



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS**

**“EVALUACION DE LOS TRANSFORMADORES QUE  
CONTIENEN BIFENILOS POLICLORADOS EN LAS BODEGAS  
DE LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTRO SUR”**

**AUTOR:**

**VICTOR MANUEL CHACÓN CEDEÑO**

**TUTOR:**

**ING. JACINTO GUILLEN**

**CUENCA, ECUADOR**

**2012**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación le dedico a mi esposa Jacqueline, quien fue la compañera no presencial de la Maestría, a mis hijos Victor Manuel y Nicolás Sebastián por haber soportado momentos sin mi presencia y a la memoria de mi abuelita Carmen Esther por haber sido mi gran amiga.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento más sincero al personal de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, quien abrió sus puertas para realizar la presente investigación.

## **Resumen**

En la década de los sesenta en las ciudades de YUSO (Japón) y YU-CHENG (Taiwán) se produjo contaminación de alimentos con los PCBs, atribuyéndole al suceso como causante de problemas dermatológicos, gastrointestinales, y más aún problemas genéticos en los descendientes de las personas que ingirieron los víveres contaminados; después de varias investigaciones los científicos calificaron a los PCBs como órganos clorados, motivo por el cual la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos de América (EPA) los calificó como precursores cancerígenos. Al disponer la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur de equipos que contienen los PCBs, será motivo del presente trabajo inventariar los transformadores contaminados en las bodegas de la CENTROSUR, validándolos y enmarcándolos dentro de las recomendaciones y experiencias internacionales, con la finalidad de saber a ciencia cierta cuantos equipos contienen fluidos peligrosos para la salud de los trabajadores y de la ciudadanía en general, la base de datos usada para este fin se basó estrictamente en información que dispone la CENTROSUR, con registros de todos los transformadores que ingresan y salen de las bodegas una vez evaluados por métodos cualitativos la contaminación de los aparatos con los PCBs.

## **Abstract**

During the 1970 decade in the cities of Yuso (Japan) and Yu-Cheng (Taiwan) occurred events of food contamination with PCBs. These events caused dermatological, gastrointestinal and genetic diseases on people who ingested polluted rations. After various research studies, scientists cataloged PCBs as Organochloride Compounds and EPA cataloged them as precursors for cancer. Due to the fact that Empresa Electrica Regional Centro Sur, CENTROSUR, has in stock transformer equipment containing PCBs, the scope of this work will be to determine the amount of units containing dangerous fluids that may affect the health conditions of both, operations staff and common citizens. International standards and best management practices will be used to validate and catalog the transformers contaminated with PCBs at CENTROSUR warehouse. The information was obtained from the warehouse's database; which contains the record of each transformer unit that has been evaluated with qualitative methods to determine the presence of PCBs.

## **Palabras clave:**

## Contaminación ambiental, Clasificación cualitativa y cuantitativa

### Introducción

Los policloro bifenilos (PCBs) son una clase de hidrocarburos clorados que no se encuentra en estado natural, deben ser fabricados químicamente y su aparición data por primera vez en el año 1881 atribuyendo el descubrimiento a los alemanes Schmitt – Schulz, comercializando el químico por primera vez en el año 1929 por la empresa Swan Corporation<sup>1</sup>. Al ser un compuesto estable, difícilmente inflamables, aislantes, no corrosivos con los metales y afectar muy poco al PVC, se emplearon extensamente desde el año 1960 en usos industriales para la fabricación de: tintas de impresión, pinturas, plásticos, aceites para máquinas, sellantes de empaquetaduras, aceites para equipos eléctricos y electromecánicos, bombas de vacío e hidráulicas, compresores e intercambiadores de calor, plaguicidas, adhesivos, papel carbón, tuberías de gas, naves espaciales, entre otros, siendo los más comunes: tubos fluorescentes, artefactos eléctricos (televisores y refrigeradores); utilizados libremente hasta 1982, año en el cual se restringió la fabricación por considerarse altamente peligrosos para el ambiente y el ser humano. Se estima que la producción anual de PCBs en el año 1971 alcanzó aproximadamente las 52.000 toneladas, siendo el mayor productor los Estados Unidos de Norte América<sup>2</sup>. Actualmente se pueden encontrar en una infinidad de lugares al haber sido fabricados por más de 50 años pudiendo presentarse en los tres estados físicos, depositados en el agua, el viento, y el suelo.

Los PCBs presentan un sinnúmero de problemas ambientales al acumularse en el organismo (bio-acumulables), no degradarse naturalmente, almacenarse y concentrarse en el cuerpo, además de aumentar las concentraciones de acuerdo al nivel de la cadena alimenticia (bio-ampliables). La salud humana se ha visto afectada en varias ocasiones con los PCBs, acontecimientos sucedidos en los incidentes YUSO<sup>3</sup> (Japón, 1968) y YU-CHENG<sup>5</sup>(Taiwán, 1982), contaminación del río Hudson<sup>4</sup> (USA, 1958).

---

<sup>1</sup> Suarez, 2006

<sup>2</sup> Douglas, 1999

<sup>3</sup> Masuda Y., 1985

<sup>4</sup> USEPA, 1999

Desde el Convenio de Basilea en marzo de 1989, se han realizado investigaciones en varios países sobre límites máximos admisibles de los PCBs, con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente, considerando la presencia de los químicos en el ambiente y en el cuerpo humano. El consejo canadiense de Ministros de Medio Ambiente ha establecido criterios sobre la máxima exposición permitida; admitiendo: 35 ng/m<sup>3</sup> de concentración en el aire como promedio anual, 1 ppt de concentración en la calidad del agua para protección a los peces, 0.5 ppm en tierras para uso agrícola; la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de América ha establecido 0,5 ppb como máximo admisible en el agua potable. Los Médicos de Estados Unidos de América han recomendado no superar los 6 ppm<sup>4</sup> de concentración promedio en la sangre de la población en general pudiendo llegar hasta un máximo habitual de 30 ppm<sup>4</sup>.

