

**Procedimiento u hoja de ruta para la localización, inventario, transporte,  
almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos contaminados con  
PCBs (Bifenilos Policlorados)**

**Carlos Adolfo Puerto Torres**



**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
CEAD DUITAMA  
2015**

**Procedimiento u hoja de ruta para la localización, inventario, transporte,  
almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos contaminados con  
PCBs (Bifenilos Policlorados)**

**Carlos Adolfo Puerto Torres  
CÓDIGO: 7217851**

**Trabajo de Grado, Modalidad trabajo de investigación  
para optar al título de Ingeniero Ambiental**

**Directora:  
Érica Xiomara Nova Montes  
Ingeniera Sanitaria y Ambiental. Esp.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA-UNAD  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
CEAD DUITAMA  
2015**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Duitama, noviembre de 2015

## **DEDICATORIA**

A Dios por su infinito amor, bondad y cuidado que ha tenido conmigo y con mi familia.

A mi familia, esposa e hijos que son mi inspiración para seguir adelante y poder lograr las metas que me he trazado.

A mis padres por su cuidado y atenciones que me brindaron de adolescente.

A mis hermanos por su apoyo incondicional. A todos los amigos, compañeros que hicieron más fácil lograr este objetivo.

A todo el cuerpo docente de la UNAD por la entrega y apoyo continuado en cada una de las asignaturas vistas en la carrera, infinitas gracias.

*Carlos Adolfo*

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

Ing. Erica Xiomara Nova Montes, Directora del Trabajo de investigación, por su ayuda constante e idónea en cada uno planteamientos para lograr culminar con éxito el contenido del trabajo de investigación.

Dr. Horacio Rojas, docente del ECAPMA de Duitama, por su ayuda y consejo permanente durante el transcurso de la carrera.

UNAD por ese soporte que más que académico ha sido personal formando seres humanos éticos y profesionales.

## CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	17
JUSTIFICACIÓN	19
1. OBJETIVOS	23
1.1 Objetivo General	23
1.2 Objetivos Específicos	23
2. MARCO DE REFERENCIA	24
2.1 Marco Teórico	24
2.1.1 Historia	27
2.1.2 Características de los PCBs:	33
2.1.3 PCBs en el medio ambiente y su toxicidad.	33
2.1.4 Maneras de entrada de los PCB al medio ambiente:	38
2.1.5 Toxicidad de los PCB	38
2.1.6 Daños a la salud	39
2.1.7 Equipos eléctricos con PCBs	39
2.2 Marco legal	41
2.2.1 Legislación sobre PCBs	41
2.3 Marco Conceptual	44
3. MARCO METODOLÓGICO	46
3.1 Tipo de estudio.	46
3.2 Marco geográfico.	46
3.3 Población y muestra.	47
3.4 Técnicas de recolección de la información.	47
3.5 Técnicas de campo.	48
3.6 Técnicas de Análisis de información.	50
4. RESULTADOS	52
4.1 Localización	52
4.2 Inventario equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos	52

4.2.1	Solicitud de inscripción en el Inventario de PCB.	52
4.2.2	Información que debe ser diligenciada en el Inventario de PCB.	53
4.3	Transporte de equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)	56
4.3.1	Descripción de las actividades a seguir para los RESPEL.	59
4.4	Almacenamiento equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)	60
4.5	Disposición Final equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)	65
5.	DISCUSIÓN	72
6.	SOCIALIZACIÓN	74
7.	CONCLUSIONES	75
8.	RECOMENDACIONES	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

## LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1. Transformador eléctrico	25
Figura 2. Condensador o capacitor eléctrico	26
Figura 3. Interruptores o disyuntores eléctricos	27
Figura 4. Estructura Química de los PCBs.	31
Figura 5. Análisis de laboratorio para detección de PCBs	54
Figura 6. Transporte de equipos eléctricos a bodegas 1	57
Figura 7. Transporte de equipos eléctricos a bodegas 2	58
Figura 8. Transporte de equipos contaminados a bodegas	59
Figura 9. Almacenamiento temporal den bodegas	61
Figura 10. Características de la bodega de residuos	62
Figura 11. Etiqueta propuesta para marcar los equipos contaminados	63
Figura 12. Alistamiento equipo contaminado con PCBs.	64
Figura 13. Alistamiento del equipo para dar disposición final	66
Figura 14. Diagrama de flujo de la hoja de ruta resultado de la investigación	67

## LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Usos que han mantenido los PCB	28
Tabla 2. Inventario de equipos contaminados con PCBs.	49
Tabla 3. Datos de empresa o propietario dueño de PCB	50
Tabla 4. Datos del responsable del diligenciamiento del inventario de PCB.	50
Tabla 5. Pruebas químicas para determinar PCBs en equipos eléctricos.	55

### Abreviaturas y siglas

AES Atomic Emission Spectroscopy (Espectroscopia de emisión atómica)

ASTM American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales).

CCME Canadian Council of Ministers of Environment (Consejo Canadiense de Ministros del Medio Ambiente.

DAMA: Departamento Administrativo del Medio Ambiente.

GC-HECD Gas Chromatography- Hall Electro-Conductivity Detector (Cromatografía de Gas- Detección por conductividad eléctrica (Celda Hall).

GC-MS Gas Chromatography (Cromatografía de gases – Espectrometría de masas).

HPLC High Performance Liquid Chromatography (Cromatografía líquida de alta eficiencia o resolución).

HRGC High Resolution Gas Chromatography (Cromatografía de Gases de Alta Resolución).

IARC International Agency for Research of Cáncer (Agencia Internacional de investigación de Cáncer).

ICAO Organización internacional de Aviación Civil (International Civil Aviation Organization).

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Mg Miligramo

Kg Kilogramo o Kilo

MAVDT Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

MMA	Ministerio del Medio Ambiente.
NIOSH	National Institute for occupational Safety and Health (Instituto Nacional de Higiene y Salud Ocupacional).
OSHA(U.S)	Occupational Safety and Health Administration (Administración para la Salud y la Seguridad Ocupacional).
PPE	Equipo de protección personal.
Ppm	Partes por millón ( $10^{-6}$ )
PNUD	Programa de las Naciones Unidad para el Desarrollo.
POP´s	Persisten Organics Pollutants (Contaminates Orgánicos Persistentes)
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
RAEE	Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos
RESPEL	Residuos Peligrosos.
RUA	Registro Único Ambiental
SIA	Sistema de Información Ambiental
SINA	Sistema Nacional Ambiental
UNEP	United Nations Environment Program (Programa Ambiental de las Naciones Unidas).
USEPA	United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos).
OMS	World Health Organization (Organización Mundial de la Salud).

### **Glosario de términos. (White, 1999).**

Absorción: Penetración de una sustancia en la estructura interna de otra.

Adsorción: La adherencia de contaminantes como los PCBs en superficie de materiales (microporos)

Almacenamiento: Depósito temporal de residuos o desechos peligrosos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado, previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final.

Aprovechamiento y/o Valorización: Proceso de recuperar el valor remanente de los materiales que componen los residuos peligrosos.

Análisis semicuantitativo: Son aquellos que no llegando al detalle y rigor de una evaluación cuantitativa del riesgo, suponen un avance hacia ello desde los métodos cualitativos.

Análisis cuantitativo: Determinación de la abundancia absoluta o relativa (muchas veces expresada como concentración) de una, varias o todas las sustancias químicas presentes en una muestra. Determina la cantidad de cada uno de estos componentes hallados en la muestra.

Análisis cualitativo: Establece la identidad química de las especies en una muestra, revela la identidad de los elementos y compuestos de una muestra. Identifica los componentes presentes en la muestra analizada.

Askarel: Fluido de equipo eléctrico de alta concentración de PCBs, que generalmente contiene entre el 40 – 100% de PCBS.

**Descloración:** Destrucción de la molécula PCB que remueve los átomos de Cloro de la molécula PCB, con el objetivo de bajar la concentración de aceite a 2 ppm.

**Descontaminación:** Remoción de PCBs de matrices de PCB

**Desechos de PCBs:** Cualquier equipo, líquido, sólido o sustancia PCB que no se puede volver a utilizar.

**Destrucción:** Destrucción de la molécula PCB por medios térmicos.

**Disposición final:** Es el proceso de aislar y confinar los residuos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

**Equipo PCB:** Cualquier artículo fabricado (transformador) que contenga un líquido PCB o sustancia PCB.

**Líquido PCB:** Todo líquido que contenga PCBs en concentraciones de más de 50 mg/kg (50 ppm en peso) del líquido.

**Manejo Integral:** Adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de prevención, reducción y separación en la fuente, acopio, transporte, almacenamiento, aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final.

**PCB:** Se define como Bifenilos Policlorados aquellos clorobifenilos que tiene la fórmula molecular  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$  donde n es mayor a 1.

**Reciclaje:** Recogida del equipo PCB, descontaminación y fundición de las partes metálicas de su recuperación.

**Residuo: Peligroso** Es aquel residuo que por sus características pueden causar riesgo o daño para la salud humana y el medio ambiente.

Reutilización: Retorno del equipo descontaminado de PCB (> 50 ppm) a equipo en servicio.

Screening: Técnica analítica en la cual la confianza en la precisión del análisis se sacrifica por velocidad y/o simplicidad y/o costo, a fin de suministrar una respuesta de SI/NO o más que / menos que. La técnica de Screening se considera cualitativa o semicualitativa y se pueden utilizar en el campo o en el laboratorio.

Sólido PCB: Un sólido que contenga más de 50 mg/kg de PCB (> 50 ppm en peso).

Equipo eléctrico PCB: Se refiere a cualquier transformador eléctrico que contenga un líquido PCB (> 50 ppm).

## RESUMEN

Este trabajo de investigación consiste en la elaboración de un procedimiento u hoja de ruta para la localización, inventario, transporte, almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos contaminados con PCBs. Se inicia con un trabajo de sensibilización a través de capacitaciones, talleres y con ayuda de folletos informativos lograr que los propietarios de PCBs y demás personas que manipulan éstos equipos se concienticen de la gravedad del problema que se está presentando con la salud de las personas y deterioro del medio ambiente. El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) requiere a los países la adopción de medidas para reducir el uso y eliminar de una manera ambientalmente racional los equipos, los líquidos y los desechos contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB) tan pronto como sea posible. Para esto, los países deberán comenzar a realizar esfuerzos decididos para identificar y retirar de uso los equipos con PCB y promover medidas para la reducción de la exposición y el riesgo para la salud humana y el medio ambiente; es decir, controlar el uso de PCB. Apoyarse en la legislación y regulación nacional e internacional vigente para llevar a cabo esta eliminación continuada de PCBs hasta su desaparición total.

Palabras clave: Contaminación, Convenio de Estocolmo, Disposición final, PCBs, Regulación.

## **ABSTRACT**

This research is the development of a final process or roadmap to locate, inventory, transportation, storage and disposal of electrical equipment contaminated with PCBs. It starts with an awareness-raising through workshops training, and with the help of brochures to make the owners of PCBs and other persons handling these teams are made aware of the seriousness of the problem that is occurring with the health of people and environmental deterioration. The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs) requires countries to adopt measures to reduce the use and disposed of in environmentally sound manner equipment, liquids and contaminated wastes and Bifenilos Policlorados (PCB) as soon as possible. For this, countries should start making determined efforts to identify and remove from use equipment containing PCBs and promote measures to reduce exposure and risk to human health and environmental efforts; in other words, control the use of PCBs. Relying on legislation and current national and international regulations to carry out the removal of PCBs continued until complete disappearance.

Keywords: Disposal end, PCBs, Pollution, Regulation, Stockholm Convention

## INTRODUCCIÓN

Los Bifenilos Policlorados (PCBs), son una clase de químicos fabricados por el hombre para uso comercial por primera vez en 1929, son una familia de 209 sustancias sintéticas cloradas que han tenido numerosos usos industriales. Su utilización como aceite aislante de transformadores, condensadores e interruptores eléctricos han sido los más importantes. (White, 1999)

Como fluidos eléctricos, los PCB se mezclaron con Clorobenzenos para crear los fluidos comúnmente conocidos como Askarel, vendidos bajo una variedad de nombres tales como Pyranol, Interteen, Arocholor, etc. Los fluidos de Askarel en los transformadores son 40-80% PCB, mientras que para condensadores e interruptores son del 100% PCB. (White, 1999)

La molécula de PCB es muy estable y resistente a la descomposición química, biológica y térmica. Fueron estas propiedades las que popularizaron los PCBs como químicos industriales y que representan un problema cuando se liberan al ambiente.

