



Inventario preliminar de **Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB)** existentes en Colombia



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

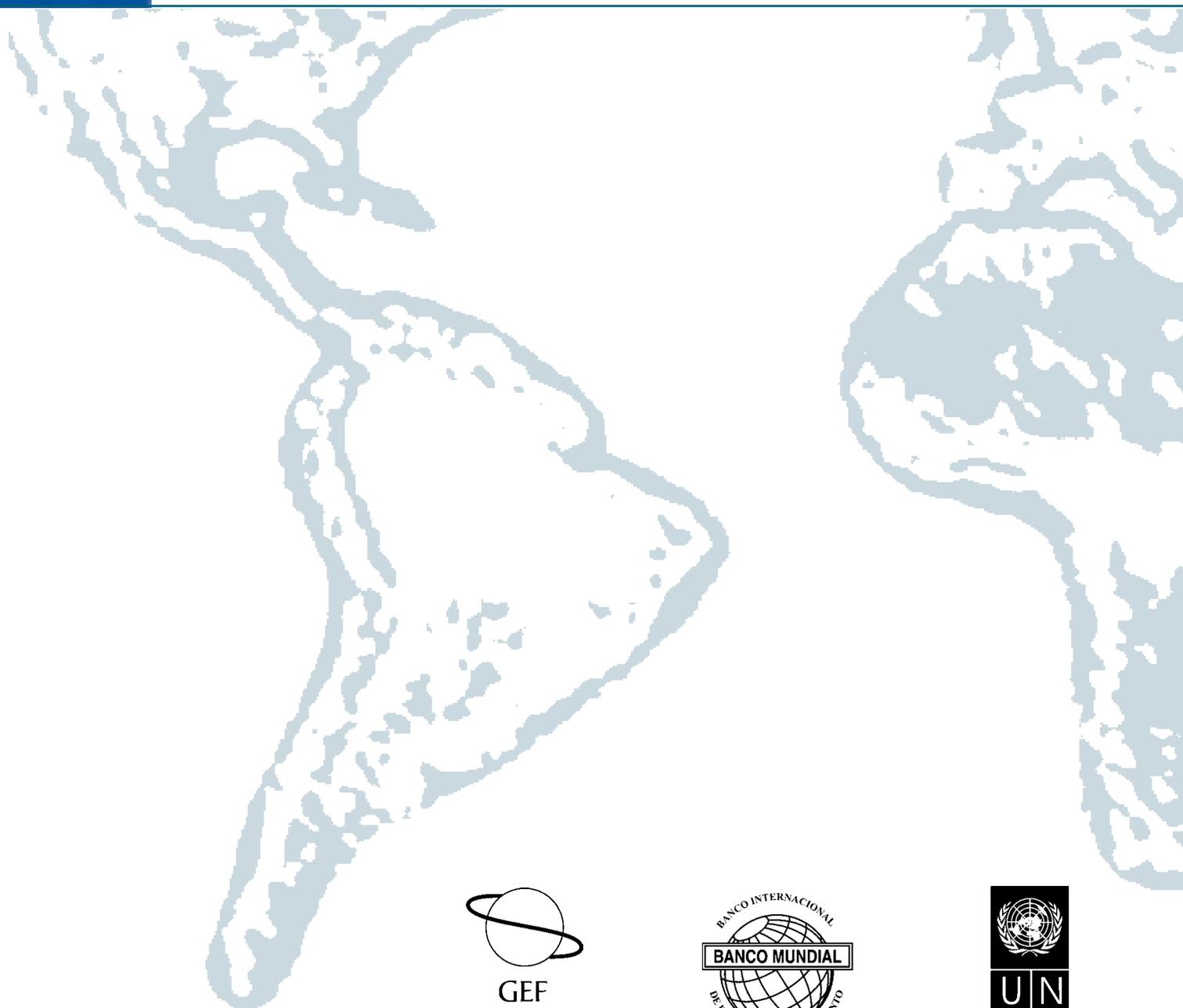


GEF
Global
Environment
Facility





Inventario preliminar de **Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB)** existentes en Colombia





Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

Álvaro Uribe Vélez
PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

Juan Lozano Ramírez
MINISTRO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL

Claudia Patricia Mora Pineda
VICEMINISTRA DE AMBIENTE

Luis Felipe Henao Cardona
SECRETARIO GENERAL

César Augusto Buitrago Gómez
DIRECTOR DE DESARROLLO SECTORIAL
SOSTENIBLE

ISBN 978-958-97978-4-6

Agencias Implementadoras

Banco Mundial
Horacio Terraza
Catalina Marulanda

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD –

Luis Olmedo Martínez

Equipo Técnico Coordinador

**DIRECCIÓN DE DESARROLLO SECTORIAL
SOSTENIBLE**

Leydy María Suárez
Andrea López Arias
José Álvaro Rodríguez Castañeda

Asistente Técnico - Administrativo

Orlando Quintero Montoya

Equipo Técnico Consultor

Unión Temporal
OCADE–LITO–SANIPLAN

Corrección de estilo

Susana Ortíz

Diseño e Impresión

Sanmartín Obregón & Cía
Impreso en Colombia
Mayo de 2007

Contenido

Prefacio	9
Resumen Ejecutivo	11
Introducción	15
1. Información técnica sobre los PCB	17
1.1 PCB en transformadores y en condensadores eléctricos	19
Distribución de materiales en un transformador	20
PCB en transformadores de aceite mineral	20
Condensadores que contienen PCB	21
2. Metodología para la realización del inventario	22
2.1 Planeación y diseño de una estrategia comunicativa	22
2.2 Recolección de información secundaria	23
2.3 Selección de una muestra estadística para la recolección de información directa	23
2.4 Recolección de información directa	24
2.5 Realización de visitas de campo	24
2.6 Cuantificación de existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones – inventario directo	25
2.7 Realización de muestreos de PCB para validación de información	25
2.8 Consecución del inventario estimado de PCB con base en proyecciones estadísticas	26
2.9 Cuantificación del inventario consolidado de PCB existentes en Colombia	27
3. Información sobre importaciones y exportaciones de PCB en Colombia	28
3.1 Desechos de aceites y equipos eléctricos que contienen PCB	28
3.2 Aceites y equipos eléctricos sospechosos de tener PCB	29
4. Establecimiento de la línea base	32
4.1 Sector eléctrico	32
4.2 Sector manufacturero	34
4.3 Sector transporte	37
4.4 Sector hidrocarburos.	38
4.5 Sector minería	39
4.6 Sector militar	40
4.7 Sector de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos	41
5. Información recopilada a través de las autoridades ambientales	42
6. Diseño de la muestra estadística	43
6.1 Universo	43
6.2 Unidad de muestreo	44
6.3 Tipo de muestreo aplicado	44
Muestreo Aleatorio Estratificado y por Conglomerados para calcular el tamaño de muestra en el sector eléctrico	44
Muestreo Aleatorio Simple para calcular el tamaño de muestra en los demás sectores	46

7. Información recopilada directamente	48
7.1 Talleres de sensibilización.	48
7.2 Encuesta a instalaciones de la muestra representativa	48
7.3 Visitas de campo	50
8. Cuantificación de existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones – Inventario Directo de PCB	51
9. Resultados de muestreos de PCB en campo	55
10. Inventario estimado de existencias de PCB a partir de proyecciones estadísticas	60
10.1 Índice de probabilidad de contaminación en transformadores de aceite mineral contaminado	60
10.2 Estimación del número esperado de transformadores contaminados con PCB por sectores	64
Sector transporte	65
Sector minería	65
Sector hidrocarburos.	66
Sector militar	66
Sector manufacturero	66
Sector eléctrico	67
10.3 Estimación del número de equipos y peso de transformadores contaminados con PCB (en uso y en desuso) a partir de extrapolación por sectores del número total de transformadores existentes en el país.	68
10.4 Estimación del inventario de equipos de transformador con PCB puro, en uso y desuso.	71
11. Cuantificación del inventario nacional de PCB	72
12. Conclusiones	73
13. Lineamientos preliminares del Plan de Gestión	75
13.1 Reducción de los impactos sobre la salud humana y el ambiente a través del manejo ambientalmente adecuado de las existencias de PCB	75
13.2 Promoción de la eliminación de los PCB	78
13.3 Garantizar el cumplimiento de los compromisos del Convenio de Estocolmo	79
14. Recomendaciones para inventarios posteriores de PCB	81
Anexo 1. Relación de nombres comerciales y sinónimos de los PCB	82
Anexo 2. Formato de encuesta para recopilación de información directa	83
Anexo 3. Cuestionario para Inventario de PCB	85
Anexo4. Formato de encuesta a autoridades ambientales	88
Referencias	91
Sitios de internet consultados:	91