Con la finalidad de tener un cuidado especial en la manipulación y manejo de equipos potencialmente contaminados con PCBs se ha establecido tres métodos para poder identificar la presencia: El primero y más sencillo es por el año de fabricación, discriminando los que fueron construidos y comercializados antes del año 1983 por ser el periodo en el cual todavía se permitía usar los PCBs. El segundo método con un grado de exactitud mayor al ya descrito, sería el uso de métodos cualitativos, permitiéndonos saber cuáles equipos contiene los PCBs, pero sin saber la concentración. El tercer método y con un grado de exactitud del 99% sería por métodos cualitativos, permitiendo saber el grado de contaminación.

Los análisis cuantitativos no suelen ser necesarios en la primera fase de identificación del contenido de un transformador. Aplicando inicialmente pruebas cualitativas permitiendo establecer la presencia de los PCBs, sin cuantificar la concentración,<sup>5</sup> aunque en muchas ocasiones no son confiables y certeras ya que señalan la presencia de cloro y no el contenido de PCB<sup>6</sup>

En Ecuador no se ha realizado estudios de los efectos sobre la salud y el ambiente de la exposición a los PCBs. En el año 2003 la consultora COALDES<sup>7</sup> realizó un inventario preliminar de los PCBs con el objetivo de: identificar las zonas donde se utilizan estos compuestos y las cantidades manejadas; elaborar un perfil nacional, que comprenda fuentes, uso, disposición y concentración de PCBs. Relacionando a las empresas

---

<sup>5</sup> UE, 2012

<sup>6</sup> PNUMA, 2002

<sup>7</sup> COLDES, 2003

eléctricas ecuatorianas como grandes almacenadoras de residuos contaminados con PCBs. Dentro de las cuales la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur mantiene el 6.26% de equipos que contiene PCBs a nivel nacional, después de EMELEC (27.01%) y la Quito (28.36%).

En la ciudad de Cuenca y las provincias de Azuay, Cañar y Morona Santiago la concesionaria de brindar el servicio público de distribución y comercialización de energía eléctrica es la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. (CENTROSUR), albergando equipos que contienen los PCBs.

El objetivo del presente estudio es evaluar el grado de confiabilidad del método cualitativo usado para determinar la presencia de los PCBs en las bodegas de la CENTROSUR, así también se analizarán la metodologías de almacenamiento y los protocolos usados.

## **Metodología**

### **1. Sitio de Estudio**

Las Bodegas de la CENTROSUR se encuentran ubicadas en la parte posterior del edificio del área administrativa de la empresa, en la intermediación de la calle Gral. José de San Martín y Av. Pumapungo, pertenece políticamente a la parroquia urbana Monay, del cantón Cuenca, provincia del Azuay, dispone de 4.392 m<sup>2</sup> de superficie aproximadamente, y están divididas en cuatro áreas, adquiriendo cada una de ellas el nombre de la actividad que se desarrolla

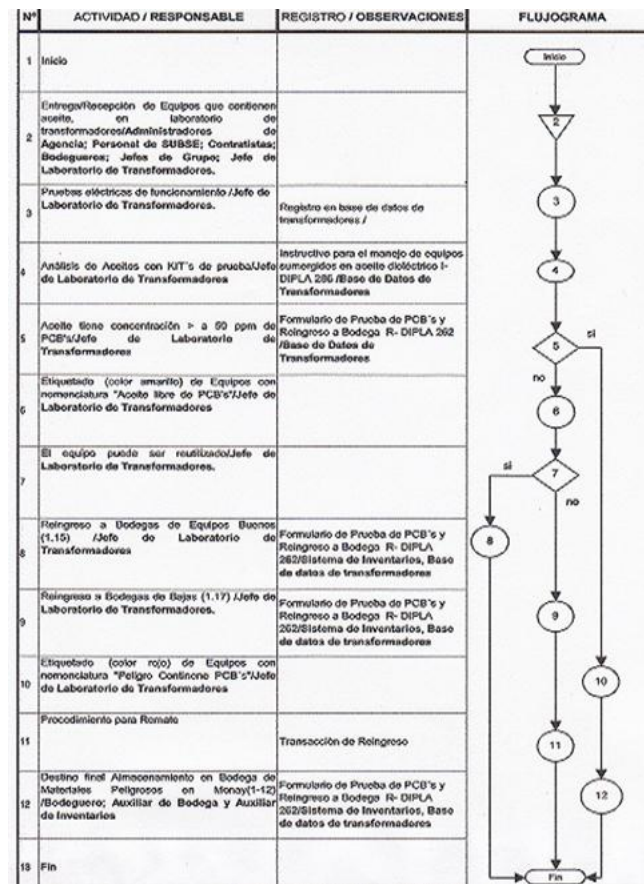
- 1-15 bodega de transformadores que tienen movimiento.
- 1-05 bodega de transformadores de uso no frecuente.
- 1-17 bodega de transformadores de baja.
- 1-12 bodega de peligrosos.

Los criterios adoptados para almacenar los transformadores en cada una de las bodegas dependerá de: la presencia de PCBs en los equipos, y el avance tecnológico de la empresa.

Actualmente la CENTROSUR realiza una prueba de presencia de PCBs a todos los transformadores (nuevos o usados) que ingresan al sistema eléctrico de su jurisdicción. Dependiendo del resultado, los equipos serán ubicados en una de las cuatro bodegas que dispone. Si el equipo se considera “libre de PCBs” será llevado a la bodega: 1-15 (bodega de transformadores que tiene movimiento); 1-05 (bodega de transformadores de uso no frecuentes) o bodega 1-17 (bodega de baja) para almacenarlo o ser rematado posteriormente. Mientras que si el resultado de la prueba da “positivo”, el transformador será llevado a la bodega 1-12 (bodega de equipos peligrosos).

