ingestión de aceite dieléctrico en general.

Inhalación: La inhalación del producto NO PRODUCE daño agudo. Sin embargo si se produce mareos o nauseas, lleve a la persona al aire fresco. Si persisten los síntomas, debe consultar a un médico.

Piel: Remover las ropas contaminadas y lavar la piel afectada con agua y jabón. Si se produce irritación y esta persiste, consultar un médico.

Ojos: Lavar los ojos con abundante agua. Si no hay agua limpia en el lugar de ocurrencia del hecho, se debe aplicar suero fisiológico. Se recomienda mantener en el botiquín ya sea del vehículo, subestación o bodegas una bolsa sellada con al menos ½ litro de suero fisiológico.

Ingestión: Lave la boca con agua y consulte a un médico. NO INDUCIR EL VOMITO.

5. Medidas en caso de Incendio

- Riesgos específicos: Es posible que como resultado de la combustión del aceite, se forme una mezcla compleja de partículas sólidas y líquidas

María Angélica Astudillo Pillaga

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

suspendidas en el aire, y gases incluyendo monóxido de carbono, óxidos de azufre, compuestos orgánicos e inorgánicos no identificados, y en caso que el aceite contenga PCB's (askareles) se producirán dioxinas y furanos los que son altamente tóxicos.

- Métodos de extinción: Para fuegos pequeños, utilizar polvo químico seco, dióxido de carbono, arena o tierra. En ningún caso se debe utilizar agua en chorro directo para tratar de apagar el aceite.
- Si existe la duda razonable que el aceite que se quema contiene PCB's y la magnitud del fuego, sumado a la dirección del viento impide acercarse sin aspirar los humos de la combustión, las personas se deben retirar inmediatamente del lugar y no permitir que otras se acerquen al lugar. Solo podrán acercarse al lugar personas que cuenten con equipo de respiración autónomo. En recintos cerrados, el riesgo de aspirar tóxicos es mayor, por lo tanto, abandonar el lugar de inmediato.

6. Riesgos Asociados:

- ✓ Contaminación de napas subterráneas
- ✓ Contaminación de ríos y/o canales de regadíos.
- ✓ Contaminación de vegetales.
- ✓ Irritación de la piel por contacto directo con el aceite.
- ✓ Quemaduras al entraren contacto con aceite caliente.
- ✓ Salpicaduras de aceite a los ojos.
- ✓ Inhalación de humos de aceite en combustión.

7. Levantamiento de información

Una vez que la emergencia fue atendida y resuelta, se deberá realizar un levantamiento de información para la elaboración posterior del informe. Esta información debe ser colocada en los siguientes formularios, dependiendo del tipo de contingencia ocurrida:

- "Formato de levantamiento de información para evaluación de la magnitud de la emergencia ocurrido durante el Transporte de PCB's" (ANEXO III-6.1)

Anexo III-12

	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

- "Formato de levantamiento de información para evaluación de la magnitud de la emergencia ocurrido durante la carga/descarga" (ANEXO III-12.1)

8. Fin de la contingencia:

El Gerente General o el Jefe Ambiental en conjunto con el Jefe del Seguridad en el trabajo tendrán la responsabilidad de asegurar el área, analizarán la situación y comunicar a los trabajadores y al transportista que la emergencia ha terminado autorizando la continuación de las actividades de la empresa.

9. Realización del informe

La información alzada en el los formatos mencionados en el punto 7, deben ser analizados y proceder a la elaboración del informe sobre la contingencia ocurrida, para que los responsables del área Ambiental y de Seguridad realicen el análisis de causas y se puedan establecer correcciones y acciones correctivas que ayuden a evitar la ocurrencia de otra emergencia.

10. Responsabilidades

Área Ambiental

Área de Seguridad en el trabajo

Dirección Administrativa – Financiera

Dirección de Distribución

Dirección de Morona Santiago

Jefes de Zonas

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DE KITS DE CONTINGENCIA

Los kits de ARCOIL ponen a su disposición, tienen por objeto reducir el tiempo de respuesta ante un derrame de hidrocarburos y químicos, minimiza los daños al ambiente y elimina la posibilidad de incurrir costosas multas y sanciones legales.