La mayoría de los países desarrollados han establecido reglamentaciones para manejar y controlar los equipos de PCBs con concentraciones mayores a 50 ppm (partes por millón).

Para el año 1960 los PCBs fueron reconocidos por la comunidad científica como una amenaza tanto para el medio ambiente, como para la salud de los seres humanos. Desde éste momento los países y las organizaciones internacionales han tomado cartas en el asunto para manejar estos elementos de manera adecuada, con el fin de minimizar al máximo la exposición del medio ambiente y el hombre a las emisiones de PCBs. (White, 1999)

El propósito primordial de éste trabajo de investigación es elaborar un procedimiento u hoja de ruta para la localización, inventario, transporte, almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos contaminados con PCBs para la protección del medio ambiente y la salud de ser humano.

## JUSTIFICACIÓN

Debido a los problemas ambientales y de salud, la mayoría de países fabricantes de PCBs, suspendieron la fabricación de los PCBs a finales de la década de los 70 y comienzos de los 80, sin embargo hay y seguirá habiendo emisiones en el medio ambiente debido a las cantidades significativas de PCBs que están en uso o almacenadas. Los transformadores eléctricos son una de las fuentes más importantes de PCBs. El período probablemente largo en que continuarán utilizándose así como su persistencia una vez liberados en el medio ambiente significa que los PCBs podrían representar una amenaza durante décadas. (Saball, 2004)

Los PCBs entraron al aire, al agua y al suelo durante su manufactura, uso y disposición; a través de derrames accidentales, y escapes durante su transporte; y por escapes y/o incendio de equipos que contenían PCBs.

Los PCBs aún pueden liberarse al medio ambiente desde sitios de residuos peligrosos que los contienen, por disposición ilegal o inapropiada de residuos industriales y productos de consumo, en escapes de transformadores antiguos que contienen PCBs y al quemar ciertos residuos en incineradores. Los PCBs no se degradan fácilmente en el ambiente por lo que permanecen ahí por largo tiempo.

Los PCBs han sido tipificados por las Naciones Unidas (organización compuesta por todos los países oficiales e independientes del mundo a excepción de la Ciudad del Vaticano, que posee el rol de estado observador), como un Contaminante Orgánico Persistente o mejor llamado Compuesto Orgánico Persistente (COPs), (White, 1999) caracterizados por su alta toxicidad para seres

humanos y medio ambiente en todo aspecto, son bioacumulativos debido a que su concentración es mayor en los seres vivos que en el ambiente que los rodea a causa de su lipófila (tendencia a atraer o absorber grasas acumulándose en las grasas de animales y del hombre), son persistentes ya que no sufren degradación, pueden sufrir transporte de largo rango a través del aire y el agua, presentan biomagnificación porque se acumulan en los niveles altos de la cadena trófica, su facilidad para volatilizarse hace que se dispersen rápidamente al medio ambiente.

Los PCBs pueden viajar largas distancias en el aire y ser depositados en áreas distantes del lugar de liberación. En agua, una pequeña porción de los PCBs puede permanecer disuelta, pero la mayor parte se adhiere a partículas orgánicas y a sedimentos del fondo. (White, 1999)

Los PCBs también se adhieren fuertemente al suelo. Los PCBs se acumulan en peces y mamíferos acuáticos alcanzando niveles que pueden ser miles de veces mayores que los niveles de PCBs en el agua.

También se acumulan en otros animales que se alimentan de organismos acuáticos. Si éstos compuestos son sometidos a temperaturas elevadas pueden generar residuos químicos de mayor toxicidad que la sustancia original.

La exposición a estos contaminantes es prácticamente universal. Es posible encontrar PCB en la leche materna humana y hasta en los tejidos adiposos, cerebro e hígado de niños pequeños. Se ha demostrado que los PCB ocasionan una gran diversidad de efectos muy graves sobre la salud humana. Se caracterizan como probables cancerígenos para las personas. Además, dañan al sistema inmunológico, a la reproducción, al desarrollo, al sistema neurológico y al hígado. (Martínez, 2004)

Los PCB son disruptores endocrinos y afectan al mecanismo de actuación de las hormonas tiroideas (responsables de la regulación del metabolismo), estrógenos (hormonas sexuales esteroideas (derivadas del colesterol) de tipo femenino principalmente, producidos por los ovarios, la placenta durante el embarazo) y andrógenos (hormonas sexuales masculinas y corresponden a la testosterona, la androsterona y la androstenediona. Los andrógenos son hormonas esteroideas derivados del ciclopentanoperhidrofenantreno, cuya función principal es estimular el desarrollo de los caracteres sexuales masculinos y, por tanto, al sistema reproductivo). Los PCB se transfieren a los hijos a través de la placenta y de la leche materna, ocasionando daños a la descendencia. (Martínez, 2004).

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) requiere a los países la adopción de medidas para reducir el uso y eliminar de una manera ambientalmente racional los equipos, los líquidos y los desechos contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB) tan pronto como sea posible pero a más tardar en el 2028. Para esto, los países deberán comenzar a realizar esfuerzos decididos para la localizar, inventariar, transportar, almacenar y dar disposición final a los equipos eléctricos contaminados con PCBs y promover medidas para la reducción de la exposición y el riesgo para la salud humana y el ambiente; es decir, controlar el uso de PCB. (Suarez, MARIA LEYDY, López Arias, ANDREA, Rodríguez Castañeda JOSE ALVARO (Mayo 2007)).

En Colombia, a través del Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, llevaron a cabo un total de 1.523 muestreos de PCB en aceites y en equipos eléctricos, dentro de instalaciones de los sectores manufactura, transporte, minero y eléctrico, en seis regiones del territorio nacional: Costa Atlántica, zona

Cundiboyacense y Meta, Eje Cafetero, Antioquia y Córdoba; Costa Pacífica y Valle del Cauca; Nariño, Cauca y Putumayo; Santanderes y Cesar. Teniendo en cuenta las diferentes herramientas y metodologías empleadas durante el desarrollo del proyecto se llegó a los siguientes estimativos:

Probable existencia a nivel nacional de PCB puro en transformadores en desuso, la cantidad de 683 toneladas.

Probable existencia a nivel nacional de transformadores contaminados con PCB, en uso, la cantidad de 9771 a 12803 toneladas

Condensadores importados al país antes del año 1985, probablemente con PCB unas 3863 toneladas. (Suarez, MARIA LEYDY, López Arias, ANDREA, Rodríguez Castañeda JOSE ALVARO (Mayo 2007)).

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo General**

Elaborar un procedimiento u hoja de ruta para para la localización, inventario, transporte, almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos contaminados con PCBs

### **1.2 Objetivos Específicos**

1.2.1 Diseñar el proceso de localización de los equipos eléctricos contaminados con PCBs.

1.2.2 Establecer cómo realizar o registrar el inventario para los equipos eléctricos contaminados con PCBs en el aplicativo del IDEAM, destinado para este fin.

1.2.3 Establecer como es el transporte para los equipos eléctricos contaminados con PCBs.

1.2.4 Determinar cómo se debe llevar a cabo el almacenamiento para los equipos eléctricos contaminados con PCBs.

1.2.5 Establecer cómo se debe hacer la disposición final de equipos eléctricos contaminados con PCBs.

## 2. MARCO DE REFERENCIA

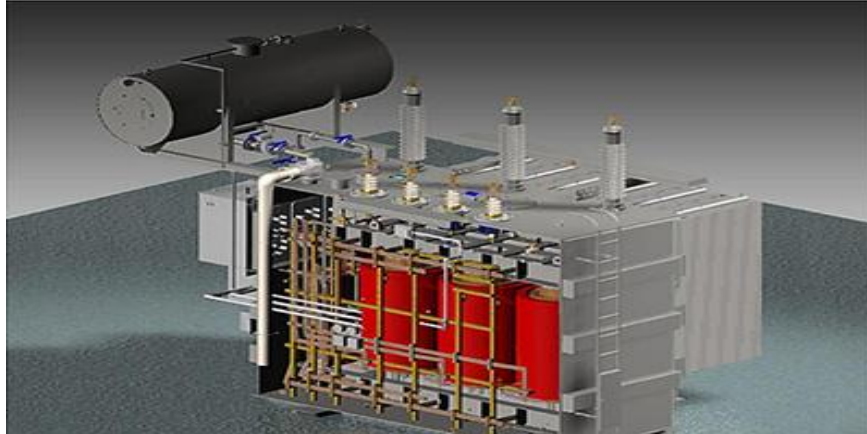
### 2.1 Marco Teórico

Los principales equipos eléctricos susceptibles a que presenten contaminación por PCBs son los transformadores, condensadores o capacitores e interruptores o disyuntores eléctricos. Principales características de estos equipos:

Los **transformadores eléctricos** son aparatos que pueden aumentar o disminuir el nivel de voltaje o tensión en una instalación eléctrica. .

Los transformadores de gran tamaño se suelen utilizar como transformadores de potencia y su función primordial es aumentar el nivel de voltaje o tensión para ser transportado a grandes distancias. Estos equipos están instalados en las subestaciones de potencia. Están los transformadores pequeños o de distribución cuya función es disminuir el nivel de voltaje o tensión a niveles de consumo. . Su tamaño y forma es muy variada dependiendo de su uso y su estructura principal consiste en una más bobinas eléctricas o enrollamientos unidos por un circuito magnético o núcleo. En muchos transformadores la unidad completa es llenada con un fluido dieléctrico (a menudo un aceite que puede contener PCBs) para aumentar el nivel de aislamiento entre las bobinas y enfriarlas. Así cualquier daño a la carcasa del transformador puede resultar en una fuga de fluidos PCB. Es importante destacar que aunque los transformadores eléctricos con aceite mineral no contienen intencionalmente PCBs, suele contaminarse por el uso de equipos comunes de llenado o llenando por mantenimiento con aceite usado o reciclado (centrifugado). (Figura 1). (Saball, 2004).

**Figura 1. Transformador eléctrico**



**Fuente:** EBSA, 2015.

Los **condensadores o capacitores eléctricos** pueden contener PCB, pero se distinguen de ellos en que son siempre estructuras selladas. Por eso el mantenimiento no representa gran problema, siempre y cuando el condensador esté en buen estado y no tenga fugas.

No obstante, al final de su vida útil presentan el mismo peligro potencial que los transformadores; además, se usan en condiciones similares a las de los transformadores. Los condensadores son aparatos que pueden acumular y mantener una carga eléctrica. Un condensador se compone principalmente de placas conductoras de electricidad (láminas metálicas delgadas) separadas por un material dieléctrico, es decir, no conductor. Estas placas son bobinas de láminas metálicas. Hay dos bobinas de láminas metálicas que están separadas eléctricamente, y cada una tiene contactos que salen del condensador. El material dieléctrico suele ser un fluido dieléctrico que puede o no contener PCB. (Figura 2). (Saball, 2004).

**Figura 2. Condensador o capacitor eléctrico**



Fuente: EBSA, 2015

Los **interruptores o disyuntores eléctricos** son aparatos capaces de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos.

Los contactos del interruptor se mantienen en contacto eléctrico por medio de un pestillo, y, cuando la corriente supera el rango permitido por el aparato, el solenoide libera el pestillo, separando los contactos por medio de un resorte. Algunos tipos de interruptores incluyen un sistema hidráulico de retardo, sumergiendo el núcleo del solenoide en un tubo relleno con un fluido viscoso que puede contener o no PCBs y al momento de una avería pueden contaminar el medio ambiente. Estos equipos se encuentran instalados en las subestaciones de potencia y su depósito o cuba es generalmente de porcelana.

Bajo condiciones de cortocircuito, circula una corriente muchísimo mayor que la corriente nominal; cuando un contacto eléctrico abre un circuito en donde hay gran

flujo de corriente, generalmente se produce un arco eléctrico entre dichos contactos ya abiertos, que permite que la corriente siga circulando. Para evitarlo los interruptores incorporan características para dividir y extinguir el arco eléctrico. En pequeños interruptores se implementa una cámara de extinción del arco, la cual consiste en varias placas metálicas o crestas de material cerámico, que ayudan a bajar la temperatura del arco. El arco es desplazado hasta esta cámara por la influencia de una bobina de soplado magnético. En interruptores de mayor tamaño, como los utilizados en subestaciones eléctricas se usa el vacío, gases inertes como el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) o aceite para hacer más débil el arco. (Saball, 2004).