**Figura 1**

**Flujograma usada por la CENTROSUR para clasificación de equipos que ingresan a las bodegas**





## 2. Recolección de muestras y análisis

La recogida de muestras de los aceites que fueron analizados, fue realizada por personal del laboratorio de transformadores de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. La muestra del aceite fue tomada de dos maneras: por el grifo, y destapando la carcasa. Para los transformadores que disponen de grifo de fondo se tomó la muestra del chorro en un recipiente pequeño, transparente y limpio; mientras que los transformadores que no disponen de este aditamento se tuvo que remover la parte superior del transformador, y obtener el fluido con la ayuda de un tubo de muestra, al tomar la muestra se evitó los derrames, el contacto con la piel o ropa y se usó guantes. Para cada equipo en el que se realizó la toma de muestra se llenó un cuestionario con la identificación del número de uso, potencia, fases, marca, número de serie, año de fabricación.

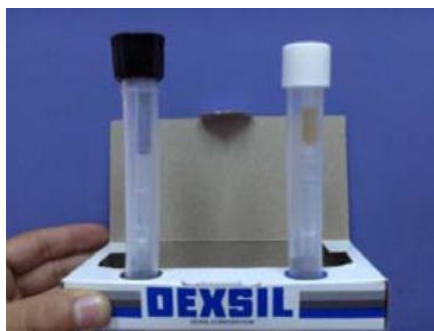
El criterio adoptado para clasificar los equipos contaminados fue el de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de América (EPA) que ha establecido tres grupos permisibles sobre el funcionamiento de equipos con PCBs, siendo: los que tienen menos de 50 ppm, los que tienen entre 50 ppm a 500 ppm, y los que superan los 500 ppm. Los que contienen menos de 50 ppm han sido considerados libres de PCBs pudiendo ser comercializados, mientras que los que tienen entre 50 ppm a 500 ppm se consideran contaminados, teniendo que ser descontaminados para seguir funcionando, si fuere el caso o almacenados, para posteriormente ser comercializados. Y por último, los equipos que superan los 500 ppm, son catalogados como equipos que contienen PCBs puro, siendo almacenados hasta su disposición final.

El procedimiento que se seguirá para el análisis será el Dexsil Clor-N-Oil 50, caracterizado por los siguientes pasos:

- Colocar en el tubo de ensayo plástico con tapa negra 5 ml de aceite proveniente del transformador
- Romper la ampolla que se encuentra en la parte inferior del tubo de ensayo de tapa negra
- Agitar el tubo de ensayo como mínimo 10 s, con la finalidad de homogenizar el reactivo que se encontraba dentro de la ampolla.
- Romper la ampolla que se encuentra pegada a la tapa negra.

- Agitar el tubo de ensayo nuevamente como mínimo 10 s, con la finalidad de homogenizar el nuevo reactivo que se encontraba dentro de la segunda ampolla rota.
- Esperar 50s con la finalidad que los reactivos actúen.
- Pasar el buffer que contiene el tubo de tapa blanca al tubo de tapa negra
- Agitar nuevamente el tubo de ensayo de tapa negra como mínimo 10 s, con la finalidad de que se homogenice el buffer depositado.
- Destapar el tubo de ensayo con cuidado para que se ventile el compuesto, taparlo y agitarlo nuevamente por 10 s.
- Destapar nuevamente el tubo de ensayo para que se ventile el compuesto, inmediatamente se tapa y se voltea permitiendo al tubo asentarse sobre la tapa, seguidamente el líquido perderá el tono gris.

**Foto 2**  
**Kit de prueba Dexsil Clor-N-Oil 50**



- Observar inmediatamente el color resultante y compararlo con la tabla de determinación de Clorinio. Si la solución es púrpura, el aceite simplemente contiene menos de 50 ppm de PCBs. Si la solución es amarilla o incolora, puede contener más de 50 ppm de PCBs y deberá analizarse en el futuro con algún método específico.

**Foto 3**  
**Kit de prueba Dexsil Clor-N-Oil 50**



### **3. Inventario**

El momento que se realizó el presente estudio para establecer el manejo de transformadores en las bodegas, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur contaban con un censo de 1413 transformadores, lo que permitía tener un conocimiento detallado de los equipos almacenados.

La toma de muestras se realizó desde el primero de enero de mil novecientos noventa hasta el nueve de febrero de dos mil diez. Los primeros resultados permitieron obtener una clasificación cualitativa. Considerando los recursos disponibles, dado que las pruebas de laboratorio (cromatografías de gases y espectrografías) son muy costosas.

### **4. Almacenamiento**

Para establecer el manejo actual de los equipos peligrosos se usara el método descriptivo

### **5. Protocolos**

Se revisaran todos los procedimientos que dispone la CENTROSUR, que haga referencia al manejo de PCBs.

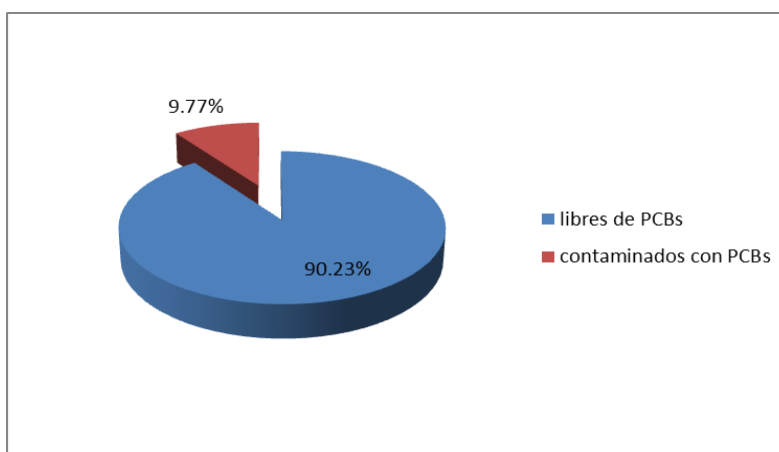
## Resultados

### 1. Primera fase (análisis cualitativo)

Del análisis cualitativo realizado en los transformadores se pudo determinar que de los mil cuatrocientos trece transformadores almacenados en las bodegas, ciento treinta y ocho superan los 50 ppm, y se encuentran actualmente dispuestos en las “bodegas de peligrosos”.