Tablas

Tabla 1	Inventario preliminar consolidado de existencias de PCB en Colombia	12
Tabla 2	Descripción y ejemplos de los usos de los PCB.	18
Tabla 3	Cantidades de dieléctrico en transformadores	19
Tabla 4	Estrategia comunicativa	22
Tabla 5	Partida arancelaria relacionada con los PCB	28
Tabla 6	Registro de importación de desechos de PCB	28
Tabla 7	Cantidad exportada de desechos de PCB	29
Tabla 8	Importaciones y exportaciones de aceites y equipos eléctricos susceptibles de poseer PCB.	30
Tabla 9	Empresas del SIN y número de transformadores eléctricos reportados	33
Tabla 10	Capacidad neta instalada de empresas generadoras de energía eléctrica.	34
Tabla 11	Relación de instalaciones manufactureras grandes consumidoras de energía	36
Tabla 12	Ingenios asociados en ASOCAÑA	36
Tabla 13	Instalaciones consideradas en el sector transporte.	37
Tabla 14	Instalaciones del sector hidrocarburos, objeto de estudio.	39
Tabla 15	Empresas que realizan actividades de extracción de minerales.	40
Tabla 16	Instalaciones militares consideradas como grandes consumidoras de energía.	41
Tabla 17	Resultados del muestreo en el sector eléctrico.	46
Tabla 18	Resultados del MAS en otros sectores de estudio	47
Tabla 19	Muestra representativa de instalaciones posiblemente poseedoras de PCB	47
Tabla 20	Inventario Directo de existencias de PCB en Colombia	51
Tabla 21	Inventario Directo de cantidades de PCB en uso o desuso	53
Tabla 22	Inventario Directo de aceite de PCB y su concentración.	53
Tabla 23	Resultados del muestreo de PCB en campo	56
Tabla 24	Resultados positivos en transformadores muestreados	57
Tabla 25	Resultados positivos en % obtenidos por tipo de Marca del transformador.	58
Tabla 26	Índices de contaminación entre marcas para los distintos rangos de potencia	63
Tabla 27	Índices de contaminación por rangos de potencia y por fabricación nacional o extranjera	64
Tabla 28	Índices de contaminación por rangos de potencia y por año de fabricación	64
Tabla 29	Estimación de cantidades de transformadores contaminados en el sector transporte.	65
Tabla 30	Estimación de cantidades de transformadores contaminados en el sector minero, clasificado por potencia	66
Tabla 31	Cantidades de transformadores reportados por el sector hidrocarburos y estimaciones del número de equipos contaminados	66
Tabla 32	Cantidades de transformadores reportados por el sector militar y estimación de los equipos contaminados.	66
Tabla 33	Cantidades de transformadores reportados por el sector manufacturero y estimaciones de los equipos contaminados	67

Tabla 34	Estimaciones de cantidades de equipos contaminados con PCB para los estratos del sector eléctrico	67
Tabla 35	Estimaciones de cantidades de equipos contaminados con PCB para el total del sector eléctrico	68
Tabla 36	Proyecciones de cantidades de transformadores existentes a nivel nacional	69
Tabla 37	Resumen de las estimaciones de existencias de PCB en los transformadores de todos los sectores, equipos en uso y en desuso	70
Tabla 38	Estimación a nivel nacional de la cantidad de transformadores con PCB puro, tanto en uso como en desuso	71
Tabla 39	Inventario Preliminar de PCB existentes en Colombia	72
Tabla 40	Lineamientos preliminares de gestión para reducir los impactos sobre la salud humana y el ambiente	77
Tabla 41	Lineamientos preliminares de gestión para promover la eliminación de PCB.	79
Tabla 42	Lineamientos preliminares de gestión para garantizar el cumplimiento de los compromisos del Convenio de Estocolmo	80

Figuras

Figura 1	Estructura química de los PCB	17
Figura 2	Fecha máxima de fabricación de PCB en el mundo	18
Figura 3	Transformador contaminado con Ascarel	21
Figura 4	Variables consideradas para la conformación del Inventario estimado de PCB	26
Figura 5	Demanda de energía eléctrica por sector económico	35
Figura 6	Universo para el desarrollo del estudio	43
Figura 7	Almacenamiento de transformadores en desuso	50
Figura 8	Existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones encuestadas	52
Figura 9	Inventario directo de existencias de PCB de acuerdo con las diferentes regiones del país	52
Figura 10	Comparación de toneladas de PCB reportadas directamente en países de América Latina	54
Figura 11	Toma de muestras de PCB	55
Figura 12	Distribución de transformadores muestreados de acuerdo con su potencia	58
Figura 13	Proporción de transformadores contaminados por marca	61
Figura 14	Proporción de transformadores contaminados con PCB según su origen (en la totalidad de transformadores analizados)	61
Figura 15	Proporción de transformadores contaminados con PCB según el año de fabricación (en la totalidad de transformadores analizados).	61
Figura 16	Proporción de transformadores contaminados con PCB según la potencia.	62

Siglas, abreviaturas y acrónimos

AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
ANDI	Asociación Nacional de Empresarios de Colombia
CAR	Corporación Autónoma Regional
CARDIQUE	Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique
Confecámaras	Confederación Colombiana de Cámaras de Comercio
COP	Contaminantes Orgánicos Persistentes
CORNARE	Corporación Autónoma Regional de Rionegro - Nare
CRC	Corporación Autónoma Regional del Cauca
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
DAMA	Departamento Administrativo del Medio Ambiente
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DIAN	Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
OCENSA	Oleoducto Central S.A.
PBB	Compuestos Bifenilos Polibromados
PCB	Compuestos Bifenilos Policlorados
PCT	Compuestos Terfelinos Policlorados
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Respel	Residuos Peligrosos
SIN	Sistema Interconectado Nacional
SUI	Sistema Único de Información de la Super Intendencia de Servicios Públicos
UPME	Unidad de Planeación Minero Energética

Unidades de Medida

Has	Hectáreas
Kg	Kilogramos
kV	Kilo Voltios
kVA	Kilo Voltio Amperio
kW/h	Kilo Wattio hora
L	Litros
MVA	Mega Voltio Amperio
MW	Mega Wattio
ppm	Partes por millón

Prefacio

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 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.

El presente documento recoge los resultados obtenidos durante la ejecución del primer Inventario Nacional Preliminar de Existencias de Bifenilos Policlorados (PCB) realizado como parte del proyecto de asistencia técnica denominado "Actividades Habilitadoras sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en Colombia".

Este inventario fue realizado por la Unión Temporal Colombo-Brasileña OCADE-LITO-SANIPLAN bajo la supervisión técnica de Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, durante un periodo aproximado de diez meses. Se siguieron las directrices internacionales desarrolladas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y se consultaron las experiencias de otros países de la región en el desarrollo de este tipo de inventarios.

El objetivo de este inventario fue realizar un estudio de carácter exploratorio para obtener un primer diagnóstico sobre las existencias de Bifenilos Policlorados (PCB) en el país, el cual será utilizado como insumo técnico para la formulación del Plan de Acción Nacional de eliminación de estos desechos, en el marco del Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo.

La metodología de este trabajo incluyó el diseño de una estrategia comunicativa, la recopilación y análisis de información secundaria a través de fuentes escritas e información divulgada en la Internet por instituciones públicas y privadas, además de la recopilación de información primaria a través de visitas, encuestas, formatos de registro y análisis de laboratorio en instalaciones de interés.