**Figura 3. Interruptores o disyuntores eléctricos**



Fuente: EBSA, 2015

### 2.1.1 Historia

La sigla PCB deriva del término en inglés “PolyChlorinated Biphenyls” que significa Bifenilos Policlorados o Difenilos Policlorados. Comité Nacional de los Contaminantes Orgánicos Persistentes COP’s – Ministerio Medio Ambiente Ecuador –

Conelec (2004 -2008) Los PCB son una clase de compuestos químicos orgánicos clorados (organoclorados) de muy alta estabilidad, no corrosivos y muy baja inflamabilidad, que se comenzaron a elaborar por primera vez en 1929 a escala comercial. Debido a estas características, fueron ampliamente usados durante décadas en una amplio rango de aplicaciones industriales, tales como aceites de corte, selladores, tintas, papel carbónico, aditivos para pinturas, y en particular, refrigerantes y lubricantes en equipos eléctricos cerrados, tales como transformadores, capacitores o condensadores e interruptores o disyuntores (White, 1999).

**Tabla 1. Usos que han mantenido los PCB**

Aplicaciones Cerradas	Aplicaciones parcialmente cerradas
Transformadores eléctricos*	Fluidos Refrigerantes
Condensadores eléctricos	Ruidos Hidráulicos
Motores eléctricos	Bombas de vicio
Electroimanes	Interruptores <sup>1</sup> – Reguladores de voltaje <sup>1</sup>
*Se pueden seguir utilizando los que contengan menos de 500 ppm de PCB hasta el final de la vida útil del aceite	Cables con relleno líquido <sup>1</sup> – Interruptores automáticos con relleno líquido <sup>1</sup>
<b>Aplicaciones abiertas</b>	
<b>Lubricantes:</b>	<b>Adhesivos:</b>
. Aceites de inmersión para microscopios	. Adhesivos especiales
. Cubierta de frenos	. Adhesivos para paredes impermeables
. Taladrinas	
. Aceites lubricantes	
<b>Recubrimiento de superficies:</b>	<b>Plastificantes:</b>
. Pinturas	. Selladores de empaquetación
. Tratamiento de tejidos	. Selladores para juntas de hormigón
. Papel autocopiativo	. PVC
. Reguladores de llama	. Selladores de goma
. Reguladores de polvo	
<b>Ceras y aditivos de fundición</b>	<b>Tintas.</b>
	. Tintes
	. tintas de impresión
<b>Otros usos:</b>	
. Materiales aislantes	
. Plaguicidas <sup>b</sup>	

**Fuente:** Guía para la identificación de PCB y materiales contaminados con PCB. UNEP Chemical, 1999.

El principal período de fabricación tuvo lugar entre 1930 y finales de los años 70 en los Estados Unidos; en China, hasta 1974 y en Europa, hasta principios de la década de los 80. En Rusia se produjeron hasta 1993. En el Japón se fabricaron

entre 1954 y 1972. En Colombia nunca fueron fabricados; los PCB existentes en nuestro país corresponden a equipos y aceites importados. (Suarez, 2007)

Respecto a los usos de los PCB, estos se pueden clasificar en sistemas cerrados, parcialmente cerrados, o abiertos; dependiendo de qué tan fácil se puedan escapar al medio ambiente. Así, en los sistemas cerrados como en los equipos eléctricos analizados, los PCB se encuentran contenidos en unidades selladas, en donde los fluidos con PCBs usualmente no tienen posibilidad de escapar al ambiente sino por algún tipo de avería en sus carcasas; mientras que en los sistemas abiertos, los PCB son constituyentes de otros productos como tintas, pinturas, lubricantes, entre otros; en donde fácilmente se pueden liberar al medio circundante en forma de emisiones o derrames.

A través del tiempo, durante las prácticas industriales se ha ocasionado la dispersión de los PCB. Una práctica común era rellenar con PCB transformadores que contenían aceite mineral cuando no se disponía de otro líquido, causando la contaminación de nuevos aparatos. Se conocen numerosas anécdotas de empleados de empresas eléctricas que utilizaban líquido con PCB para lavarse las manos y lo llevaban a casa para utilizarlo en calentadores domésticos, instalaciones hidráulicas y motores.

Muchos hogares, negocios y lugares adquirieron PCB, sin saberlo.

En la actualidad, la fabricación de PCB se encuentra prohibida a nivel mundial, debido a los graves impactos y riesgos sobre la salud humana y el ambiente. Su uso ha sido restringido a transformadores y condensadores hasta el final de su vida útil. Muchos transformadores fabricados con aceite mineral, han sido contaminados con

PCB a través de los años. Esta contaminación tiene principalmente tres causas: (Suarez, 2007)).

**El uso de PCB para mejorar la calidad del aceite mineral:** debido a las ventajas técnicas de los PCB y a la facilidad con la cual se mezclan con los aceites minerales, los PCB han sido utilizados como un “mejorador de aceites convencionales”. En algunos casos se han encontrado transformadores nuevos en funcionamiento (de dos o tres años) que, después de ser enviados a mantenimiento y analizados posteriormente, presentan trazas de PCB (en concentraciones menores de 100 ppm).

**La contaminación cruzada de los aceites minerales durante las operaciones de mantenimiento de transformadores:** una vez pasado el aceite PCB por la máquina de filtración, se contamina tanto el medio filtrante como los demás materiales y se produce la contaminación de los aceites minerales que se filtrarán en la misma máquina. El aceite mineral dieléctrico se considera como contaminado con PCB cuando presenta una concentración superior a 50 ppm.

**El cambio de los PCB de los transformadores por aceites minerales:** en este caso, se presenta una contaminación del aceite mineral de reposición. Los transformadores con PCB son drenados y rellenados con aceite mineral para evitar el uso de los PCB; sin embargo, este nuevo aceite se contamina debido a la Lixiviación gradual de los PCB contenidos en las partes porosas del transformador, que puede continuar por un periodo de hasta tres años antes de estabilizarse.

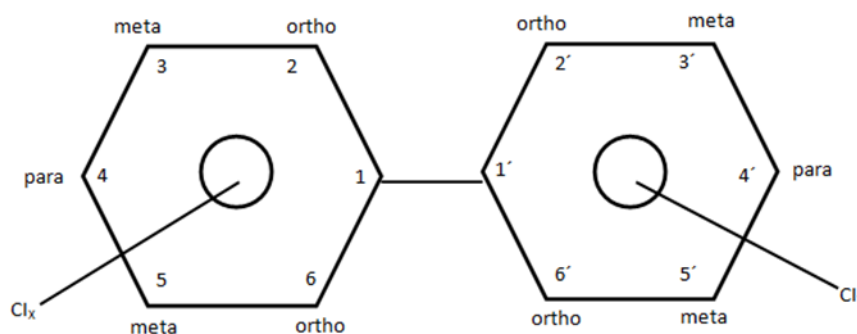
Los condensadores e interruptores eléctricos al igual que los transformadores pueden contener PCB; sin embargo, se diferencian en que los condensadores e interruptores son unidades selladas con menor potencial de riesgo durante su vida

útil, siempre y cuando el condensador o interruptor se encuentren en buen estado y no tenga fugas.

Los PCBs han sido reconocidos como una amenaza para el hombre y el medio ambiente desde finales de 1960. Actualmente existe una gran cantidad de información sobre el tema de PCBs, sus efectos sobre la salud y el medio ambiente y su correcto manejo. Además muchos países han hecho esfuerzos para manejar correctamente los PCBs y han desarrollado pautas de manejo y legislaciones que reflejan las características culturales y económicas específicas de cada país, así como la envergadura y complejidad de los problemas relativos a los PCBs. Por lo tanto hay diferentes enfoques para su manejo. (White, 1999).

Los PCB son compuestos orgánicos aromáticos que fueron creados por el hombre y que se componen de dos anillos de fenilos con átomos de cloro (Figura 4). De acuerdo a la cantidad y posición de los átomos de cloro, se conforman diferentes congéneres. Existen 209 posibles congéneres de los PCB, de los cuales cerca de 130 se utilizan en productos comerciales. (Suarez, 2007).

**Figura 4. Estructura Química de los PCBs.**



Fuente: Guía para la identificación de PCB y materiales contaminados con PCB. UNEP Chemical, 1999.

Sin embargo, también hay mucha consistencia a nivel internacional en cuanto al contenido básico de las guías y legislación para el manejo de los PCBs. Todo lo anterior se debe tener en cuenta cuando se revise la literatura internacional.

Como ejemplo Canadá (República al norte de los Estados Unidos) adoptó por primera vez la legislación sobre el manejo de los PCBs en el año 1977, y desde entonces, ha actualizado su legislación con documentos de guía sobre asuntos nacionales e internacionales relativos al manejo de los PCBs. Canadá ha tratado de mantener, tanto su legislación sobre los PCBs, como el material guía, lo más simple y concreto posible. Colombia ha asumido el modelo Canadiense para desarrollar su legislación propia. Por el contrario en Estados Unidos, existe una legislación muy detallada y compleja. (White, 1999)

A partir de 1970 comenzó a ser preocupante el impacto de los PCBs en el ambiente, fundamentalmente por su persistencia (pueden ser nuevamente utilizados). Esto condujo a decidir un cambio de tecnología y el reemplazo de este tipo de sustancias, a tal punto que ya en 1977 Estados Unidos de América (uno de los mayores productores) prohibió su elaboración, importación y muchas aplicaciones no eléctricas de PCBs. En dicho país se comenzó a regular estrictamente su uso, manipulación, almacenamiento y disposición final para las aplicaciones eléctricas. (Programa para las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002)

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

### **2.1.2 Características de los PCBs:**

Resistentes al fuego

Reducida conductividad eléctrica

Gran capacidad de aislamiento.

Baja volatilidad a condiciones normales de presión y temperatura

Insoluble en agua

Estabilidad química

No inflamable

Punto de ebullición a alta temperatura

Los PCB pueden lentamente sufrir de cloración natural (remoción de átomos de cloro), fundamentalmente los átomos de cloro más expuestos a fotólisis (es la ruptura de enlaces químicos por causa de energía radiante o efecto de la luz) y a degradación microbiana, dando lugar a eliminación de los mismos, o simplemente su reordenamiento en una molécula de PCB diferente. (Programa para las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002)

Hoy en día, pueden ser emitidos al ambiente desde sitios de disposición de residuos peligrosos; por disposición impropia o ilegal de residuos industriales y urbanos; por pérdidas de transformadores eléctricos viejos conteniendo PCBs; y durante la combustión de algunos residuos en incineradores. (Programa para las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002)

### **2.1.3 PCBs en el medio ambiente y su toxicidad.**

Como su decaimiento en el ambiente es lento, pueden permanecer en él por largo tiempo.

Los PCB pueden viajar largas distancias en el aire en forma de pequeñas partículas, producto en ocasiones de su quemado, y depositarse muy lejos de su lugar de generación.

Sólo una muy baja proporción se disuelve en agua, quedando la mayor parte adsorbida a partículas orgánicas en suspensión y en el sedimento del fondo.

En el suelo, quedan fuertemente ligados a la materia orgánica.

En el agua los PCBs son ingeridos por pequeños organismos y peces, que a la vez constituyen alimento para otros animales.

Se acumulan en los tejidos grasos de peces y animales marinos, alcanzando niveles miles de veces mayores de los existentes en el agua, pudiendo llegar a través de la cadena alimentaria al hombre. (Consenso científico, 2003).

Una vez liberado al ambiente el PCB es extremadamente persistente, no se degrada fácilmente y tiende a perdurar por muchos años. Por otra parte los PCB, por su propiedad de asimilarse a los lípidos (“lipofilicidad”) (Lipophilicity) y su baja degradabilidad, tienen tendencia a bioconcentrarse a medida que avanzan en la cadena alimentaria; por esta razón generalmente se acumulan en los tejidos grasos de animales y humanos, permaneciendo en ellos con los consecuentes efectos toxicológicos. (Programa para las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2002). Aunque su elaboración está prohibida en casi todo el mundo, todavía quedan cantidades significativas en cierto tipo de equipos eléctricos como transformadores. Asimismo, como los requerimientos de tratamiento final de estas sustancias son muy estrictos, muchos países carecen de la tecnología adecuada, y deben recurrir a la exportación a países que cuenten con la tecnología de tratamiento o destrucción y no tengan prohibición para su ingreso. Dichos movimientos transfronterizos se regulan

por las disposiciones del Convenio de Basilea, al que nuestro país ha adherido. Esto encarece la disposición y conlleva a prolongar los períodos de almacenamiento transitorio de los residuos, tanto líquidos como sólidos contaminados, prolongando el potencial riesgo a una liberación accidental al ambiente y exigiendo un estricto y permanente control de los lugares de almacenamiento. (Consenso científico, 2003)

Los trabajadores involucrados en la manipulación por mantenimiento, transporte, almacenamiento, y disposición final de los PCB, deben ser capacitados en medidas de seguridad y usar adecuada ropa de protección personal para evitar su contaminación.