**Figura 2**

#### **Porcentaje de equipos contaminados y libres de PCBs en las bodegas de la CENTROSUR**

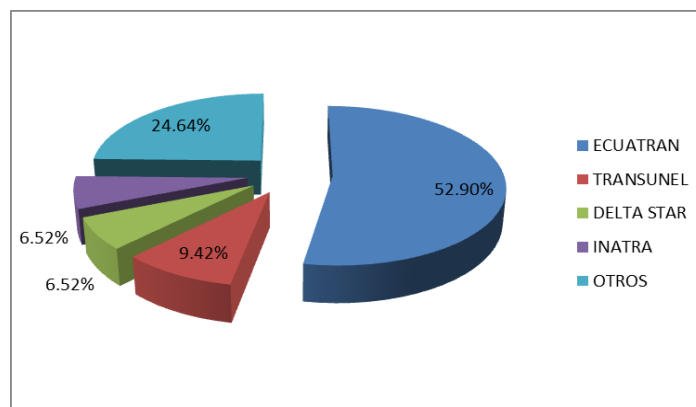


De los transformadores contaminados y almacenados en la bodega de peligrosos podemos observar que el 52.9% son equipos fabricados por ECUATRAN, el 9.4 % confeccionados por TRANSUNEL, el 6.5% son equipos elaborados por la empresa INATRA, e igual porcentaje por las fabrica DELTA STAR, restando el 24,6 % que corresponden a transformadores producidos por otros fabricantes.

**Tabla 1****Clasificación de equipos con presencia de PCBs**

MARCA	ABB	ALKARGO	BROWN BOVERY	ECUADOR	ECUATRAN	INATRA	CONSTRUCT.NA	DELTA STAR	F.B.M.	GENERAL ELECT
NO. EQUIPOS	2	2	1	1	73	9	1	9	3	2
PORCENTAJE	1.45%	1.45%	0.72%	0.72%	52.90%	6.52%	0.72%	6.52%	2.17%	1.45%

MARCA	PROLEC	L'TRANSFORMA'	SIEMENS	M.G.EDISON	MORETRAN	PAUWELS	TRANSUNEL	UNIAO	WAGNER	WESTINHOUSE
NO. EQUIPOS	1	4	1	4	1	2	13	1	7	1
PORCENTAJE	0.72%	2.90%	0.72%	2.90%	0.72%	1.45%	9.42%	0.72%	5.07%	0.72%

**Figura 3****Porcentaje de equipos contaminados con PCBs en las bodegas de la CENTROSUR**

Así también podemos observar que el 67.4% de transformadores contaminados fueron fabricados posterior al año 1983, mientras que el 32.6 % estuvieron construidos antes de 1983. Produciéndose un pico en el año 1989, con el 17.39% de equipos inventariados contaminados con PCBs. La marcas con mayor número de equipos contaminados son: TRANSUNEL y ECUATRAN. TRANSUNEL con el 8.70 % de transformadores fabricados antes de 1983. ECUATRAN con transformadores fabricados durante y después de 1983 alcanzando el 52.90%.

Figura 4

**Porcentaje de equipos contaminados con PCBs  
fabricados antes, de 1983**

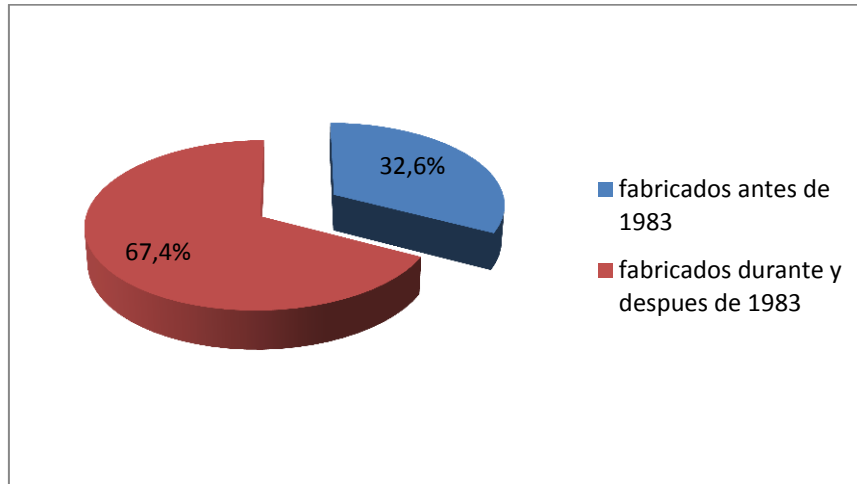


Tabla 2

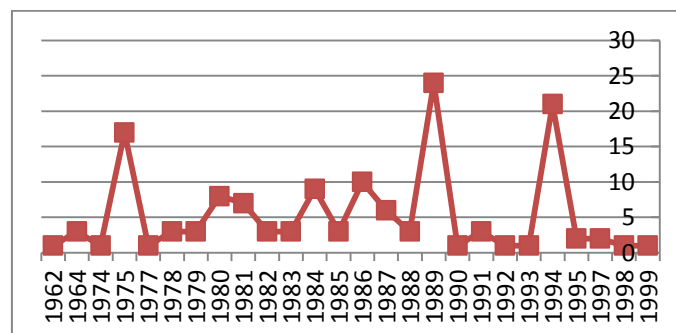
**Número de equipos contaminados por años de fabricación**

año de fabricacion	1962	1964	1974	1975	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
No. de equipos	1	3	1	17	1	3	3	8	7	3	3	9	3
porcentaje	0.72%	2.17%	0.72%	12.32%	0.72%	2.17%	2.17%	5.80%	5.07%	2.17%	2.17%	6.52%	2.17%

año de fabricacion	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999
No. de equipos	10	6	3	24	1	3	1	1	21	2	2	1	1
porcentaje	7.25%	4.35%	2.17%	17.39%	0.72%	2.17%	0.72%	0.72%	15.22%	1.45%	1.45%	0.72%	0.72%