Este estudio es el primer diagnóstico de la situación existente y línea base sobre PCB desarrollado en Colombia de manera sistemática. Más allá de la obtención de datos numéricos importantes, se logró obtener información valiosa acerca de la gestión actual de los PCB; como también se recogieron las inquietudes y las necesidades más sentidas de los actores directamente involucrados con este tema.

Además de la relevancia que adquiere la elaboración de este inventario nacional preliminar de existencias de PCB y del grado de incertidumbre de las cifras obtenidas, es necesario destacar la importancia del trabajo realizado para identificar los problemas que se perfilan como de mayor envergadura en el país y sobre los cuales se deberán priorizar acciones en el Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo. La solución a esta problemática deberá ser el resultado conjunto de un trabajo decidido y mancomunado entre todos los actores y sectores involucrados en la gestión y el manejo de este tipo de residuos. Entre otros, se mencionan los generadores y poseedores de existencias de PCB, las autoridades ambientales locales y regionales, las autoridades sanitarias y aduaneras, la academia, la consultoría especializada, los receptores y prestadores de servicios de manejo de residuos peligrosos, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de la Protección Social; el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y los organismo de control del Estado; de tal manera que buscando la prevención y eliminación de los riesgos derivados de los PCB, también se garantice el cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia con la firma del Convenio de Estocolmo.

El equipo ejecutor agradece a todas aquellas personas, entidades y empresas del sector público y privado que de forma oportuna y voluntaria atendieron las solicitudes realizadas, brindando información y permitiendo la visita técnica a sus instalaciones, para el logro de los objetivos del proyecto.

Por último, se expresa un sincero agradecimiento al Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) y al Banco Mundial, entidades que financiaron este proyecto.

EQUIPO TÉCNICO COORDINADOR Y CONSULTOR

Resumen Ejecutivo

El proyecto “Inventario Preliminar de Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) existentes en Colombia” tuvo como objetivos principales: establecer la cuantificación preliminar de los aceites, equipos y residuos contaminados con PCB existentes en el país; identificar las condiciones actuales de gestión de estas existencias y su ubicación geográfica; y plantear los lineamientos generales de gestión.

El alcance del inventario comprendió la investigación a los sectores eléctricos del Sistema Interconectado Nacional (líneas mayores o iguales a 34,5 kV, subestaciones, generadores y distribuidores asociados a estas líneas), a las empresas grandes consumidores de energía (>1MW) de otros sectores y a los fabricantes, comercializadores y reparadores de equipos eléctricos.

El estudio fue desarrollado siguiendo directrices de las Naciones Unidas y las experiencias de estudios similares realizados en otros países en el marco del Convenio de Estocolmo. Sin embargo, la metodología utilizada tuvo en cuenta las condiciones sociales, culturales, tecnológicas y de desarrollo de nuestro país, de tal forma que se asegurara el éxito en el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Cabe destacar el diseño y desarrollo de la Estrategia Comunicativa, cuyo propósito fue la divulgación del proyecto y la sensibilización de las empresas objeto de estudio para lograr una mejor respuesta de su parte. Como actividades relevantes de esta estrategia, se mencionan: la elaboración y la difusión de un folleto divulgativo; la realización de varias reuniones informativas y de sensibilización; y la realización de varios talleres de capacitación en diferentes ciudades del territorio nacional. La aplicación de esta Estrategia Comunicativa fue muy favorable, pues la asistencia a las actividades programadas y la respuesta a los requerimientos de información por parte de las empresas de los diversos sectores, fue total, oportuna y muy positiva.

El proyecto se inició con la recopilación de información secundaria, tanto en fuentes nacionales como internacionales. En el ámbito nacio-

nal, se consultó la información existente en las instituciones gubernamentales, asociaciones y agremiaciones; y se recopiló la información existente sobre PCB a través de las autoridades ambientales regionales y locales. Entre las fuentes nacionales consultadas están el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT); el Ministerio de Minas y Energía; el Ministerio de Defensa Nacional; el Ministerio de Transporte; la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), la Confederación Colombiana de Cámaras de Comercio (Confecámaras), la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), la Superintendencia de Servicios Públicos, el Banco Popular – El Martillo, la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN) y el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE).

Del ámbito internacional, se reunieron y analizaron documentos y guías elaboradas por las Naciones Unidas sobre identificación, manejo y gestión de PCB y también se revisaron los inventarios de PCB realizados en otros países de América Latina.

El análisis de la información secundaria y los términos de referencia del proyecto, permitieron establecer, siete (7) sectores con probabilidad de contener existencias de PCB. Estos sectores son: eléctrico, hidrocarburos, manufactura, minería, militar, transporte y el sector de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos. Para cada uno de estos sectores se analizaron las principales características en cuanto a la demanda y uso de energía eléctrica y se identificó la población existente de empresas o instalaciones. De esta manera se obtuvo el universo y se conformó la línea base para el desarrollo del estudio. Posteriormente, a través de metodología estadística, se determinó el tamaño de la muestra, se identificaron las empresas a encuestar y se procedió a recopilar la información primaria.

La recopilación de información primaria se inició con la entrega del folleto divulgativo y la realización de talleres de sensibilización en seis (6) regiones del país. Se enviaron los formatos de requerimiento de información sobre existencias de PCB a las empresas establecidas como muestra representativa, posteriormente se realizaron las visitas de campo y se establecieron las condiciones de manejo y gestión de

los PCB. Finalmente, como parte del proceso de validación de la información, se ejecutaron 1.523 muestreos de PCB en aceites y en equipos eléctricos, por medio del método semicuantitativo con kit Clor-N-Oil 50.

Los resultados más relevantes del estudio son:

- Registro y consolidación de la información en una base de datos: procesando la información enviada por las empresas, se obtuvo una base de datos consolidada que sirvió para cuantificar las existencias de PCB en Colombia.
- Conformación de un Inventario Directo de PCB, en el cual se reunieron los datos de las existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones encuestadas.
- Identificación de las condiciones actuales de manejo, almacenamiento y gestión de los PCB y reconocimiento de sitios probablemente contaminados, realizando visitas a 34 instalaciones de los diferentes sectores.
- Diseño de un Plan de Muestreo Analítico para validación de la información obtenida en las empresas, teniendo en cuenta los siguientes criterios: localización geográfica, tamaño de la empresa, características de la actividad empresarial, disponibilidad de equipos eléctricos para el muestreo y el acceso autorizado por la empresa al personal del proyecto.
- En total se ejecutaron 1.523 muestreos de PCB en aceites y en equipos eléctricos, dentro de instalaciones de los sectores manufacturera, 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.

- Realización del inventario estimado de PCB a partir de proyecciones estadísticas: para estimar las cantidades de transformadores contaminados con PCB y los portadores de PCB puro en el país, se utilizaron como insumos las bases de datos obtenidas durante el desarrollo del proyecto.
- Cuantificación del inventario preliminar de existencias de PCB – elaboración del inventario consolidado: en esta fase final, se reunieron los datos de las diferentes existencias de PCB encontradas, reportadas y estimadas a lo largo del proyecto.

En la Tabla 1 se presentan los resultados finales del Inventario Preliminar consolidado de existencias de PCB en Colombia. En este cuadro se resumen las cifras obtenidas de existencias de PCB, teniendo en cuenta las diferentes herramientas y metodologías empleadas durante el desarrollo del proyecto.