La mayor parte de los efectos conocidos de los PCBs en la salud humana, se relacionan con altos niveles de exposición, tales como los ocupacionales o exposiciones accidentales con ingesta de estas sustancias.

Los efectos adversos a la salud incluyen formas severas de acné (cloracné), hiperpigmentación de uñas y piel, debilidad, espasmos musculares, bronquitis crónica y una variedad de efectos neurológicos subjetivos.

Es importante destacar que estos efectos se han producido por exposiciones a niveles muchos mayores que los que pueden encontrarse en el ambiente.

Los animales de laboratorio alimentados con altas cantidades de PCBs durante períodos breves, manifestaron daños hepáticos de distinta gravedad alcanzado incluso la muerte. En tanto los que fueron alimentados con dosis bajas por varias semanas, manifestaron anemia, efectos dérmicos tipo acné, daños en hígado, estómago y tiroides. Algunos incluso sufrieron alteraciones en el sistema inmunológico, alteraciones en la conducta y en la función reproductiva. (Martínez, 2004).

Monitoreos realizados en trabajadores expuestos a los PCBs arrojaron alteraciones en sangre y orina que podrían predecir daño hepático. Los estudios científicos han coincidido que, por lo general, las exposiciones cortas a niveles bajos de PCB no tienen impacto significativo en la salud. Sí en cambio se especula sobre la posibilidad de efectos adversos asociados a exposiciones prolongadas a niveles bajos.

La Agencia Internacional de investigación de Cáncer (IARC) de los Estados Unidos, (International Agency for Research of Cáncer), ha llegado a la conclusión de que existe una probable relación entre exposiciones prolongadas a altos niveles de PCBs en ambientes laborales y un aumento de la incidencia de cáncer, particularmente de hígado y riñón. Esta conclusión se basa en estudios de humanos expuestos a PCBs contaminados con dibenzofuranos policlorados, que jugarían un rol importante en el desarrollo del cáncer. (Martínez, 2004). La mencionada Agencia Internacional para Investigación del Cáncer (IARC) considera al PCB como probable carcinógeno en humanos (ASTDR 1997; IARC 1987). Muchos de los datos de exposición de humanos provienen de incidentes de contaminación de aceite comestible con PCB y de exposiciones a PCB en trabajadores durante la fabricación PCB y mantenimiento de equipos que los contienen. El nivel mínimo que debe contener una mezcla para considerarse contaminada por PCBs es de 0,005 % en peso, o sea 50 ppm (partes por millón). (Martínez, 2004).

Desde su elaboración (1929) y la determinación que eran productos contaminantes (1970), los PCBs en equipos eléctricos, tres décadas después se han convertido en un enemigo oculto y silencioso de gran poder contaminante. (Julio, 2004).

La regulación ambiental colombiana establece los valores mínimos de partes por millón (ppm) en que los PCBs se convierten en un problema para la salud humana y animal y con esta información pretendo documentar de una manera pedagógica qué equipos son los posibles candidatos a tratarlos y a darles una disposición final segura y controlada.

En 1960, científicos llamaron la atención sobre el hecho de que la exposición crónica a los PCBs puede resultar un riesgo para el hombre y el medio ambiente, se descubrieron tejidos biológicos contaminados con PCB e inesperadamente se encontraron altas concentraciones de PCB en la leche materna. (White, 1999).

Un incidente de envenenamiento masivo, llamado Yusho, ocurrió en el oeste de Japón, principalmente en Fukoka y Nagasaki en 1968. Yusho fue causado por la ingestión de aceite de arroz que fue contaminado con Kanechlor 400, una marca comercial Japonesa de PCB's. El total de pacientes identificados a causa de Yusho fue de 1788 a finales de 1982. En 1979, once años después del incidente Japonés, Yusho, un envenenamiento similar llamado Yu-Cheng, ocurrió en el centro de Taiwan; a inicios de 1983 un total de 2060 pacientes fueron identificados. El aceite para cocinar consumido por los pacientes de Yu-Cheng también estaba contaminado con PCB's. (Alonso, 2014).

Los funcionarios de estas empresas eléctricas o dueños de PCBs en estudio que manipulan diariamente estos equipos y empresas contratistas que reparan éstos transformadores merecen conocer a qué tipo de riesgo biológico están expuestos para que se fijen protocolos rigurosos en su manejo y disposición final.

#### **2.1.4 Maneras de entrada de los PCB al medio ambiente:**

Descarga directa de desechos de las industrias, producción no intencional de las industrias químicas, o de reparación, mantenimiento y desmantelamiento de los equipos que contienen PCB.

La volatilización a la atmósfera sigue siendo el mecanismo de transporte más importante para los PCB en el medio ambiente.

Teniendo en cuenta las corrientes predominantes en el mundo, los PCB tienden a concentrarse cerca de las regiones frías, donde el aire frío finalmente los condensa y los precipita.

#### **2.1.5 Toxicidad de los PCB**

La toxicidad depende de:

La concentración del contaminante en el medio

La vía de exposición (medio de contacto con el organismo)

La ruta de exposición (etapa de acceso al ser humano)

La dosis recibida

La frecuencia de exposición

Existen tres rutas de exposición:

Inhalación: sistema respiratorio.

Ingestión: sistema digestivo

Absorción: a través de la piel durante labores y accidentes de trabajo

A través de la placenta de una madre afectada.

### **2.1.6 Daños a la salud**

Irritación de los ojos

Hipersecreción de las glándulas lagrimales y conjuntivitis

Daños hepáticos y deficiencias o hipertrofia enzimática

Anemia e hiperleucocitosis

Efectos reproductivos

Irritaciones cutáneas e hiperpigmentación

Cloracné

Daños al sistema nervioso

Por su parte, los bebés gestados por una madre intoxicada tienden a tener un bajo peso al nacer, y expresar anormalidades óseas.

Más que controvertir los estudios científicos y teorías que hay sobre la existencia de los PCBs y conocida la problemática que existe con respecto a los PCBs y los experimentos científicos que se han realizado para verificar sus características contaminantes me propongo resaltar cómo puedo ayudar con este trabajo de investigación a minimizar los potenciales efectos perjudiciales que los PCBs puedan provocar al medio ambiente y a las personas que de alguna manera manipulan éstos equipos.

### **2.1.7 Equipos eléctricos con PCBs**

Inicialmente se proponían los aceites con PCB como fluidos dieléctricos para uso en equipo eléctrico como transformadores, condensadores, disyuntores, etc. gracias a sus excelentes propiedades dieléctricas y a su muy baja inflamabilidad. Un aceite con PCB puede absorber cambios rápidos en campos eléctricos sin calentarse

mucho, es decir, con poca pérdida de energía. Además los PCB tienen un punto bajo de inflamación y no tienen punto de ignición, lo que significa que permanecen estables ante temperaturas variables. Solo arden en contacto directo con la llama.

Los transformadores eléctricos son aparatos que pueden aumentar o disminuir el nivel de voltaje de una corriente eléctrica, los condensadores eléctricos son equipos que mejoran el factor de potencia en las instalaciones eléctricas y los interruptores o disyuntores eléctricos son equipos diseñados para abrir o cerrar un circuito eléctrico de forma controlada.

Por último, y he aquí lo importante, el espacio vacío dentro de la caja de estos equipos eléctricos debe llenarse con un líquido que evite que se genere cortos circuitos y chispazos y éste líquido se compone de mezclas de aceite a base de PCB.

Por desgracia, no existe ningún método absolutamente seguro para identificar por fuera a los equipos que contienen PCB; sin embargo, además de la placa original con el nombre del fabricante (si la hay y si es legible), algunos detalles de construcción pueden ser de gran utilidad para su identificación.

Estos equipos eléctricos suelen contener un fluido dieléctrico que solo en parte es PCB (bifenilo policlorado), ya que los PCB son viscosos.

Se suelen mezclar con aceite mineral u otros fluidos organoclorado que no sea PCB como el triclorobenceno y el tetracloroetileno encargados de reducir la viscosidad del aceite y con ello facilita la circulación del fluido por los conductos de enfriamiento elevando así la eficiencia del equipo.

## **2.2 Marco legal**

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) requiere a los países la adopción de medidas para reducir el uso y eliminar de una manera ambientalmente racional los equipos, los líquidos y los desechos contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB) tan pronto como sea posible pero a más tardar en el 2025. Para esto, los países deberán comenzar a realizar esfuerzos decididos para identificar, etiquetar y retirar de uso los equipos con PCB y promover medidas para la reducción de la exposición y el riesgo para la salud humana y el ambiente; es decir, controlar el uso de PCB.

### **2.2.1 Legislación sobre PCBs**

Convenio de Basilea: Regula los movimientos transfronterizos de sustancias peligrosas.

Convenio de Estocolmo: Define los PCBs como contaminantes orgánicos persistentes.

Convenio de Rotterdam: Evitar transferencia de contaminantes y riesgos de un medio ambiente a otro.

La ley 99 de 1993, por la cual se crea el Ministerio del medio Ambiente, se reorganiza el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

Resolución 189 de julio 15 de 1994. Dicta regulaciones para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos, establece criterios de clasificación de residuos tóxicos y presenta la lista de sustancias, elementos o compuestos que confieren toxicidad a un residuo en la cual se encuentran contenidos los compuestos orgánicos halogenados, incluyendo los PCBs.

Decreto 948 de junio 15 de 1995. Prevención y control de la contaminación y de la calidad del aire.

Colombia se acoge y ratifica el Convenio de Basilea mediante la ley 253 de 1996.

Ley 430 de enero 16 de 1998. Se distan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos, regula lo relacionado entre otros, con la responsabilidad por el manejo integral de los desechos peligrosos generados en el país y en proceso de producción, gestión y manejo de los mismos.

Se adopta el plan nacional de contingencias contra derrames de hidrocarburos por medio del decreto 321 de 1999.

Decreto 1713 de 2002. Modificado por el Decreto Nacional 838 de 2005, Derogado por el art. 120, Decreto Nacional 2981 de 2013. "Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos".

Decreto 4741 de 2005. Reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

Se aprueba el convenio de Estocolmo mediante la ley 1196 de 2008 sobre Contaminates Orgánicos Persistentes.

Se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que contienen PCBs mediante la Resolución 222 del 2011.

Aplica a todas las personas naturales o jurídicas, públicas o privadas que sean propietarios de equipos o desechos que consistan, contengan o estén contaminados con Bifenilos policlorados (PCB).

El término equipo comprenderá aquellos que hayan contenido o contengan fluidos aislantes en estado líquido como los transformadores, condensadores o interruptores eléctricos.

Los propietarios de PC, deberán identificar y marcar sus existencias para efectos de planear y ejecutar las medidas necesarias para la gestión ambiental integral.

Las empresas del sector eléctrico y propietarios de PCBs asumirán la responsabilidad de identificar y marcar los equipos que se encuentren vinculados a su red de distribución aunque no sean de su propiedad.

El propietario debe comprobar, y así poder acreditar ante la autoridad ambiental competente cuando sea requerido, el contenido de PCB en cualquier matriz mediante ensayo analítico.

Para los equipos nuevos, se deberá disponer de la certificación por parte del proveedor de que el equipo fue fabricado libre de PCB y se deberá soportar que desde su adquisición no haya sido objeto de ningún tipo de intervención que implique la manipulación de su fluido aislante.

El IDEAM establecerá los protocolos de muestreo y análisis para la determinación de contenido de PCB.

Las metas de mercado establecidas indican que el 30% del total de su inventario de equipos, deben tenerse a más tardar el 31 de diciembre de 2016; el 60% del total de su inventario de equipos, a más tardar el 31 de diciembre de 2020; el 100% del total de su inventario de equipos, a más tardar el 31 de diciembre de 20124.

Para la cuantificación de las metas se tomará como base el inventario total de equipos de los que fuese propietario al 31 de diciembre de 2012.

La totalidad de equipos que contengan o estén contaminados con PCB deben ser retirados de uso a más tardar el 31 de diciembre de 2025.

### **2.3 Marco Conceptual**

El glosario de términos relacionados son relevantes en el trabajo de investigación sobre la presencia de PCBs en equipos eléctricos porque son inherentes a éste fenómeno contaminante.