Nuestros Kits les ofrecen los productos necesarios para convertirse en un verdadero agente de primeros auxilios ambientales, brindándole los elementos para dar una respuesta efectiva a un derrame.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- 1) Cortar con estilete el suncho de seguridad.
- 2) Colocar en un lugar visible las fundas de desecho para su posterior utilización.
- 3) Protegerse con el equipo de protección personal: colocarse la mascarilla, as gafas, los tapones auditivos (en caso de requerirlo), y los guantes.
- 4) Rodear con la cinta de peligro el área contaminada o el área de operación.
- 5) Colocar las barreras absorbentes alrededor del derrame. Cada barrera tiene una longitud de 3 metros, por lo que coloque las barreras necesarias para cubrir la longitud requerida.
- 6) Recoger con los paños absorbentes y/o con las almohadas el derrame que se encuentra dentro del área rodeada por las barreras.
- 7) Finalmente las barreras, los paños absorbentes y las medidas que hayan recogido el hidrocarburo o químico (según sea el caso), se deben colocar en las fundas de desecho para su disposición final, las mismas que pueden ponerse dentro del tanque azul de 55 galones.

Anexo III-12

 CENTROSUR	PLAN DE CONTINGENCIA EN CASO DE DERRAME DE ACEITE DIELECTRICO			Área:	
				Código:	I- DIPLA- 311
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

NOTA:

El material absorbente que contiene el kit es hidrofóbico (rechaza el agua), oleofílico (absorbe el hidrocarburo o líquido contaminante) y biodegradable. Produce muy bajos niveles de ceniza al ser incinerado. Liviano para transportar, no tóxico ni abrasivo. Puede ser usado en suelo y agua. De fácil utilización ya que se lo puede aplicar y recoger tanto de forma manual como mecánica. No necesita condiciones especiales de almacenamiento.

Los tanques pueden ser recargados, sustituyendo el material que haya sido utilizado.

Anexo III-12.1

 CENTROSUR	FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION PARA EVALUACION DE LA MAGNITUD DE LA EMERGENCIA OCURRIDO DURANTE LA CARGA/DESCARGA DE PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

1. Datos generales:				
Fecha:		Hora:		
Localización del accidente o incidente:				
Modo de transporte empleado:				
2. Descripción del suceso:				
Tipo suceso inicial:				
Suceso siguiente:				
Consecuencia del suceso:				
3. Descripción del material y/o desecho peligroso transportado				
Descripción del material	Numero ONU	Cantidad total neta	Remitente	Destinatario
4. Descripción del material y/o desecho peligroso involucrado en el incidente				
Descripción del material	Numero ONU	Cantidad total neta	Remitente	Destinatario
5. Información general de la emergencia				
Condiciones climáticas al ocurrir el suceso:				
Descripción de la unidad de transporte:				
Información sobre la empresa transportista:				

Anexo III-12.1

 CENTROSUR	FORMATO DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACION PARA EVALUACION DE LA MAGNITUD DE LA EMERGENCIA OCURRIDO DURANTE LA CARGA/DESCARGA DE PCB's			Área:	
				Código:	
	Elaboración:	Revisión:	Aprobación:	Fecha:	
				Revisión:	

Información sobre la empresa cargadora /descargadora:	
Servicios alertados /movilizados como consecuencia del accidente o incidente:	
Medidas inmediatas para mitigar las consecuencias del accidente o incidente:	
Análisis de causas probables del accidente o incidente:	
Medidas propuestas por el responsable del Plan para evitar la repetición del accidente o incidente:	
Información adicional:	
Elaborado (Llenado) por:	
Nombre y cargo	Revisado y aprobado por:
Nombre y cargo	Nombre y cargo
Firma	Firma