Es importante mencionar que, además de las cifras de existencias de PCB, también se alcanzaron otros logros en el presente proyecto. Estos valores agregados obtenidos del desarrollo y ejecución del proyecto, son: el conocimiento del estado del arte de la gestión de los PCB en el país, el trabajo de sensibilización y de divulgación realizado con los generadores y las autoridades ambientales locales; y la respuesta

Tabla 1 Inventario preliminar consolidado de existencias de PCB en Colombia

Tipo de metodología utilizada	Fuente de PCB	Cantidad (Ton.)
Estimación	Probable existencia a nivel nacional de PCB puro en transformadores en desuso	683,27
	Probable existencia a nivel nacional de PCB puro en transformadores en uso	547,74
	Probable existencia a nivel nacional de transformadores contaminados con PCB, en uso	de 9.771 a 12.803
	Probable existencia a nivel nacional de transformadores contaminados con PCB, en desuso	de 302 a 396
Recolección directa, reportes y formularios	Existencias de equipos, aceites y residuos contaminados con PCB	926,65
Levantamiento de registros	PCB importado al país en aceites y equipos	20,14
	Condensadores importados al país antes del año 1985, probablemente con PCB	3.863,39

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

favorable y la buena disposición del sector empresarial para el suministro de información.

En cuanto al manejo y gestión de los PCB en Colombia, el inventario permite concluir que:

- Se presenta un almacenamiento inadecuado de equipos eléctricos y aceites que contienen PCB. En la mayoría de los casos, éste se realiza a la intemperie, sin sistemas de contención, sin elementos para la atención de emergencias ni señalización o identificación.
- A pesar de las jornadas de capacitación realizadas por las autoridades ambientales, todavía, existe desconocimiento acerca de la naturaleza de los PCB, su potencial de riesgo y afectación a la salud humana y al ambiente. Son pocas las empresas que tienen conocimiento técnico y manejan adecuadamente las existencias de PCB.
- Con excepción de algunas autoridades ambientales, la mayoría no posee información clara y precisa sobre áreas contaminadas con PCB, localización y condiciones de almacenamiento de PCB. Se percibe falta de conocimiento sobre el tema y ausencia de acciones orientadas al control y seguimiento ambiental de las actividades de manejo y gestión de PCB.

- La actividad de mantenimiento y reparación de equipos eléctricos representa la mayor problemática en cuanto al manejo de los PCB, pues no se realiza un análisis previo para establecer la ausencia de PCB, y las malas prácticas operativas que son comunes -por ejemplo, la reutilización de equipos, mangueras y tanques de almacenamiento- ocasionan la contaminación cruzada de aceites y equipos y la dispersión de los PCB por el ambiente.

Finalmente, el proyecto presenta los Lineamientos Preliminares de Gestión para los PCB en Colombia, los cuales se enfocaron hacia tres (3) puntos prioritarios de nuestra problemática: la reducción de los impactos al medio ambiente y a la salud humana, la promoción de la eliminación adecuada de los PCB y el cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia con la firma del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Introducción

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial suscribió el contrato No. 1652/2005 para la ejecución del proyecto “Inventario Preliminar de Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) existentes en Colombia” con la Unión Temporal OCADE–LITO–SANIPLAN, constituida por las empresas colombianas OCADE Ltda. - Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial- y Compraventas de Segundas LITO Ltda., y la empresa brasileña SANIPLAN Engenharia e Administração de Resíduos Ltda., con el objetivo de:

- Realizar un inventario preliminar de los PCB, identificando los tipos y cantidades de equipos y aceites que contengan PCB.
- Identificar la localización de las principales áreas de mayor concentración de existencias de PCB en el país.
- Elaborar un plan preliminar de gestión, de acuerdo a las existencias encontradas, para orientar las políticas nacionales de gestión de los PCB.

La investigación se enfocó en empresas del sector eléctrico del Sistema Nacional Interconectado que comprenden líneas con tensiones mayores o iguales a 34,5 kV; empresas manufactureras y de servicios, consideradas como grandes consumidoras de energía (>1MW); y empresas que fabrican, comercializan y reparan equipos eléctricos; todas ellas, con existencias de equipos eléctricos con probabilidades de estar contaminados con PCB.

El presente documento presenta las actividades desarrolladas y los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto y se encuentra estructurado en quince (15) capítulos, de la siguiente forma:

- El capítulo 1 presenta la información técnica de los PCB y de las características de los transformadores y de los condensadores.
- En el capítulo 2, se describe la metodología utilizada para la realización del inventario, detallando brevemente cada una de las etapas.
- En los capítulos 3, 4 y 5 se encuentran los resultados obtenidos de la investigación en las fuentes secundarias. Por lo tanto, se registra en forma resumida la información de las importa-

ciones y exportaciones de PCB, se mencionan los sectores y las instalaciones sospechosas de tener existencias de PCB y la información recibida de las Autoridades Ambientales Regionales y Locales relacionada con los PCB y su gestión.

- En el 6, se describe la forma como se determinó la muestra representativa para realizar la recopilación de la información directa de la fuente o instalación sospechosa de tener PCB.
- En los capítulos 7, 8 y 9 se encuentran las actividades realizadas durante la recopilación de la información directa, las visitas de campo y los muestreos realizados en las instalaciones; también se resumen y cuantifican los resultados obtenidos de existencias de PCB durante esta etapa del proyecto.
- En el 10, se registran los resultados de las existencias de PCB, obtenidos a través de proyecciones estadísticas.
- En el 11, se presentan las cantidades de existencias de PCB en el país, obtenidas a través de los diferentes métodos.
- En el capítulo 12, se encuentran las conclusiones del Proyecto.
- En el capítulo 13 están descritos los lineamientos preliminares del Plan de Gestión de los PCB, donde se mencionan los objetivos, las estrategias, las actividades y los actores principales de este plan.
- En el capítulo 14 se sugieren recomendaciones para la elaboración de inventarios posteriores.
- Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas utilizadas durante la elaboración de este proyecto, al igual que los anexos, a través de los cuales se pueden ampliar y profundizar algunos de los temas mencionados a lo largo del documento.

1

Información técnica sobre los PCB

PCB es una abreviatura para identificar a los compuestos Bifenilos Policlorados (del inglés, Polychlorinated Biphenyls). 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 (ver Figura 1). 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.

Los PCB son compuestos muy estables, resistentes a la degradación térmica, química y biológica y altamente tóxicos. Son líquidos, viscosos, incoloros o de color amarillo pálido, con leve olor a hidrocarburos. Poseen excelentes propiedades aislantes, longevidad y no son inflamables, por lo cual fueron utilizados ampliamente en equipos eléctricos como transformadores y condensadores, intercambiadores de calor, sistemas hidráulicos y también en la fabricación de pinturas y plásticos.

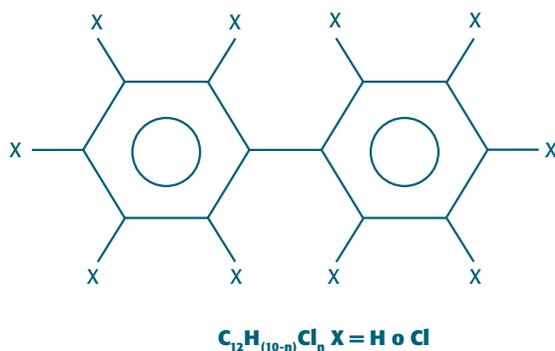
Los PCB fueron fabricados a partir del año 1929 en varios países y se identificaron con diferentes nombres comerciales, entre los cuales se encuentran: Abestol, Aroclor, Askarel, Clophen, Fenclor, Inerteen, Kaneclor, Phenoclor, Pyranol, entre otros¹.

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. (Figura 2)

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, los PCB se encuentran totalmente contenidos en unidades selladas, en donde los PCB usualmente no tienen posibilidad de escapar al ambiente; 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. Los usos de los PCB y ejemplos se presentan en la Tabla 2.

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.

Figura 1 Estructura química de los PCB



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

¹ Otros nombres comerciales y sinónimos pueden ser consultados en el Anexo 1.

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.