Los equipos eléctricos tales como transformadores, condensadores e interruptores son llenados con un fluido aislante para controlar temperatura de bobinados por paso de corriente eléctrica dentro de su funcionamiento, evitan arcos eléctricos o cortos circuitos dentro del equipo. Estos fluidos (Askareles) por contacto con el medio ambiente por daño en las carcasas o depósitos de éstos equipos se convierten en agentes contaminantes o residuos peligrosos para la salud humana y el medio ambiente en general. Se presenta una adsorción y absorción del PCBs en el suelo, aire y agua ampliando su rango de contaminación. Se debe localizar el equipo y mediante análisis cuantitativos, semicuantitativo y cualitativos al fluido del equipo se logra determinar su contenido de PCBs. Si el equipo resulta contaminado

con más de 50 ppm se deberá almacenar en bodegas especiales para darle una disposición final segura a éstos equipos.

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

Para lograr el objetivo principal en éste trabajo de investigación el cual es la elaboración de un procedimiento u hoja de ruta para para la localización, inventario, transporte, almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos contaminados con PCBs y dar un paso importante en su eliminación continuada y garantizar una disposición final segura se presenta la siguiente metodología:

#### **3.1 Tipo de estudio.**

Es un trabajo de investigación, que se basa en la exploración de los referentes existentes al manejo de los equipos eléctricos que contienen PCBs y a la exploración de los conocimientos que tienen al respecto los propietarios o usuarios de dichos equipos. Los propietarios de PCBs cuentan con una amplia legislación vigente en Colombia y una legislación ambiental internacional importante y con ayuda de este procedimiento u hoja de ruta estipulado en el trabajo de investigación permitirá de una manera sencilla y práctica como localizar, inventariar, transportar, almacenar y dar una disposición final segura a los equipos que se encuentren contaminación por PCBs.

#### **3.2 Marco geográfico.**

La legislación sobre PCBs, enmarca a toda la geografía nacional. Los propietarios de PCBs deberán localizar en cualquier parte del territorio nacional donde tengan estos equipos eléctricos instalados y con ayuda de la hoja de ruta

proceder a dar una disposición final segura del equipo contaminado de tal manera que cumplan con los plazos establecidos regulatoriamente para poder asegurar que para el año 2025 no exista en nuestro país equipos contaminados con PCBs que afecten la salud de la personas y deterioro del medio ambiente.

### **3.3 Población y muestra.**

Como primer requisito se deberá socializar mediante capacitaciones, talleres y con ayuda de folletos informativos a todo el personal de las empresas del sector eléctrico o hidrocarburos o personas naturales o jurídicas, públicas o privadas de la importancia de conocer el problema que se viene presentando con los equipos eléctricos como transformadores, condensadores e interruptores con la presencia de los PCBs y sus consecuencias en la salud de las personal y afectación en el medio ambiente. En lo posible se debe capacitar al 100% de los funcionarios de éstas empresas, pero se debe hacer mayor énfasis con los funcionarios del área operativa quienes son los que manipulan y están en contacto permanente con éstos equipos y tienen mayor riesgo de contaminación.

### **3.4 Técnicas de recolección de la información.**

Toda la información para éste trabajo de investigación parte de los inventarios de los equipos eléctricos instalados en cada una de las empresas, información que ayudará a conocer año de fabricación del equipo, procedencia y ubicación geográfica del mismo para determinar de primera mano que el equipo puede ser sospechoso de contener PCBs.

**3.4.1 Fuentes primarias.** Las socializaciones, talleres y toda capacitación que se realice al personal de una determinada empresa deberá contar con registros físicos a través de actas donde se plasma: nombre, cargo, identificación y firma indicando que la persona conoce del tema y es responsabilidad de éste velar para que la amenaza potencial que existe con la instalación de equipos eléctricos refrigerados y aislados con fluidos líquidos (aceites) desaparezca y con su acción decida se logre localizar, inventariar, transportar, almacenar y dar disposición final a estos equipos contaminados con PCBs.

**3.4.2 Fuentes Secundarias.** Existe en el momento una amplia bibliografía, legislación nacional e internacional, donde se habla del poder contaminante de los PCBs. Hay suficiente ilustración en internet de científicos y estudiosos del tema donde nos explican de forma sencilla y práctica como desaparecer la amenaza de tener en nuestro entorno equipos eléctricos que pueden estar contaminado el medio ambiente y deteriorando la salud de las personas.

### **3.5 Técnicas de campo.**

Como el trabajo de investigación determina el procedimiento u hoja de ruta para localizar, inventariar, transportar, almacenar y dar una disposición final segura a los equipos eléctricos contaminados con PCBs en cada etapa muestra que protocolos se deben seguir, qué pruebas o análisis de laboratorio se deben ejecutar y que registros se deben adelantar para poder inventariar los equipos .

En la etapa de localización se deberá marcar o identificar y levantar el inventario real de las características del equipo contaminado. Esta labor la debe



Cada propietario de PCBs tendrá que inscribirse ante el IDEAM en su página (<http://pcb.ideam.gov.co/pcb/>); tal como lo pide la regulación vigente y registrar sus datos en el formato especificado. (tabla 3)

**Tabla 3. Datos de empresa o propietario dueño de PCB**

Nombre completo o razón social	
Nombre comercial	
Identificación de la empresa o propietario	
Número de identificación	
Registro de cámara de comercio	
Dirección / departamento / municipio	
Vereda / corregimiento	
Nombre completo persona natural o representante legal	
Identificación de la persona natural o representante legal	
Número de identificación	
Teléfono	
Fax	
E-mail	
Primer periodo de balance a declarar	
Código CIU	

**Fuente:** aplicativo IDEAM

La persona responsable o delegada por cada uno de los propietarios de PCBs de registrar este inventario en el aplicativo del IDEAM deberá inscribirse ante el IDEAM (<http://pcb.ideam.gov.co/pcb/>) (Tabla 4).

**Tabla 4. Datos del responsable del diligenciamiento del inventario de PCB.**

Nombre completo del responsable	
Identificación del responsable	
Número de identificación del responsable	
Cargo	
Teléfono	
Fax	
E-mail	

**Fuente:** Aplicativo IDEAM

### 3.6 Técnicas de Análisis de información.

Los métodos utilizados para levantar estos inventarios de equipos contaminados con PCBs son meramente estadísticos y sirven a futuro para sacar, por ejemplo las estadísticas sobre porcentajes de equipos contaminados versus equipos instalados y en funcionamiento, marca de equipos con mayor índice de contaminados, fabricante de equipos donde se presenta mayor cantidad de contaminados por PCBs, etc.

## 4. RESULTADOS

Como primer requisito se deberá socializar mediante capacitaciones, talleres y con ayuda de folletos informativos a todo el personal de las empresas del sector eléctrico o hidrocarburos o personas naturales o jurídicas, públicas o privadas de la importancia de conocer el problema que se viene presentando con los equipos eléctricos como transformadores, condensadores e interruptores con la presencia de los PCBs y sus consecuencias en la salud de las personal y afectación en el medio ambiente. Lo anterior va a motivar a todos sus funcionarios y específicamente al personal operativo para que siguiendo el procedimiento u hoja de ruta planteado en este trabajo de investigación identifique claramente las siguientes etapas:

### 4.1 Localización

Una vez localizado el equipo eléctrico sospechoso de contaminación con PCBs, se procederá a marcarlo o identificarlo para luego efectuarle las respectivas pruebas o análisis de laboratorio y proceder a inventariarlo.

### 4.2 Inventario equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)

#### 4.2.1 Solicitud de inscripción en el Inventario de PCB.

Toda persona natural o jurídica, pública o privada, propietario de PCB, que se encuentre en el campo de aplicación donde sus equipos contienen cantidades

iguales o superiores a 50 ppm (partes por millón) de PCBs, deberá solicitar inscripción en el Inventario de PCB, ante la Autoridad Ambiental en cuya jurisdicción tengan los equipos y desechos objeto de este inventario, a través de un vínculo habilitado por esta entidad en su portal Web institucional, para acceder al aplicativo correspondiente (<http://pcb.ideam.gov.co/pcb/>). (Tabla 3).

- En el evento que un propietario tenga equipos o desechos en diferentes regiones del país, deberá solicitar una única inscripción en el inventario, ante la autoridad ambiental en cuya jurisdicción tenga su sede principal al igual que diligenciar la información y actualizarla anualmente, por empresa, entidad o razón social.

Los propietarios de PCB que se encuentren en el campo de aplicación descrito, que se hayan inscrito previamente en el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, o en el Registro Único Ambiental – RUA, deberán solicitar adicionalmente inscripción en el Inventario de PCB.

#### **4.2.2 Información que debe ser diligenciada en el Inventario de PCB.**

El propietario deberá recopilar y conservar toda la información de soporte que se requiera para el diligenciamiento del Inventario de PCB.

El diligenciamiento del Inventario por parte de un propietario de PCB, se entenderá efectuado cuando éste haya enviado y/o transmitido a la autoridad ambiental respectiva, toda la información requerida. Los registros de inventario exigidos por las autoridades ambientales se deben presentar digitados sobre los formatos de software suministrado por el Ministerio del Medio Ambiente (MMA),

(<http://pcb.ideam.gov.co/pcb/>) a más tardar el 30 de noviembre todos los años o dentro de los 30 días siguientes a cualquier cambio en el inventario del propietario.

Una vez se detecta equipo contaminado con PCBs, a través de las pruebas o análisis de laboratorio (Kits de pruebas CHLOR-N-OIL o Prueba Calorimétrica o Cromatografía de Gases) realizadas por empresas o gestores externos certificadas y con licencia ambiental vigente emitida por la autoridad ambiental competente (figura 5) se procede a inventariar este equipo para su registro posterior en el aplicativo del IDEAM en su página (<http://pcb.ideam.gov.co/pcb/>). En el formato establecido (Tabla 1).

**Figura 5. Análisis de laboratorio para detección de PCBs**



Fuente: Laboratorio de EBSA. Gestor Externo LITO. Empresa Suiza

A continuación se describen las pruebas químicas más frecuentes para determinar PCBs en equipos eléctricos. (Tabla 5).

**Tabla 5. Pruebas químicas para determinar PCBs en equipos eléctricos.**

Tipo de prueba	Características
Análisis Físico-Electro-Químico	Se realiza para verificar la condición del aceite y programar las medidas preventivas (reacondicionamiento o correctivas (cambio, se realiza el análisis de las características físicas, eléctricas y químicas del aceite. <a href="http://www.servelec.mx/analisis-fisico-electro-quimico.html">http://www.servelec.mx/analisis-fisico-electro-quimico.html</a>
Kits de pruebas CHLOR-N-OIL o Prueba Calorimétrica	La prueba se realiza conforme al Método EPA 9079, UTILIZANDO UN Kit colorímetro que detecta concentraciones mayores a 50 ppm de PCBs, es decir, si el resultado es una sustancia color púrpura, se puede estar seguro que la muestra analizada contiene menos de 50 ppm de PCBs, (se toman 5 ml de muestra de aceite). <a href="https://www.youtube.com/watch?v=7-yD8tVAevE">https://www.youtube.com/watch?v=7-yD8tVAevE</a>
Reacondicionado de aceite aislante mineral de transformadores	Se realiza utilizando el método de microfiltración conforme a la Norma NMX-J-308, inherente al manejo, control y tratamiento de aceite aislante para transformadores y a la NOM-133-ECOL relacionada con residuos peligrosos. <a href="http://www.servelec.mx/filtrado-de-aceite-aislante.html">http://www.servelec.mx/filtrado-de-aceite-aislante.html</a>
Muestreo y análisis para detección de Bifenilos Policlorados	Dar cumplimiento con la Norma NOM-133-ECOL-2000, la cual indica en su inciso 8.2 que: "Los poseedores de fluidos eléctricos almacenados, en operación y fuera de servicio que no cuenten con letreros, marcas, placas de identificación o no se tengan las pruebas documentales correspondientes, deberán demostrar que no contienen PCBs. <a href="http://www.servelec.mx/analisis-para-deteccion-de-bifenilos-policlorados.html">http://www.servelec.mx/analisis-para-deteccion-de-bifenilos-policlorados.html</a>
Muestreo y análisis de gases disueltos en el aceite – Cromatografía de gases	Se realiza utilizando un Cromatógrafo de Gases y tomando en consideración el Método de Prueba ASTM-D-3612; en cuanto a la evaluación de resultados se realizan conforme a la Norma NMX-J-308 (Gráfica Doernenburg, Método Rogers, Triángulo Duval y/o CSUS <a href="http://www.servelec.mx/analisis-de-gases-disueltos-en-el-aceite.html">http://www.servelec.mx/analisis-de-gases-disueltos-en-el-aceite.html</a>

**Fuente:** Servelec. Asistencia Técnica Prado. ISO 9001-2008. <http://www.servelec.mx/prueba-colorimetrica-para-deteccion-de-bpcs.html>

Los equipos que contengan 50 ppm o más deberán ser retirados o desinstalados por un grupo de funcionarios capacitados en este manejo y ser transportados a las bodegas de la zona o a la bodega central.