Figura 5

**Comportamiento por año de fabricación de los transformadores que  
fueron catalogados como contaminados con PCBs**



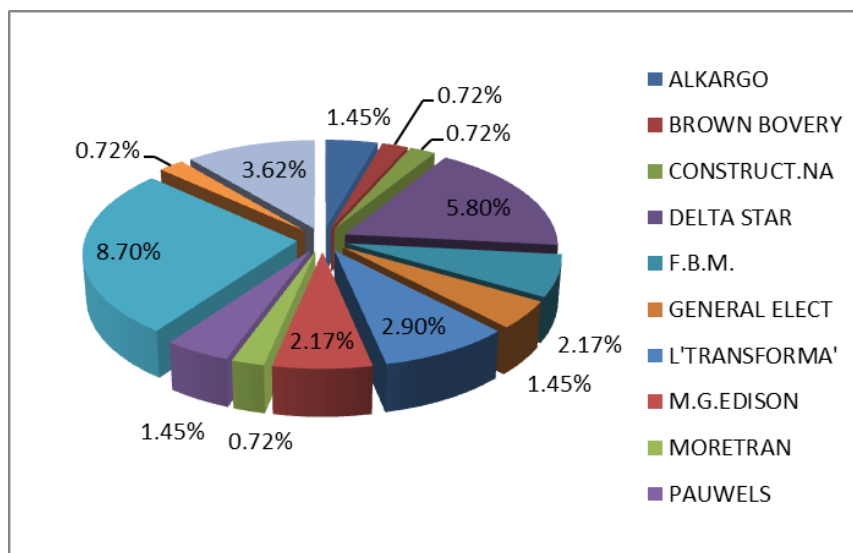
**Tabla 3**

**Clasificación de equipos contaminados, fabricados antes de 1983**

MARCA	ALKARG	BROWN BOV	CONSTRUC	DELTA STAR	F.B.M.	GENERAL ELE	L'TRANS	M.G.EDISC	MORETRAN	PAUWELS	TRANSUNEL	UNIAO	WAGNER
No. DE EQUIPOS	2	1	1	8	3	2	4	3	1	2	12	1	5
PORCENTAJE	1.45%	0.72%	0.72%	5.80%	2.17%	1.45%	2.90%	2.17%	0.72%	1.45%	8.70%	0.72%	3.62%

**Figura 5**

**Porcentaje de equipos fabricados antes de 1983 que contienen PCBs**



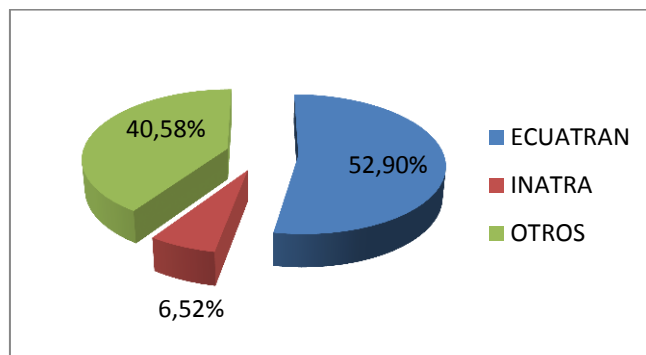
**Tabla 4**

**Clasificación de equipos contaminados, fabricados durante y después de 1983**

MARCA	ABB	DELTA STAR	ECUADOR	ECUATRAN	INATRA	M.G.EDISON	PROLEC	SIEMENS	TRANSUNEL	WAGNER	WESTINHOUSE
No. DE EQUIPOS	2	1	1	73	9	1	1	1	1	2	1
PORCENTAJE	2.15%	1.08%	1.08%	78.49%	9.68%	1.08%	1.08%	1.08%	1.08%	2.15%	1.08%

**Figura 6**

**Porcentaje de equipos fabricados durante y después de 1983 que contienen PCBs**



De los equipos que fueron catalogados libres de PCBs se observa que la CENTROSUR dispone de 320 equipos fabricados antes de 1983 de los cuales el 27.19% corresponden a la marca DELTA STAR, el 26.88% a la marca UNIAO, 10.63 % a la marca WAGNER, y el 35.30% corresponde a otros fabricantes.