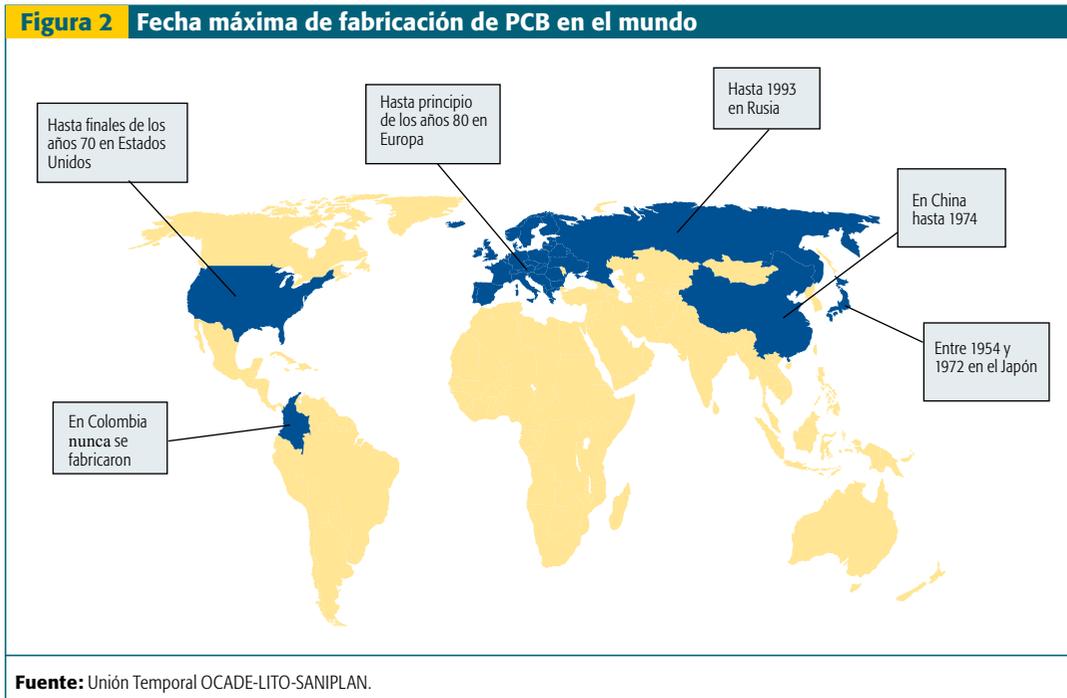


Tabla 2 Descripción y ejemplos de los usos de los PCB

Usos	Descripción	Ejemplos
Sistemas cerrados	Son unidades selladas o cerradas, donde los PCB se mantienen dentro del equipo. En condiciones normales de estos sistemas, los usuarios o el medio ambiente no se encuentran expuestos a los PCB. Las emisiones de PCB pueden ocurrir en actividades de mantenimiento y reparación o como resultado de un daño del equipo (incendio).	PCB como fluidos dieléctricos en: <ul style="list-style-type: none"> - Condensadores - Transformadores - Motores eléctricos - Balastos de equipos de iluminación - Electroimanes
Sistemas parcialmente cerrados	Son sistemas en los cuales los PCB no están expuestos directamente al medio ambiente; sin embargo, pueden llegar a liberarse periódicamente por el uso del equipo.	PCB como aceites en: <ul style="list-style-type: none"> - Intercambiadores de calor - Sistemas hidráulicos - Bombas de vacío
Sistemas abiertos	En este caso, los PCB son constituyentes de otros productos que se encuentran fácilmente en contacto con el medio ambiente y el ser humano.	<ul style="list-style-type: none"> - Tintas - Lubricantes - Retardantes de llama - Pesticidas - Materiales aislantes - Adhesivos - Pinturas - Plastificantes

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

1.1 PCB en transformadores y en condensadores eléctricos

El transformador es un dispositivo electromagnético utilizado para aumentar o disminuir el voltaje y la intensidad de una corriente alterna. Está conformado por dos bobinas acopladas magnéticamente entre sí, más sus conexiones de entrada y salida. El transformador contiene además una cantidad importante de aceite dieléctrico (puede ser PCB), que cumple la función de medio aislante y refrigerante.

Según el Manual de Capacitación del Convenio de Basilea: Preparación de un Plan Nacional de Manejo Ambientalmente adecuado de los Bifenilos Policlorados (PCB) y de Equipos contaminados con PCB, "las cantidades de líquido dieléctrico que contienen los transformadores dependen directamente de la capacidad del mismo". De acuerdo con esta fuente, la cantidad de dieléctrico con

1 kVA = 1 litro de dieléctrico

1 litro de dieléctrico PCB = 1,5 Kg

PCB presente en un transformador, del cual se conoce la capacidad en kVA, se puede estimar con la siguiente regla:

$$100\text{kVA} * 1 \frac{\text{L}}{\text{kVA}} * \frac{1,5 \text{ Kg}}{\text{L}} = 150 \text{ Kg}$$

Por ejemplo, un transformador de 100 kVA contendrá 150 kilogramos de dieléctrico:

Tabla 3 Cantidades de dieléctrico en transformadores

Capacidad del Transformador (kVA)	Cantidad (Kg)	Volumen (L) (Densidad: 1.56)
100	140	90
160	215	138
200	295	189
250	295	189
315	300	192
400	450	288
500	425	272
630	615	394
800	575	369
1.000	670	430
1.250	800	513
1.600	1.130	724
2.000	1.300	833

Fuente: UNEP, SECRETARÍA DEL CONVENIO DE BASILEA. Manual de Capacitación. Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta fórmula no es lineal, la curva de peso aumenta en menor proporción que la de capacidad. Los siguientes datos muestran esta situación a través de transformadores de diferentes potencias:

Es importante tener presente que los datos anteriores solamente son válidos para equipos con PCB puro. En caso de transformadores con aceite mineral contaminado con PCB (concentraciones menores a 1.000 ppm), es necesario conocer el peso o volumen del aceite, o en su defecto, la potencia del transformador y sus dimensiones (largo, ancho y altura en metros) para poder estimar el peso del transformador y de acuerdo a esto, el peso del aceite (que normalmente es el 30% del peso total, de acuerdo a los datos internacionales).

Distribución de materiales en un transformador

Un transformador está compuesto generalmente por los siguientes elementos:

- Una cubeta o carcasa metálica
- Un núcleo de acero magnético
- Bobinas de cobre, cubiertas con una capa de material aislante, como resina o papel
- Separadores o cuñas de madera de diversas formas
- Aceite dieléctrico

Todos los elementos que constituyen el circuito magnético se encuentran totalmente sumergidos en el aceite dieléctrico. Luego de 20 o más años de uso, los materiales porosos en el circuito magnético quedan impregnados con aceite dieléctrico. Estos materiales porosos son:

- Las cuñas de madera, que absorben el 50 % de su propio peso (por lo que un bloque que pese 10 Kg puede absorber hasta 5 Kg de aceite dieléctrico)
- Cartón y papel aislantes
- Cubiertas de resinas de los cables de cobre

De acuerdo con las fuentes bibliográficas², las estadísticas sobre la descontaminación de los transformadores indican que el 5% del contenido inicial de PCB queda impregnado en los componentes porosos del transformador. Por lo tanto, un transformador con un peso total de 1.500 Kg está compuesto por:

- 10%: 150 Kg de tanque (masa metálica)
- 60%: 900 Kg de circuito magnético
- 30%: 450 Kg de aceite dieléctrico

Se pueden encontrar 22,5 Kg del aceite dieléctrico (el 5% de 450 Kg) impregnados en el circuito magnético. Esta cantidad expresada como una relación de peso: 22,5 Kg de PCB en 900 Kg de circuito magnético, corresponde a un nivel de contaminación aproximado de 25.000 ppm. Si el nivel máximo permitido de PCB es de 50 ppm, este valor de contaminación es 500 veces mayor.

Este ejemplo, permite concluir que todos los elementos metálicos y porosos del transformador deben ser considerados como desechos de PCB y deben ser manejados de igual manera que el aceite de PCB.

PCB en transformadores de aceite mineral

Muchos transformadores fabricados con aceite mineral, han sido contaminados con PCB a través de los años. Esta contaminación tiene principalmente tres causas:

2 UNEP, SECRETARÍA DEL CONVENIO DE BASILEA. Manual de Capacitación. Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

1. 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).
2. 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.
3. 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 rellenos 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.