### **4.3 Transporte de equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)**

El propósito de transportar estos residuos peligros desde los sitios donde se encuentran instalados o localizados a las bodegas de las zonas o bodega central de la empresa y hacerlo de una forma apropiada o adecuada es impedir que escapen hacia el medio ambiente en caso de que ocurra un accidente y proteger a los trabajadores y al público al contacto con ellos. Los desechos de PCB deben ser contenidos de manera segura, de tal forma que exista poca probabilidad de que se produzcan filtraciones, derrames, descargas o cualquier otra situación peligrosa durante el transporte en condiciones normales.

Los contenedores de desechos o equipos PCB deben ir debidamente soportados, bloqueados, sujetos o atados al vehículo, con el fin de prevenir que se desplacen durante el transporte (figura 6).

**Figura 6. Transporte de equipos eléctricos a bodegas**



Fuente: Transformador eléctrico transportado por Agente Externo. LITO

Se transportan a la bodega de la zona destinada para éste fin deberá quedar un registro de la entrada de estos equipos. (Figura 7).

**Figura 7. Transporte de equipos eléctricos a bodegas 2**



Fuente: Transformador eléctrico transportado por Agente Externo. LITO

Se debe tener en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 3972 de ICONTEC de obligatorio cumplimiento sobre “Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 9, Sustancias Peligrosas Varias y Decreto 1609 de 2002 o las normas que lo modifiquen. Esta norma reglamenta todo lo referente al transporte de Residuos Peligrosos (RESPEL). (Figura 8)

**Figura 8. Transporte de equipos contaminados a bodegas**



**Fuente:** Agente externo LITO. Suiza. Llegada del RESPEL a la Bodega de EBSA.

#### **4.3.1 Descripción de las actividades a seguir para los RESPEL.**

**Transporte desde el sitio de generación al de almacenamiento temporal en las bodegas de RESPEL.**

Transportar el RESPEL o equipo contaminado con PCBs desde el sitio de generación al de almacenamiento temporal de la zona (Se debe dar cumplimiento a observar la Norma Técnica Colombiana NTC 3972 de ICONTEC de obligatorio cumplimiento sobre “Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 9, Sustancias Peligrosas Varias y Decreto 1609 de 2002 o las normas que lo modifiquen).

En la bodega temporal de la zona el RESPEL no debe permanecer más de 15 días atendiendo todo lo establecido para su manejo.

### **Transporte a la bodega central de la empresa.**

Una vez transcurrido el tiempo establecido de los 15 días o menos se deberá transportar el equipo a la bodega central de la empresa seleccionada.

Se debe observar la Norma Técnica Colombiana NTC 3972 de ICONTEC de obligatorio cumplimiento sobre “Transporte de Mercancías Peligrosas Clase 9, Sustancias Peligrosas Varias y Decreto 1609 de 2002 o las normas.

Los vehículos deben estar en excelentes condiciones de funcionamiento y ser sometidos frecuentemente a inspección durante los envíos de PCBs.

Estos equipos no se pueden dejar solos a no ser que estén parqueados en una zona de parqueo segura.

Los requisitos para el transporte marítimo o aéreo están amparados por acuerdos internacionales tales como el Código Marítimo Internacional de Materiales Peligrosos (International Maritime Dangerous Goods - IMDG) o el de la Organización Internacional de Aviación Civil (International Civil Aviation Organization –ICAO).

#### **4.4 Almacenamiento equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)**

**Almacenamiento Temporal en las bodegas de la empresa.** El principal objetivo del almacenamiento de los PCBs, es prevenir que éstos se escapen al ambiente y prevenir su contacto con las personas, hasta el momento en que puedan ser debidamente tratados y destruidos.

Las bodegas de almacenamiento temporal de los RESPEL se encuentran debidamente dotadas y adecuadas para tal fin. El tiempo de almacenamiento total no podrá ser mayor a 12 meses. (Figura 9)

**Figura 9. Almacenamiento temporal den bodegas**



Fuente: Bodega Zona Puerto Boyacá. EBSA

Las principales características de unas instalaciones o bodegas adecuadas de PCBs incluyen lo siguiente:

Situadas por lo menos a 100 metros de puntos sensibles tales como cuerpos de agua, alimentos y áreas de preparación de los mismos, escuelas, hospitales, etc.

Situados lejos de áreas de tráfico congestionado, zonas peatonales y llanuras de inundación.

Construidas sobre un piso impermeable, con techo y rodeadas de contención secundaria, con capacidad de contener al menos el 125% de los líquidos almacenados.

Se deben colocar avisos de prevención acerca de los PCBs en la reja y en la puerta.

Colocar y asegurar los contenedores y equipos de PCB en estibas.

Los líquidos contaminados con PCBs se deben almacenar en tambores de acero con doble empaquetadura, lo mismo con las piezas pequeñas de equipos.

Los equipos eléctricos contaminados con PCBs se deben colocar en bandejas de derrame si las instalaciones no cuentan con contención secundaria. (Figura 10)

**Figura 10. Características de la bodega de residuos**



**Fuente:** Bodega Zona Puerto Boyacá. EBSA

Los requisitos de rotulación para los equipos y otros elementos de PCB incluyen lo siguiente: (figura 10)

Etiquetas permanentes (100mm x 100mm) o (250mm x 250mm) que no se puedan desprender con facilidad y que contengan la información adecuada.

**Figura 11. Etiqueta propuesta para marcar los equipos contaminados**

<p><b>PELIGRO</b></p> <p><b>CONTIENE PCBs</b>  <b>(Bifenilos Policlorados)</b>  <b>CONCENTRACION: _____ ppm</b></p> <p><b>Sustancia Tóxica</b></p> <p><b>Sustancia clase 9 (ONU)</b></p> <p><b>REQUIERE MANEJO ESPECIAL</b>  <b>No quemar, perforar ni derramar</b></p> <p><b>En caso de accidente o derrame reportarlo a:</b></p> <p><b>Oficina Ambiental de la Empresa tel.: _____</b>  <b>Ministerio del medio Ambiente Tel: _____</b>  <b>Corporación Autónoma Regional o DAMA de la Jurisdicción Tel: _____</b></p>
--

**Fuente:** Tomada del Proyecto Ceri-Acidi-Colombia. Ministerio del Medio Ambiente

Unas buenas instalaciones de almacenamiento también les permitirán a los propietarios de PCBs a mantener control sobre su inventario de equipo PCB.

Se debe llevar registro de los recibos y despachos de PCBs, de todas las inspecciones al sitio de mantenimiento, las actividades de mantenimiento, los nombres de los visitantes y la capacitación del personal.

El equipo contaminado con PCBs deberá ser ubicado sobre bandejas metálicas para evitar derrames, filtraciones de aceite al piso.

Se deberá cubrir el equipo con una manta plástica color naranja y con la etiqueta que es un RESPEL. (Figura 12).

**Figura 12. Alistamiento equipo contaminado con PCBs.**



**Fuente:** Equipo cubierto con manta plástica. EBSA

Estos equipos contaminados con PCBs deberán estar en un área diferente de los equipos no contaminados.

Deberá quedar un registro de la salida de estos equipos.

#### **4.5 Disposición Final equipos eléctricos contaminados con PCBs (Bifenilos Policlorados)**

Todos los equipos contaminados con PCBs deberán ser alistados por el agente externo contratado por la empresa propietaria de PCBs el cual debe tener vigente su licencia ambiental para el manejo de estos residuos peligrosos, emitida por la Autoridad Ambiental competente. Debe cumplir con la siguiente regulación establecida:

Lo regula la Resolución 0222 del 15 de Diciembre de 2012. ("Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB)").

La Ley 1196 de 2008 (por medio de la cual se aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)).

La Convención de Basilea establece principios para regular el movimiento de desechos peligrosos entre los países participantes:

No se podrán exportar desechos a países donde está prohibida la importación de dicho desecho.

No se podrán exportar desechos a países que no hayan aceptado expresamente por escrito la importancia de ese embarque particular de desechos.

No se podrán exportar desechos a países que no puedan eliminar los desechos de una manera segura desde el punto de vista ambiental.

No se podrán exportar desechos a ningún país que no sea miembro de la Convención de Basilea.

No se podrá exportar desechos a áreas que se encuentren al sur de 60° de latitud.

El país exportador se compromete a aceptar los desechos que, por cualquier razón sean rechazados por el país importador.

Se fijarán medidas de prevención para evitar el riesgo a la exposición a los PCBs tales como: No permitir la manipulación de equipos eléctricos obsoletos. Denunciar a la autoridad competente empresa/policía/ambiental, el vertido ilegal de fluidos desconocidos en cursos de agua o suelos. Registrar la salida de los equipos. Solicitar a los gestores las actas de aprovechamiento, valorización, tratamiento y/o disposición final de los residuos entregados, proceder a su archivo (Figura 13).