**Figura 7**

**Porcentaje de equipos fabricados antes 1983, que fueron catalogados libres PCBs**

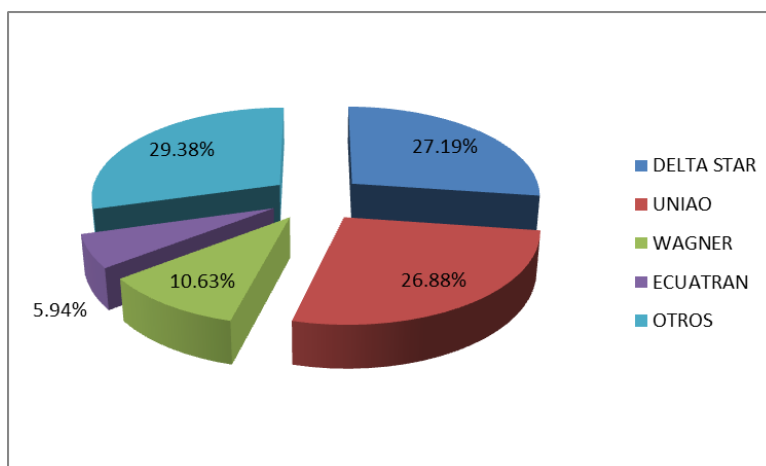




Tabla 5

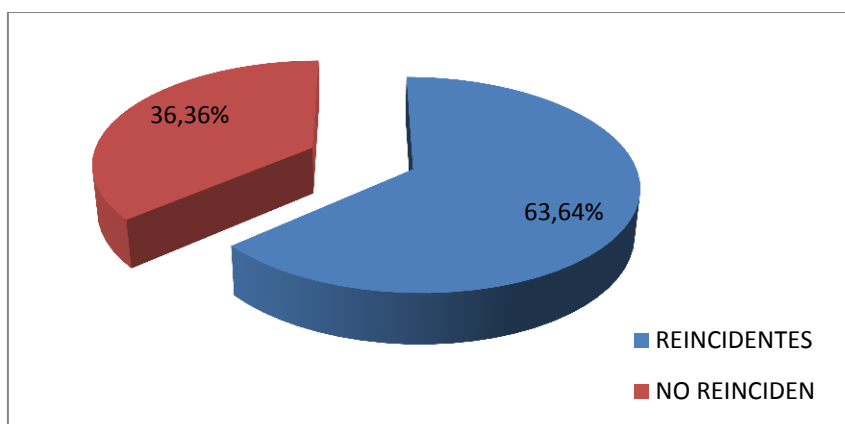
### Clasificación de equipos catalogados libres de PCBs fabricados antes 1983

MARCA	AEG BRASIL	AEG IBERIA	ALKARGO	BROWN BOVERY	DELCROSA	DELTA STAR	ECUATRAN	F.B.M	GENERAL ELECTRIC	GORDON BRASIL	HOWARD MOST
No. DE EQUIPOS	4	1	1	1	4	87	19	10	13	1	14
PORCENTAJE	1.25%	0.31%	0.31%	0.31%	1.25%	27.19%	5.94%	3.13%	4.06%	0.31%	4.38%

MARCA	L'TRANFORMA	M.G.EDISON	MORETRON	PAUWELS	SIEMENS	TPL	TRANSUNEL	UNIAO	WAGNER	WESTINHOUSE
No. DE EQUIPOS	9	12	2	2	5	2	11	86	34	2
PORCENTAJE	2.81%	3.75%	0.63%	0.63%	1.56%	0.63%	3.44%	26.88%	10.63%	0.63%

Figura 8

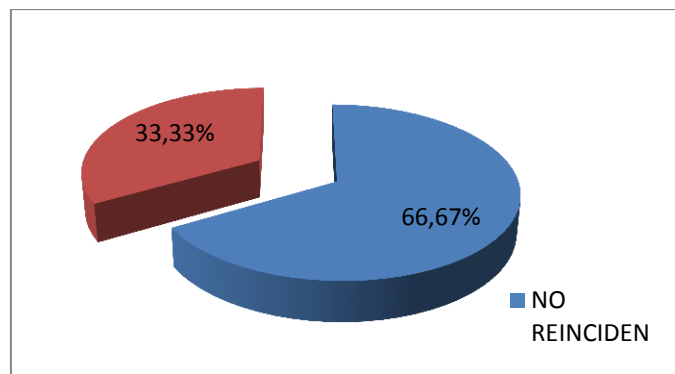
### Porcentaje de marcas fabricadas antes de 1983 que continúan presentados PCBs en los años posteriores



Podemos deducir, que del 100% de los equipos que contiene PCBs manufacturados durante y posteriores a 1983 por las diferentes casa constructoras, el 63.64% de las marcas encontradas siguen presentando PCBs a ello pudiendo atribuirse los siguientes motivos: siguen usando como fluido dieléctrico los PCBs, se contaminaron en las diferentes fases de procesos, o la prueba está dando “falsos positivos”.

Figura 9

**Porcentaje de marcas fabricadas durante y después a 1983 que Presentan por primera vez PCBs**



Así también podemos indicar que el 33.33 % de las marcas comerciales fabricantes de transformadores antes de 1983, siguieron presentando PCBs posteriores a dicha fecha

Al revisar la simultaneidad de los equipos que fueron encontrados libres de PCBs y contaminados de PCBs, se observa que una misma marca fabricante de transformadores presenta resultados diferentes de contaminación para un mismo año de construcción.

Tabla 6

**Clasificación de equipos catalogados libres de PCBs por año de fabricación**

ano de fabricaci	1962	1964	1975	1978	1979	1980	1981	1982
equipos	BROWN BOVERY	PAUWELS	L'TRANFORM	F.B.M	TRANSUNEL	GENERAL ELECTRIC	TRANSUNEL	TRANSUNEL
			M.G.EDISON			M.G.EDISON		
			DELTA STAR			WESTINHOUSE		
			WAGNER					

ano de fabric	1991	1992	1993	1994	1995	1997	1998	1999
equipos	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ABB

ano de fabricaci	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
equipos	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN	ECUATRAN
		INATRA	INATRA		PROLEC			
					WAGNER			

## **2. Segunda fase**

### **2.1 Almacenamiento**

Los equipos reposan bajo un galpón, en la bodega “de peligrosos” adosado al área administrativa de bodegas por el lado sur – oeste, a talleres por el lado norte, y al cerramiento perimetral de la CENTROSUR que da hacia la calle José de San Martín. Comparte el espacio con lámparas fluorescentes quemadas, tanques con aceites y wypes usados. No existe ninguna diferenciación entre transformadores que contienen Askarel puro y los que están contaminados.