Figura 3 Transformador contaminado con Ascarel



Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Condensadores que contienen PCB

Los condensadores al igual que los transformadores pueden contener PCB; sin embargo, se diferencian en que los condensadores son unidades selladas con menor potencial de riesgo durante su vida útil, siempre y cuando el condensador se encuentre en buen estado y no tenga fugas.

Los condensadores son artefactos que pueden acumular y mantener una carga eléctrica. Se componen principalmente de placas conductoras de electricidad (láminas metálicas delgadas) separadas por material aislante que suele ser un fluido dieléctrico que puede o no contener PCB. A causa del dieléctrico, las cargas no se pueden mover de una placa conductora a la otra dentro del artefacto, por tanto, éstas se transportan entre las placas conductoras a través de circuitos externos conectados a las terminales del condensador.

Los condensadores pueden tener diversos tamaños. Frecuentemente se pueden reconocer por las letras “Kvar” en su placa de identificación. Estas letras muestran la clasificación eléctrica de un condensador, que usualmente funciona entre 5 y 200 kVAR. De acuerdo con las fuentes bibliográficas³, “todos los condensadores fabricados entre 1930 y 1977 contienen PCB”.

³ UNEP, SECRETARÍA DEL CONVENIO DE BASILEA. Manual de Capacitación. Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01.

2

Metodología para la realización del inventario

Para dar cumplimiento a los objetivos del proyecto se realizaron una serie de actividades las cuales se enmarcaron en diferentes etapas, aplicando la siguiente metodología:

2.1 Planeación y diseño de una estrategia comunicativa

En esta etapa se planearon las actividades y estrategias específicas necesarias para abordar y desarrollar eficazmente el inventario, las cuales fueron plasmadas en el Plan Operativo del proyecto.

Como una herramienta importante para acompañar el desarrollo técnico del inventario se diseñó una Estrategia Comunicativa, que tuvo como objetivo facilitar el acercamiento y la sensibilización de las fuentes directas de información.

Esta Estrategia Comunicativa fue aplicada a lo largo del proyecto y tuvo actividades importantes como el diseño, impresión y entrega de 1.000 ejemplares de un Folleto Divulgativo del proyecto; la realización de reuniones informativas con gremios, empresas y autoridades ambientales regionales y locales; y la realización de talleres de sensibilización en diferentes regiones del país. Los componentes de esta estrategia se pueden apreciar en la Tabla 4.

Tabla 4 Estrategia comunicativa

Actividades	Instrumentos
I. Divulgación e información	Diseño de un Folleto divulgativo del proyecto. Cartas de respaldo del MAVDT. Presentaciones ante gremios e instituciones.
II. Respaldo y gestión gerencial	Reuniones y visitas personalizadas, realizadas por miembros de la firma consultora con altos niveles gerenciales. Entrega de folletos divulgativos.
III. Información y sensibilización	Talleres en regiones diferenciadas del país con los generadores, gestores, comercializadores y demás actores involucrados.
IV. Fortalecimiento de la comunicación y retroalimentación con fuentes secundarias y primarias	Encuesta con seguimiento telefónico y/o personalizado. Retroalimentación.
V. Recolección directa de información y verificación	Encuestas. Visitas en campo.
VI. Presentación de resultados y propuestas, retroalimentación	Taller de presentación y retroalimentación de resultados finales.

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

2.2 Recolección de información secundaria

Para la recopilación de información secundaria, se realizaron las siguientes actividades:

- Revisión de inventarios de PCB realizados en otros países (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, México, Paraguay, Uruguay y Venezuela, entre otros), su metodología, sectores de estudio, hallazgos y recomendaciones.
- Recopilación de información histórica de datos de importaciones y exportaciones de transformadores, condensadores y aceites que contengan PCB.
- Recopilación de información sobre las empresas pertenecientes al Sistema Interconectado Nacional (actividad y número de equipos eléctricos instalados).
- Recopilación de información sobre los grandes consumidores de energía y otros sectores con posibilidad de tener equipos eléctricos con PCB en sus instalaciones.
- Diseño y aplicación de encuestas a las Corporaciones Autónomas Regionales para recopilar información sobre las actividades productivas en su región, instalaciones o empresas identificadas como posibles poseedores de PCB y ubicación de sitios contaminados con PCB.

Las principales fuentes consultadas fueron:

- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME)
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)
- Superintendencia de Servicios Públicos, Sistema Único de Información (SUI)
- Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas de la ANDI
- Cámara de Comercio de Bogotá
- Confederación Colombiana de Cámaras de Comercio (Confecámaras)
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)
- Ministerio de la Protección Social
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
- Ministerio de Minas y Energía
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
- Ministerio de Transporte
- Ministerio de Defensa Nacional

A través del análisis de la información secundaria recolectada se identificaron siete (7) sectores de estudio (eléctrico, manufacturero, transporte, hidrocarburos, minería, militar y de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos), con posibles existencias de PCB en el país. Para cada uno de ellos, se estableció el universo o la población de instalaciones con equipos eléctricos.

2.3 Selección de una muestra estadística para la recolección de información directa

Frente a la imposibilidad de cubrir toda la extensión del territorio colombiano, debido a la limitación de los recursos físicos, humanos y económicos del proyecto, se decidió hacer uso de herramientas estadísticas, para el levantamiento de la información primaria. De esta manera se conformó una muestra representativa de cada uno de los sectores de estudio y se estableció la muestra estadística para realizar la investigación directa en cada una de las instalaciones con posibilidad de existencias de PCB.

La ubicación geográfica de estas instalaciones permitió diferenciar seis (6) zonas estratégicas en el país, las cuales sirvieron de marco para el desarrollo del proyecto, estas zonas fueron: Costa Atlántica;

Región Cundiboyacense y Meta; Eje Cafetero, Antioquia y Córdoba; Costa Pacífica y Valle del Cauca; Nariño, Cauca y Putumayo; Santanderes y Cesar.

2.4 Recolección de información directa

Para la recolección de información directa se utilizaron dos formularios. Un formato de encuesta denominado "Formato 5", que tuvo por objetivo obtener información sobre los equipos eléctricos (transformadores y condensadores) existentes en las instalaciones consultadas y sus principales características. El segundo formulario utilizado corresponde al "Cuestionario para Inventario de PCB"⁴ (denominado por la firma consultora como Formato 8), diseñado por la UNEP para el registro de información detallada de los equipos con contenido de PCB⁵.

Para el diseño del formato de recopilación de información directa se tuvieron en cuenta las particularidades de los diferentes sectores de estudio, encontrando que este formato podía ser aplicado en todos los sectores, a excepción del sector de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos, para el cual se diseñó una Carta-Guía específica.

Los cuestionarios fueron enviados a las instalaciones de la muestra estadística, por medio de una carta informativa del MAVDT. Para facilitar su diligenciamiento, se ofreció a las instalaciones el envío de los formatos a través de correo electrónico y la disponibilidad telefónica de personal de la firma consultora para resolver inquietudes.

Como medida preventiva se encuestaron algunas instalaciones adicionales a las de la muestra estadística, seleccionadas al azar en los diferentes sectores, teniendo en cuenta que podía presentarse un escenario desfavorable en el cual no todas las instalaciones convocadas respondieran la encuesta y no fuera posible recopilar información en medida satisfactoria. La información reportada por las instalaciones adicionales a la muestra estadística permitió compensar estos vacíos de información.

Los datos recopilados en esta fase del inventario, fueron reunidos y organizados en una base de datos general o consolidada, con variables como: tipo de equipo o material, ubicación, marca, potencia, país y año de fabricación, peso total, peso del aceite y concentración de PCB, entre otras, las cuales estaban incluidas dentro de los formatos de encuesta aplicados. Se diseñó un sistema sencillo de codificación, por medio del cual, toda la información de la base de datos fue traducida en valores numéricos para facilitar su análisis.