**Figura 13. Alistamiento del equipo para dar disposición final**

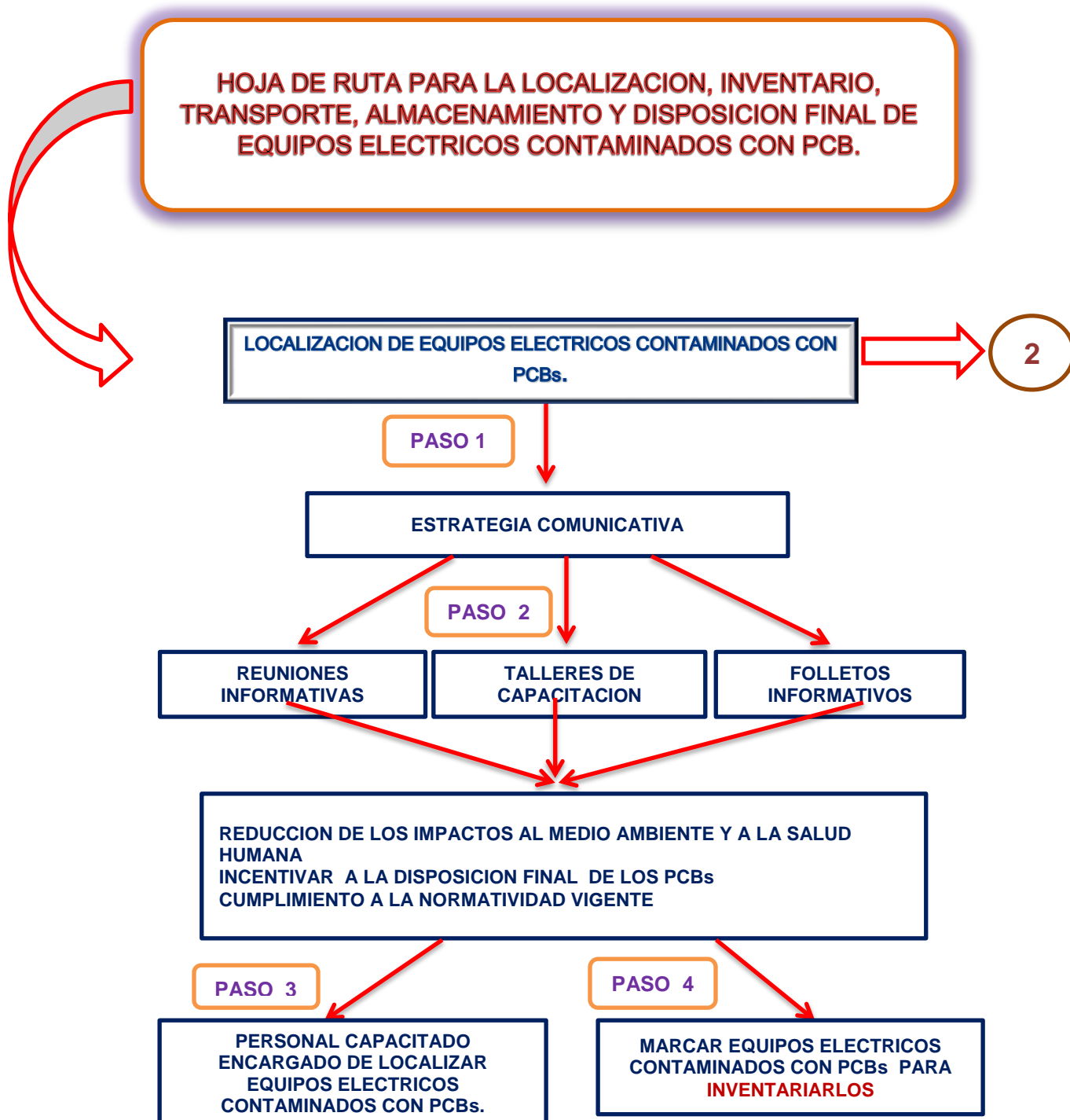


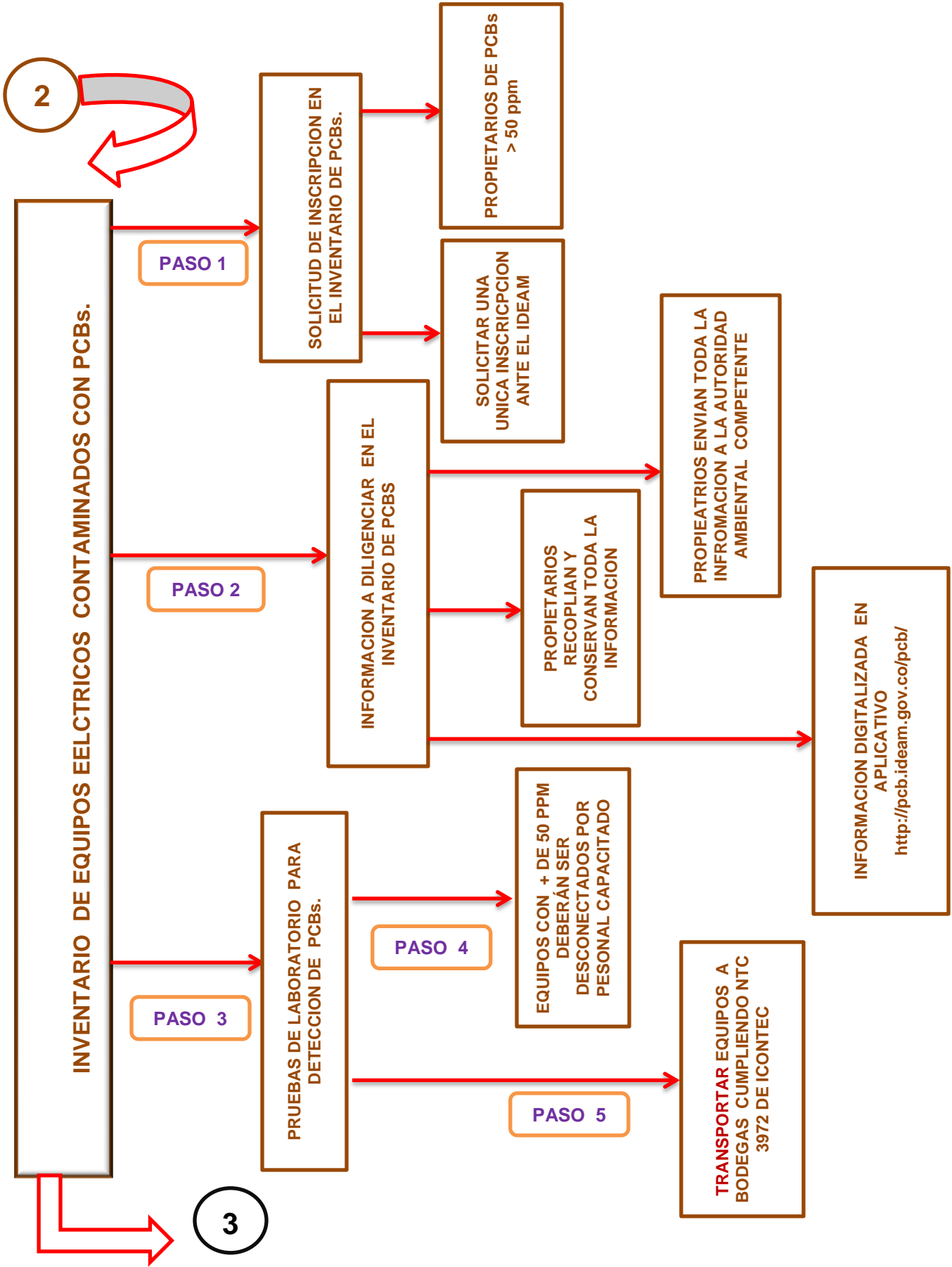
Fuente: Gestor externo LITO. EBSA

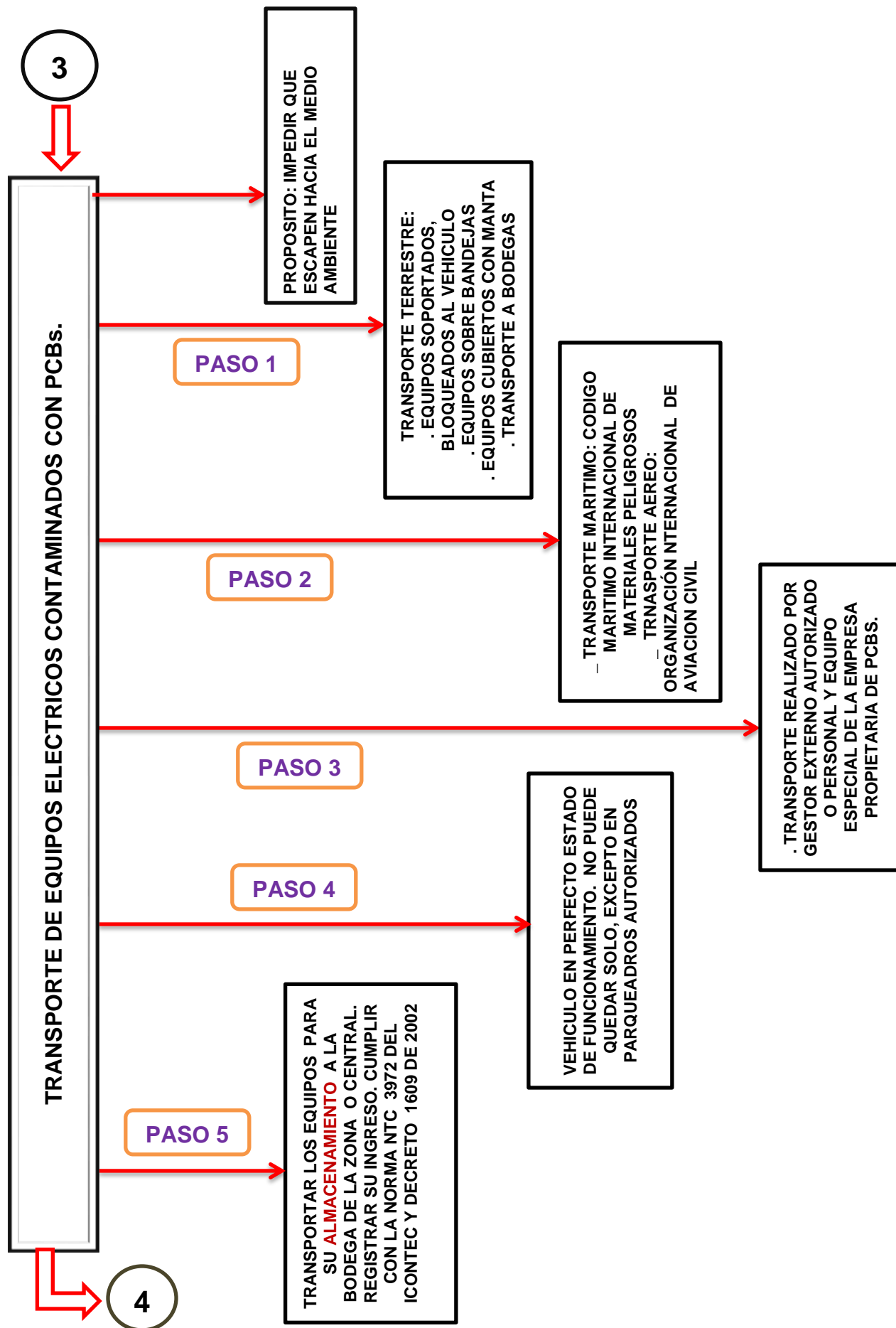
Cualquier compañía o persona que transporte PCBs debe tener licencia expedida por la autoridad ambiental competente. Realizar los registros de RESPEL

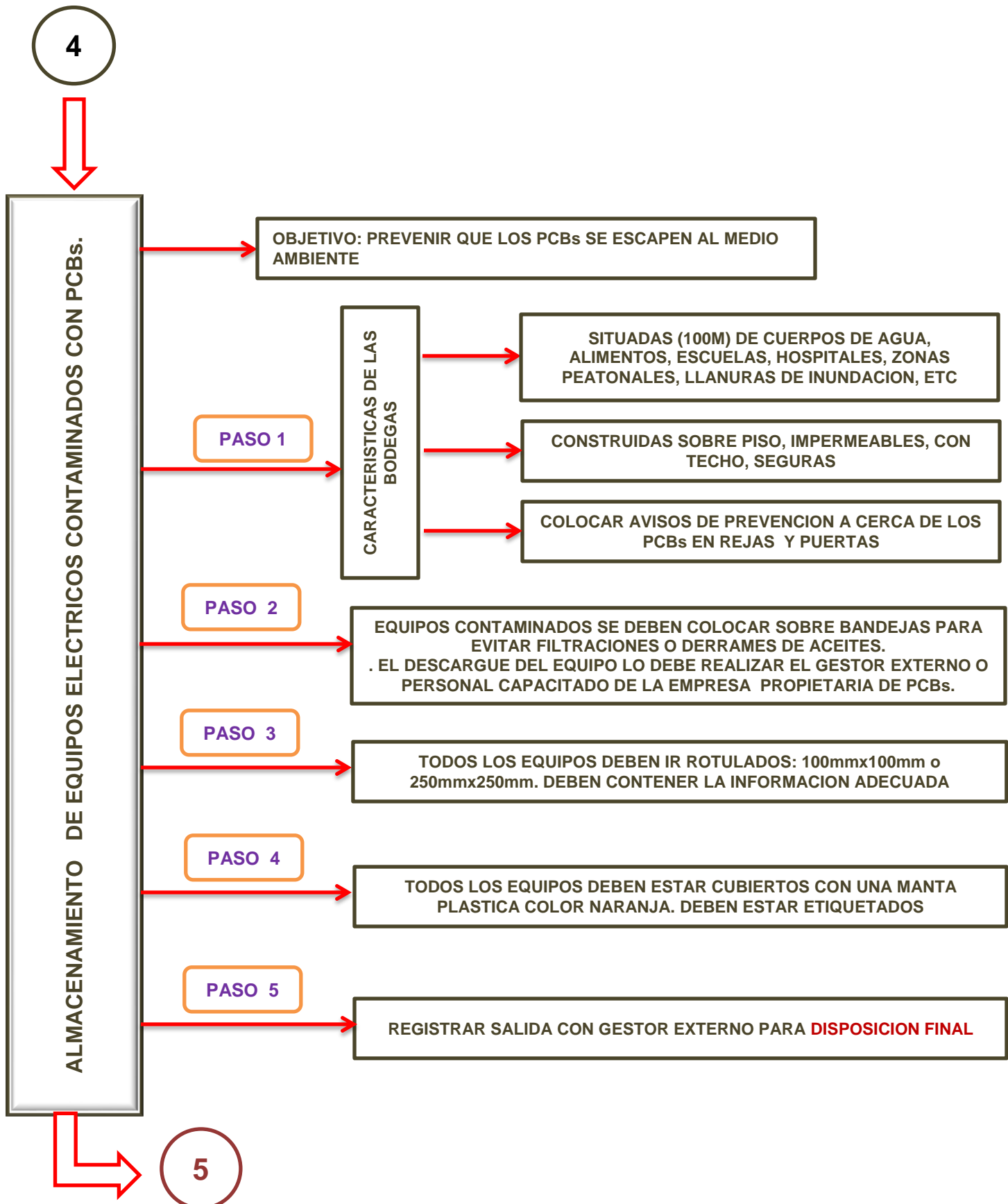
ante las Corporaciones Autónomas Regionales (CORPOBOYACA) (Resolución 1687/2013).