El espacio que no lindera con paredes, dispone de un cerramiento de malla para impedir el ingreso libre de las personas no autorizadas, el piso es de hormigón Hidráulico, conteniendo una rejilla que sirve como desagüe del patio, algunos equipos se encuentran apilados en estantes.

### **2.2 Procedimiento.**

Se revisó toda la información disponible a la fecha de la presente investigación, encontrado dos procedimientos, un instructivo y un formulario de prueba. El primer procedimiento hace referencia al manejo de equipos que contienen aceites dieléctricos ingresados en el laboratorio de transformadores, definiendo la clasificación y manejo de equipos que contienen aceites dieléctrico ingresado en el Laboratorio de Transformadores. El segundo procedimiento hace referencia al manejo de materiales de desechos peligrosos ingresados en las bodegas de Bajas, creado para determinar la disposición final de desechos peligrosos tanto sólidos como líquidos. El instructivo es un manual que sirve para el uso del Kit de prueba de contenido de PCBs en aceite dieléctrico, mediante el uso del Kit evaluador DEXSIL: CLOR-N-OIL<sup>®</sup> 50. El formulario sirve como registro de prueba de PCBs y reingreso a bodegas en el cual se anotará el número asignado por la empresa, marca, potencia, año de fabricación, el contenido de PCBs (cualitativamente) y el número de la bodega a la que ingresa.

## Discusión

El ensayo analítico colorimétrico de barrido (screening) utilizado para determinar la presencia de iones Cloruro, indica la posible<sup>8</sup> presencia de PCB, en aceite dieléctrico. Siendo necesario la verificación por métodos cuantitativos o analíticos<sup>9</sup>.

La investigación realizadas por la COPETRAF Ltda<sup>10</sup>, ha determinado que los métodos colorimétricos en muchos de los casos arrojan datos erróneos, recomendando realizar controles periódicos con métodos sofisticados y adecuados para la detección de PCBs.

El proyecto PNUMA ha reconocido que la prueba rápida cualitativa por medio de los Kits colorimétricos Clor-N-Oil detecta la presencia de cloro, a partir de la cual se puede sospechar la presencia de PCB<sup>15</sup>.

El Kits Clor-N-Oil 50 está diseñado para leer positivo si el contenido de cloro del aceite es superior a 21 ppm. El punto de corte de 21 ppm se basa en el contenido de cloro de los menos halogenados Araclor (1242) es decir, 50 ppm de Araclor 1242 contenga al menos 21 ppm de cloro<sup>11</sup>.

Los resultados de este trabajo han detectado que 138 transformadores pueden tener PCBs valorados mediante el método cualitativo Clor-N-Oil 50. Almacenados actualmente en la “bodega de peligrosos” con la finalidad de evitar el contacto con los seres humanos y el ambiente.

El mayor número de transformadores contaminados inventariados fueron fabricados posteriores a 1982, año en el cual se restringió internacionalmente la fabricación y uso del aceite dieléctrico que contenga PCBs. Estos resultados no apoyan la hipótesis de que todo transformador fabricado posterior a 1982 se encuentra “libre de PCBs”, la variación de la concentración puede estar relacionado al método colorimétrico utilizado ya que los Kits de prueba “Clor-N-Oil 50”, no mide la presencia de PCBs, en su defecto establece la cantidad de cloro contenido en el aceite.

---

<sup>8</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2008

<sup>9</sup> PNI-COP, 2006

<sup>10</sup> Nogueira, sf

<sup>11</sup> DEXIL, s.f

tro hallazgo importante fue, que transformadores de la misma marca y año de fabricación, presentan resultado distinto, catalogándoles unos “libres de PCBs” mientras que los otros contaminados. Estos se puede deber a dos razones: uno al grado de apreciación de la persona que realiza el ensayo, y la otra al manejo que ha tenido el transformador durante los años de vida. Al tratarse de un método colorimétrico, el laboratorista que practica la prueba tendrá que observar el color de la muestra y compararlo con el “palet” establecido por el fabricante, valorado y calificando subjetivamente. Así también la variación en los resultados puede darse por el manejo que ha tenido el transformador durante la vida útil<sup>15</sup>, ya que muchas de las veces los equipos han sido reparados necesitando cambiar el aceite de su interior desencadenando el retrolenado<sup>12</sup>; al no disponer la CENTROSUR de un registros de mantenimiento de los transformadores fabricados antes de 1983 es imposible establecer una estadística de este acontecimiento, a esto se suma la falta de reportes del lugar donde se hizo el mantenimiento.

En el país no existen métodos para tratar y descontaminar equipos con los PCBs, teniendo las Empresas Eléctricas que almacenarles provisionalmente hasta que exista una normativa sobre el manejo de PCBs.

La CENTROSUR no tiene registros de la salud del personal que manipulaba los PCBs impidiendo establecer el grado de afección de los trabajadores que tenían contacto con el aceite contaminado.

La bodega donde se almacenan los equipos con PCBs es compartida, no dispone de contenedores secundarios para almacenar posibles derrames, en el piso existe una rejilla por la cual puede lixiviar al exterior el aceite, lindera directamente a la calle pública por el lado este y por lado oeste permite que las ventanas tengan acceso a la bodega. El almacenamiento se está produciendo en una zona urbana y a menos de 100 metros del margen del río Cuenca.

No existe un plan de contingencias para enfrentar derrames o accidentes dentro de las bodegas donde reposan los transformadores. No existe un procedimiento específico para el manejo de equipos contaminados con PCBs.

---

<sup>12</sup> Hidalgo, 2009

En el análisis estadístico podemos encontrar que existen equipos que fueron fabricados el mismo año por la misma casa comercial pero son clasificados de diferente manera, teniendo necesario que validar los resultados para aseverar o descartar los resultados iniciales, un método exacto es el de cromatografía de gases.