Paralelamente al envío de los cuestionarios, se realizaron Talleres de Divulgación y Sensibilización planeados por la firma consultora como parte de su Estrategia Comunicativa. Estos talleres fueron realizados en cada una de las seis (6) zonas geográficas definidas para el estudio y fueron dirigidos a los representantes de las instalaciones a las cuales se les solicitó información a través del diligenciamiento de los formularios. Estos talleres facilitaron el acceso a la información, pues permitieron aclarar inquietudes relacionadas con el Proyecto, capacitar sobre el diligenciamiento de los formatos y lograron sensibilizar al público encuestado sobre la problemática de los PCB.

2.5 Realización de visitas de campo

Como actividad complementaria a la recolección de información directa, se realizaron visitas de campo a algunas de las instalaciones con posibles existencias de PCB. Durante estas visitas se lograron

4 UNEP. Cuestionario para Inventario de PCB. Primera versión. Agosto de 2002. http://www.pops.int/documents/guidance/PCBinform_sp.pdf

5 Estos formatos pueden ser consultados en los Anexos 2 y 3 de este documento.

identificar y establecer las condiciones de almacenamiento de los equipos eléctricos y de los aceites contaminados con PCB, así como se determinaron sitios posiblemente contaminados.

2.6 **Cuantificación de existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones – inventario directo**

La información obtenida se registró en una base de datos, que sirvió como instrumento para identificar los transformadores, los condensadores, los residuos sólidos y los aceites que se reportaron con concentración de PCB mayor a 50 ppm o con PCB puro (Askarel, Clophen, Inerteen u otro de los nombres comerciales o sinónimos de los PCB). Con estos datos se conformó el “Inventario Directo de PCB”, denominado así, porque corresponde a las existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones encuestadas.

Dado que en algunos casos se presentaban vacíos de información (por ejemplo, se conocía la potencia del equipo, pero no se tenía información del peso), fue necesario realizar un trabajo matemático extenso, en el cual se estimaron y determinaron las variables faltantes utilizando valores obtenidos con base en la información estadística y los resultados de la experiencia en la gestión y el manejo de estos equipos eléctricos por parte del equipo consultor.

Una vez completados los datos del Inventario Directo de PCB se realizó la cuantificación de las existencias de PCB totales en el país, se estableció la cantidad de transformadores, aceite y residuos sólidos contaminados con PCB. Para el caso de las existencias de aceite, se cuantificó también de acuerdo al rango de concentración de PCB.

2.7 **Realización de muestreos de PCB para validación de información**

En esta etapa se realizaron 1.523 muestreos en equipos para determinar la posibilidad de existencias de PCB a través de la aplicación del kit Clor-N-Oil 50. Estos muestreos fueron realizados en algunas de las instalaciones con posibles existencias de PCB en los diferentes sectores objeto de estudio, en las diferentes zonas del país, bajo la supervisión técnica de profesionales expertos de la firma consultora.

Para la realización del trabajo en campo se diseñó un “Plan de muestreo analítico en campo”, en el cual se consignó la metodología operativa, las medidas de prevención y de protección a la salud humana y el medio ambiente, siguiendo los lineamientos establecidos en el “Manual de Manejo de PCB para Colombia”⁶.

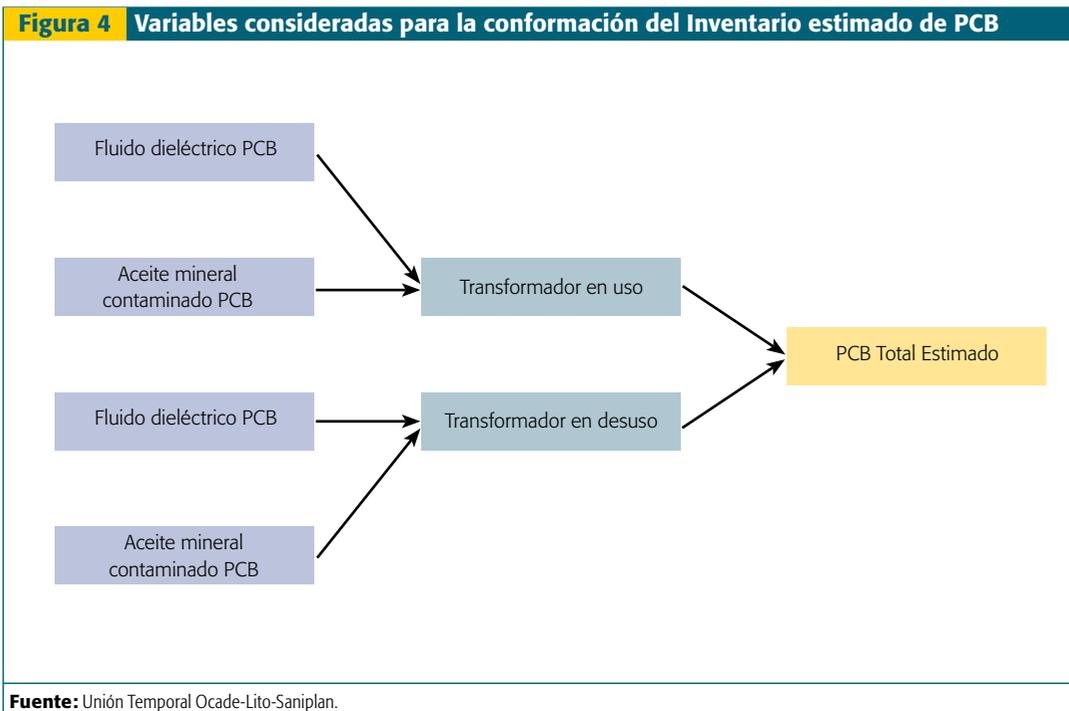
Los resultados de estos muestreos permitieron calcular y establecer índices de probabilidad de contaminación de un transformador de acuerdo a su marca, país y año de fabricación, con lo cual se logró validar y ajustar la información obtenida previamente.

6 CERI-COLOMBIA-ACCI, elaborado en cooperación con el Ministerio del Medio Ambiente. Manual de Manejo de PCBs para Colombia. Bogotá, Agosto de 1999.

2.8 Consecución del inventario estimado de PCB con base en proyecciones estadísticas

Teniendo en cuenta que los transformadores eléctricos constituyen la principal fuente de PCB, a través de metodologías estadísticas se estimó la cantidad total de transformadores contaminados con PCB y los portadores de PCB puro en el país, para lo cual se utilizaron como insumo las siguientes bases de datos obtenidas durante el desarrollo del proyecto:

1. Resultados de análisis de PCB realizados en transformadores para determinar la presencia de PCB.
2. Información reportada por las empresas en el Inventario Directo de PCB.



El cálculo para la estimación de las existencias de PCB se llevó a cabo en tres (3) etapas:

- En la primera etapa se calcularon los índices de contaminación según las características de los transformadores, cruzando las variables de marca, país de fabricación, año de fabricación y especialmente, la potencia de los equipos.
- En la segunda etapa se hicieron las proyecciones estadísticas para obtener el número estimado de transformadores contaminados, usando los índices de contaminación anteriormente calculados, el número y las características de los transformadores reportados en cada sector por las instalaciones pertenecientes a la muestra representativa.
- Finalmente, con el índice de contaminación, peso promedio nacional de transformador, número de transformadores reportados y número total de empresas en cada sector, se estimó la cantidad total de transformadores contaminados por PCB en cada sector y su peso correspondiente.

2.9 **Cuantificación del inventario consolidado de PCB existentes en Colombia**

La cuantificación de existencias de PCB en Colombia, constituyó una actividad bastante compleja, y establecer una cifra exacta implica tener en cuenta una gran cantidad de variables y parámetros, los cuales superaban el alcance del proyecto. A pesar de esta situación se realizó un gran esfuerzo, logrando establecer cifras de existencias directas, cantidades estimadas logradas con metodología estadística e información histórica contenida en archivos de instituciones del gobierno.

Con base en lo anterior, se señala que por medio de una simple sumatoria no se podría lograr determinar la cantidad de existencias de PCB, pues las fuentes de información y los métodos de obtención de las existencias de PCB fueron diferentes. Parte de la información sobre las cantidades de PCB fue obtenida por medio de estimaciones a partir de los índices de contaminación; otra parte se logró con base en los reportes entregados por las empresas; y otra más con base en los registros de importaciones al país.