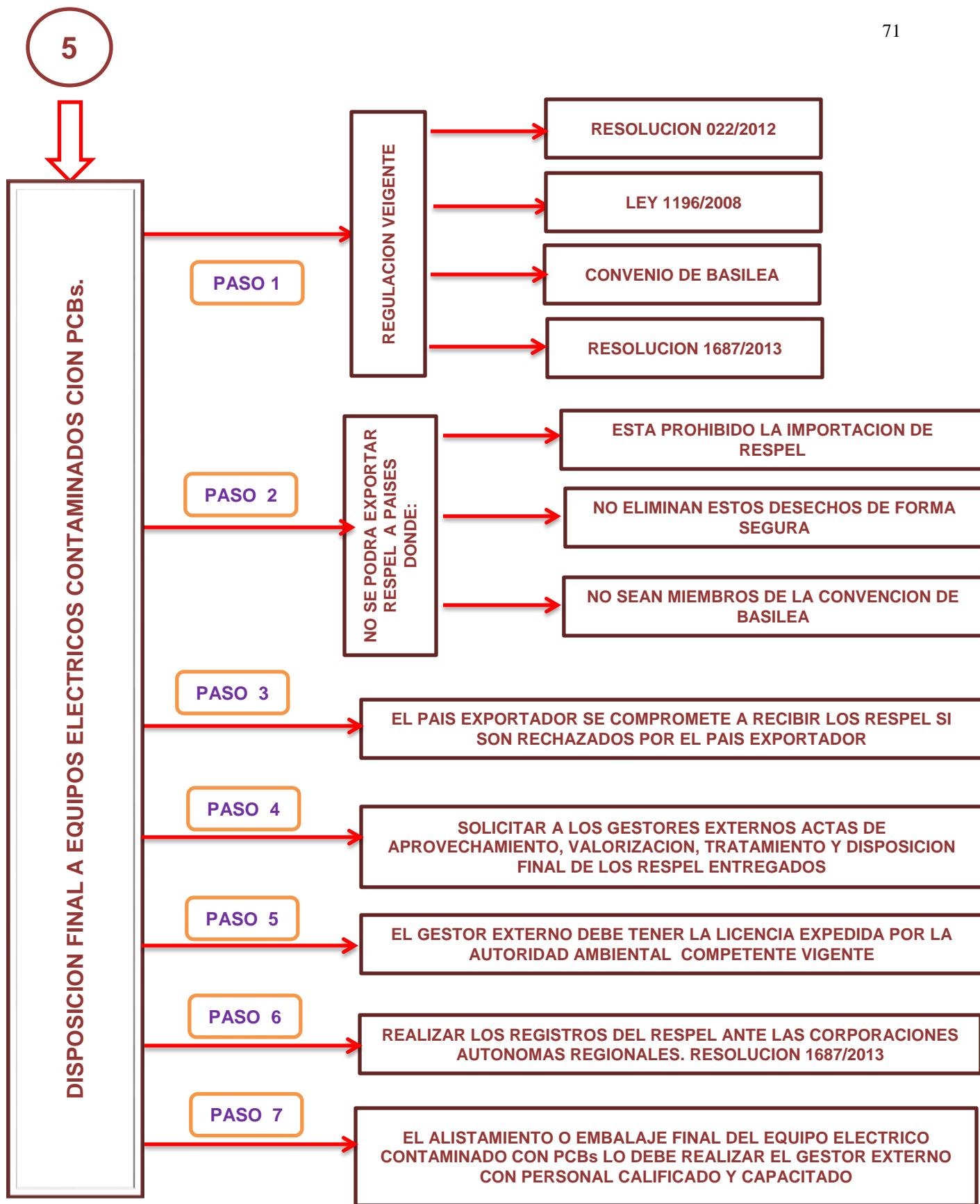
Figura 14. Diagrama de flujo de la hoja de ruta resultado de la investigación











Fuente: Resultado del proyecto de investigación. Autor

## 5. DISCUSIÓN

Con éste trabajo de investigación y la fijación de un procedimiento u hoja de ruta sobre la localización, inventario, transporte almacenamiento y disposición final de los equipos eléctricos como transformadores, condensadores e interruptores que puedan estar contaminados con PCBs en empresas del sector eléctrico o propietarios de PCBs se da un gran paso para la disposición final continuada de estos equipos.

La hoja de ruta muestra de una forma sencilla y práctica cada uno de los requerimientos básicos que se deben seguir en cada uno de las etapas del proceso contemplando y respetando la legislación vigente que existe sobre el tema.

Mediante éste procedimiento planteado los propietarios de PCBs encontrarán herramientas suficientes para empezar a controlar y dar disposición final a los equipos eléctricos que se encuentren contaminados con PCBs y garantizar su disposición final segura previniendo en cada una de las etapas daño a las personas y al medio ambiente.

En la hoja de ruta planteada se establece la secuencia de pasos para alcanzar el objetivo propuesto. Se especifican tiempo y recursos necesarios para lograrlo. Los objetivos trazados se vuelven más tangibles y alcanzables.

El trabajo de investigación sobre la existencia de PCBs en equipos eléctricos en las empresas del sector eléctrico y otras despierta sin ninguna duda la conciencia de querer combatir de una forma decidida su disposición final continuada y evitar que estos componentes químicos letales para la salud humana y deterioro del medio ambiente sigan en nuestro entorno y no se haga nada al respecto.

El principal objetivo de la Hoja de Ruta es brindar un marco de referencia común para todos los propietarios de PCBs. Este marco de referencia semejante es vital para poder vigilar el avance hacia las normas de seguridad operacional, evitando tanto la duplicidad de esfuerzos como las estrategias descoordinadas. Se trata de un plan de acción para un futuro proactivo de la seguridad operacional en el propósito de dar una disposición final segura de los equipos eléctricos donde su fuente aislante es el aceite con contenido de PCBs.

Conocidos los riesgos potenciales en la salud y deterioro del medio ambiente por la contaminación de equipos eléctricos con PCBs, toda persona que manipule estos equipos deberá hacerlo de una de una forma responsable y tal como se plantea en la hoja de ruta de éste trabajo de investigación.

Lograr buenos resultados en cada una de las etapas planteadas en la hoja de ruta para la localización, inventario, transporte, almacenamiento y disposición final de equipos eléctricos como transformadores, condensadores e interruptores sugiere que los dueños de PCBs procesen la información dada en el trabajo de investigación y cumplan cada uno de los requerimientos planteados. Se deberá realizar con mucha responsabilidad y cumpliendo lo establecido en la regulación y legislación vigente.

## 6. SOCIALIZACIÓN

Se debe establecer una “Estrategia Comunicativa”, cuyo propósito es la divulgación del proyecto y la sensibilización a todos los interesados para lograr una mejor respuesta de su parte. Como actividades relevantes de esta estrategia, se mencionan:

La reducción de los impactos al medio ambiente y a la salud humana.

Incentivar a la disposición final segura de los PCBs.

El cumplimiento de la Normatividad Vigente Colombiana sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Personal capacitado de cada una de las empresas del sector eléctrico o dueños de PCBs serán los encargados de localizar los equipos eléctricos sospechosos de estar contaminados con PCBs (estado del equipo analizado).

El equipo eléctrico contaminado con PCBs donde se encuentre instalado deberá ser marcado para su posterior inventario.

## 7. CONCLUSIONES

En el proceso de localización de los equipos eléctricos tales como transformadores, condensadores e interruptores contaminados con PCBs, se involucran a todo el personal de la empresa o persona natural o jurídica, propietaria de PCBs que a través de capacitaciones, talleres y folletos informativos se interesen y se concienticen plenamente de la importancia y gravedad que representa para la salud del ser humano y medio ambiente en general el tener en sus instalaciones equipos eléctricos contaminados con PCBs.

Al realizar el inventario de los equipos eléctricos tales como transformadores, condensadores e interruptores contaminados con PCBs encontrados en las instalaciones de cada una de las empresas a las que se le vaya a realizar el estudio se garantiza su identificación física y geográfica y se demuestra a través de los análisis de laboratorio descritos que realmente son equipos contaminados con PCBs. Esta información es valiosa para ingresar estos registros al aplicativo del IDEAM y lograr así las metas trazadas en los Convenios Internacionales de poder erradicar este flagelo contaminante del territorio colombiano.

Asumiendo con mucha responsabilidad lo regulado en cuanto al transporte de equipos eléctricos tales como transformadores, condensadores e interruptores contaminados con PCBs se puede garantizar que controlamos nichos de contaminación diferentes al sitio geográfico donde se encontró el equipo. Si seguimos lo planteado en la hoja de ruta de este trabajo de investigación se ofrecerá

a cada propietario de PCBs la seguridad que estos RESPEL se transportaran de un lugar a otro de forma segura y controlada.

A través de un buen almacenamiento para los equipos eléctricos tales transformadores, condensadores e interruptores contaminados con PCBs se garantiza que no va a existir otros focos de contaminación por lixiviados o derrames involuntarios de estos fluidos tales como cuerpos de agua, suelos y otros sistemas que se pueden ver afectados. En la medida que se siga lo plasmado en la hoja de ruta garantizamos el mejor manejo de las bodegas o centros de almacenamiento de estos residuos peligrosos.

Mediante la disposición final de equipos eléctricos tales como transformadores, condensadores e interruptores contaminados con PCBs estamos retirando de nuestros inventarios equipos contaminados con PCBs que venían haciendo daño a la salud de las personas y al medio ambiente en general. Estos equipos deberán ser manipulados en todo momento hasta su destrucción por personal idóneo, capacitado y conocedor de la normatividad vigente. Cada equipo que se lleve a una disposición final segura será un equipo menos para poder cumplir con lo establecido en nuestra regulación y en la regulación internacional de poder erradicar para el año 2028 los PCBs en equipos eléctricos.

## 8. RECOMENDACIONES

Unas buenas instalaciones de almacenamiento también les permitirán a los propietarios de PCBs a mantener control sobre su inventario de equipo PCB.

Una instalación de almacenamiento bien organizada ayuda a los propietarios de PCBs a hacer el seguimiento de sus desechos de PCBs y a manejarlos de manera apropiada

Utilizar el equipamiento adecuado para la manipulación de éstos equipos evitará riesgos de contaminación a las personas que manipulan estos equipos.

Mantener las condiciones de higiene, ducharse y cambiar la ropa al término de la jornada laboral de los funcionarios que manipulen estos equipos.

No llevar al domicilio ropa o equipos sospechosos de estar contaminados.

Se establecieron fechas tentativas en los Convenios Internacionales para la erradicación por contaminación de PCBs en equipos eléctricos en el planeta y se dejaron fechas para el año 2028. Para esto se deberá a comenzar a realizar esfuerzos decididos para localizar, inventariar, transportar, almacenar y dar una disposición final segura a los equipos contaminados con PCBs.

Etiquetar y retirar de uso los equipos con PCB siguiendo lo establecido en la hoja de ruta de este trabajo de investigación para la reducción a la exposición y el riesgo de contaminación para el ser humano y medio ambiente; es decir, controlar el uso de PCB.

Finalmente el seguir el procedimiento establecido en la hoja de ruta ayudará enormemente a los propietarios de PCBs dar una disposición final segura y

garantizar que para el año 2028 o antes sus empresas estarán libres de equipos eléctricos contaminados con PCBs.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso G, Mariana (2014). Contaminación por PCB. Límites máximos Permisibles. Consenso Científico sobre PCBs (2003). Green Facts. Hechos sobre la Salud y el Medio Ambiente.
- Martínez, Tejeiro (Enero 2004). Conociendo los Bifenilos Policlorados PCB, PCBs, o BPCs. Foro Ecologista de Paraná- Uruguay.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Transformadores y condensadores con PCB: desde la Gestión hasta la Reclasificación y Eliminación. Primera Edición. (Mayo 20012).
- Sabell Astaburuaga, Paulina (Julio 2004). Manual de Chile sobre el Manejo de Bifenilos Policlorados (PCB).
- Suarez, MARIA LEYDY, López Arias, ANDREA, Rodríguez Castañeda JOSE ALVARO (Mayo 2007). Inventario Preliminar de Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) existente en Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Dirección Desarrollo Sectorial Sostenible.
- White, DOUGLAS and Associates (1999). Proyecto CERI-ACDI- COLOMBIA en Cooperación con el Ministerio del Medio Ambiente. Manual de Manejo de PCBs para Colombia.