De acuerdo al libro VI anexo 7 de Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), se prohíbe la disposición final de los PCBs, razón por la cual se tiene que almacenar temporal hasta que el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) defina los procedimientos para la eliminación definitiva.

El TULSMA en el libro VI anexo 2 establece que las áreas de almacenamiento temporal tendrán que ser separadas de áreas de producción, servicios y oficinas, lo cual no sucede en las instalaciones provisionales con las que cuenta la CENTROSUR, además no cuenta con contenedores secundarios como establece citado anexo.

## Bibliografía

- ABB: Monitor de electrodos selectivos de iones de nitrato, sf.
- ACNUR, Ginebra: Planificación de Contingencia – Guía Práctica para el Personal sobre el terreno, Alicante, 1996.
- ATSDR: ToxFAQSTM para Bifenilos policlorados, En Internet en línea:<<http://www.astdr.cde.gov/es/>>. Consulta: 14 de noviembre del 2007.
- BARRAGAN, M: Análisi Técnico y económico de la recuperación de los aceites dieléctricos con tierras Fuller y Descodificación de bobinados en transformadores, Ecuador, 2005.
- CHRISTOPH Hartks: Reciclaje de equipos PCB, En Internet en línea:<<http://www.abb.com/pcb>>. Consulta: 14 de noviembre del 2007.
- COALDES: Inventario preliminar de bifenilos policlorados PCBs, Ecuador, 2003.
- DEXSIL: On-Site Environmental Testing, sf.
- DOUGLAS WHITE AND ASSOCIATES: Manual de manejo de PCBs para Colombia, Colombia, 1999.
- GULLA M.: Bifenilos Policlorados, En Internet en línea <[www.estrucplan.com.ar/Articulos](http://www.estrucplan.com.ar/Articulos) > consulta 19 de noviembre de 2009.
- HIDALGO H. Recuperación integral de transformadores contaminados con PCB's, Colombia 2009
- IESS. Reglamento de Seguridad e higiene del trabajo. Ecuador. En Internet en línea <[eva..utpl.edu.ec/dorr/uplooods/ 327/ 327 /paginas/ pagina 29 .html](http://eva.utpl.edu.ec/dorr/uplooods/327/327/paginas/pagina29.html)> consulta 24 de julio de 2009.
- KLEIMAN, C.: Preocupación sobre la Salud pública acerca de los Bifeniles Policlorados (PCB) en el Ambiente, 1997.
- LABORATORIO DE FLUIDOS DIELECTRICOS – TEKNIKER: Análisis de aceites dieléctricos y su significado, 1991.

LEONARD, Flynn: Preocupación Sobre la Salud Pública Acerca de los Bifenilos Policlorados (PCB) en el Ambiente, en línea <http://www.mitosyfraudes.org/Articulos.html>, [consulta: 18 de diciembre de 2009].

MAE: Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental, Ecuador, 2002.

MAE, UNITAR: Valoración de las capacidades Nacionales para la implementación del contenido de Rotterdam y Análisis de las debilidades y carencias potenciales, Ecuador, 2006.

MAE: Control de productos químicos Peligrosos. En Internet en línea <[www.ambiente.gov.ec](http://www.ambiente.gov.ec)> consulta 28 de diciembre de 2009.

MAE: Descripción general de monitoreo y control de la contaminación Ambiental. En Internet en línea <[www.ambiente.gov.ec](http://www.ambiente.gov.ec)> consulta 28 de diciembre de 2009.

MAE: Presentación y validación del plan nacional de aplicación del convenio de Estocolmo. En Internet en línea <[www.ambiente.gov.ec](http://www.ambiente.gov.ec)> consulta 28 de diciembre de 2009.

MASUDA, Y: "Health status of Japanese and Taiwanese after exposure to contaminated rice oil". Environ. Health Perspect, 1985.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: medidas de gestión, manejo y eliminación de equipos, materiales, desechos o sustancias que consisten, contienen o estén contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB), Colombia, 2008.

MONOGRAFÍAS: Bifenilos policlorados, En Internet en línea: <<http://www.nomografias.com/>>. Consulta: 14 de noviembre del 2007.

NOGUEIRA J: Cooperativa de trabajo Transformadores M. d. P Ltad, COPETRAF Ltad, sf.

PAREDES, Alberto: Manejo de Solventes y Aceites gastados en las centrales de potencia, México, 2005.

PNI-COP: INVENTARIO NACIONAL DE BIFENILOS POLICLORADOS, PERU, 2006.



PNUMA: Guía para el Análisis de contaminantes Orgánicos Persistentes, 2007.

PNUMA: Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación, Suiza, 2002

SOMERS, E: Agentes Físicos y Químicos y riesgos carcinogénicos, 1981.

SUÁREZ, Raúl. “Conociendo los bifenilos Policlorados”, Argentina, 2006.

SUMINISTROS Y SERVICIOS ELECTROMECAÑICOS S.A. DE C.V: Tratamiento al aceite mineral de transformadores, en línea, <http://www.syse.com.mx/transformadores.shtml> [consulta: 2 de enero de 2010].

THE COLLABORATIVE ON HEALTH AND THE ENVIRONMENT: Doixins, EE. UU, 2005

UNEP; CONAMA: Manual de Chile sobre bifenilos Policlorados, Chile, 2004.

UNEP: Transformadores y condensadores con PCB, 2002.

UNION EUROPEA: REGLAMENTO (UE) N o 278/2012 DE LA COMISIÓN, 2012

UTE: Normas Sobre Gestión de aceites dieléctricos usados de transformadores. 2004.

VELAZCO MARGIE: La gestión de aceites contaminantes con PCB en países con bajo desarrollo químico – tecnológico. En Internet en línea <[www.monografias.com](http://www.monografias.com)> consulta 3 de enero de 2010.