Finalmente, el inventario consolidado de existencias de PCB en Colombia se presenta como un rango estimado dentro del cual se reportan las existencias de PCB y los materiales contaminados con PCB. Es importante mencionar que, más allá de las cifras obtenidas a través del desarrollo del proyecto, se logró establecer el estado actual del manejo y la gestión los PCB en Colombia.

3

Información sobre importaciones y exportaciones de PCB en Colombia

3.1 Desechos de aceites y equipos eléctricos que contienen PCB

En Colombia sólo existe una partida arancelaria relacionada con los PCB, la cual fue creada recientemente -mediante Decreto 2800 de 2001, de los Ministerios de Hacienda y Crédito Público y de Comercio, Industria y Turismo- para atender la necesidad de controlar la importación y exportación de los PCB. Necesidad que fue evidenciada durante la elaboración del "Manual de Manejo de PCB para Colombia"⁷⁷ (ver Tabla 5).

La información recopilada en el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la DIAN y el DANE, permitió establecer que se realizó una importación de 20.147,41 kilogramos de desechos de aceite que contienen PCB en el año 2004. Los detalles de este movimiento se presentan a continuación en la Tabla 6.

Tabla 5 Partida arancelaria relacionada con los PCB

Partida Arancelaria	Descripción
27.10.91.00.00	Desechos de aceite, que contengan bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos policromados (PBB)

Fuente: Decreto 4341 de 2004 (Nuevo Arancel de Aduanas).

Tabla 6 Registro de importación de desechos de PCB

País de Procedencia	Aduana	País de Origen	Fecha	NIT	Nombre o Razón Social	Peso Neto (Kg)
Venezuela	Maicao	Venezuela	2004/12/30	839000693	Ayatawacoop	20.147,41

Fuente: DIAN. Registros de Importaciones y Exportaciones año 2004.

Por otra parte, en relación con las exportaciones de residuos o desechos con contenido de PCB se pudo establecer, con base en los registros llevados en el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, que a partir del año 2000 y hasta el 2005 se han exportado para su eliminación segura y ambientalmente adecuada un total de 365,4 toneladas, tal como se muestra en la Tabla 7.

Esta eliminación de PCB se ha realizado en el marco del Convenio de Basilea sobre el Control del Movimiento Transfronterizo de Desechos peligrosos y su Eliminación, ratificado por Colombia mediante la Ley 253 de 1996. Las exportaciones han sido realizadas por empresas gestoras debidamente autorizadas por el MAVDT.

⁷ PROYECTO CERI-COLOMBIA-ACDI, en cooperación con el Ministerio del Medio Ambiente. Manual de Manejo de PCBs para Colombia. Bogotá, Agosto de 1999.

Tabla 7 Cantidad exportada de desechos de PCB

Año	Cantidad total exportada (Kg)
2000	132.883
2001	25.505
2002	57.510
2003	24.526
2004	51.432
2005	73.544
TOTAL	365.400

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN, a partir de registros consultados en el MAVDT.

3.2 Aceites y equipos eléctricos sospechosos de tener PCB

El hecho de que la única partida arancelaria existente que hace referencia a los PCB se haya creado recientemente, indica que en años anteriores, los aceites y equipos eléctricos fueron identificados con otras partidas arancelarias genéricas, sin ninguna distinción especial sobre su contenido de PCB. Existe entonces la posibilidad que, dentro de la información recopilada de importaciones y exportaciones anterior al año 2000, se encuentren cantidades de aceites y de equipos con contenido de PCB.

La búsqueda de los datos históricos sobre importaciones y exportaciones de estos equipos y de aceites, se realizó para los años comprendidos entre 1955 y 2005. No se lograron establecer datos para años anteriores a 1955, debido a que la información no se encuentra completa ni es homogénea. Las fuentes de información en este proceso fueron el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (anterior Mincomex), la DIAN y el DANE, siendo ésta la fuente de datos más antiguos.

Como primer paso para la consecución de la información, se identificaron las partidas arancelarias que hacen referencia a aceites dieléctricos, transformadores y condensadores eléctricos. Se encontró que estas partidas han ido cambiando con el tiempo, así como las variables de datos que se reportan (país de procedencia, destino en el país, volumen, peso, etc.), lo cual dificultó el rastreo y análisis de la información. Los resultados finales se consignan en la Tabla 8.

Los datos existentes no permitieron llegar a conclusiones reales ni justificadas sobre la proporción o cantidad de PCB importadas o exportadas en el periodo de tiempo estudiado. Se habrían podido aplicar criterios bibliográficos sobre los equipos contaminados con PCB (por ejemplo, todos los transformadores fabricados en Norteamérica antes de 1979 son altamente sospechosos de tener PCB) para establecer esta proporción o cantidad, sin embargo, los datos existentes sobre país y año de fabricación son escasos e incompletos. Además existen otros factores como la amplitud o generalidad de algunas partidas arancelarias, especialmente las más antiguas, que posiblemente ocasionaron que otros equipos eléctricos similares (que no son objeto de este estudio) fueran incluidos dentro de las partidas arancelarias estudiadas.

Tabla 8 Importaciones y exportaciones de aceites y equipos eléctricos susceptibles de poseer PCB

Material susceptible de tener PCB	Subpartidas arancelarias estudiadas	Años	Importaciones Peso neto (Kg)	Exportaciones Peso Neto (Kg)	
Aceite para aislamiento eléctrico	206-8	1955 a 1964	1.677.499	0	
	27.10-07.10	1965 a 1968	288.999	500	
	27.10-90.01	1969 a 1973	1.961.146	15.647	
	27.10-89.01	1974 a 1990	19.077.335	8.050	
	27.10.00.91.00	1991 a 2001	50.202.464	233.288	
	27.10.19.33.00	2002 a 2005	13.940.268	138.255	
	TOTAL			87.147.711	395.740
Transformadores eléctricos	859-7	1955 a 1958	8.538.267	153	
	859-7.1	1959 a 1964	12.418.528	5.959	
	859-7.2				
	859-7.3				
	85.01-04.10 85.01-04.20. 85.01-04.30 85.01-04.99	1965 a 1968	8.307.100	138.800	
	85.01-04.01 85.01-04.10 85.01-04.20 85.01-04.99	1969 a 1973	9.253.796	169.992	
	85.01-11.01 85.01-11.02 85.01-11.03 85.01-11.04	1974 a 1990	45.992.490	4.158.234	
	85.04.21.10.00 85.04.21.90.00 85.04.22.10.00 85.04.22.90.00 85.04.23.00.00	1991 a 1997	9.898.944	4.246.769	
	85.04.21.10.00 85.04.21.90.00 85.04.22.10.00 85.04.22.90.00 85.04.23.00.10 85.04.23.00.90	1998 a 2005	6.523.304	35.484.516	
	TOTAL			100.932.429	44.204.423

Material susceptible de tener PCB	Subpartidas arancelarias estudiadas	Años	Importaciones Peso neto (Kg.)	Exportaciones Peso Neto (Kg.)	
Condensadores eléctricos	No existe	Antes de 1959	--	--	
	878-11	1959 a 1964	289.143	0	
	878-12				
	878-13				
	878-14				
	85.18-01.10 85.18-01.20 85.18-01.99 85.18-02.00	1965 a 1968	377.329	4.916	
	85.18-01.01 85.18-01.10 85.18-01.90 85.18-02.00	1969 a 1973	1.209.336	7.707	
	85.18-01.01 85.18-01.02 85.18-01.03 85.18-01.04 85.18-01.99 85.18-02.00 85.18-03.00	1974 a 1979	745.917	2.493	
	85.18-01.00 85.18-02.00 85.18-03.00	1980 a 1990	1.256.786	0	
	85.32.10.00.00 85.32.29.00.00 85.32.30.00.00	1991 a 2005	1.439.971	12.056	
	TOTAL			5.318.482	27.172

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN, a partir de datos consultados en el DANE y la DIAN.

4 Establecimiento de la línea base

Durante el desarrollo de este proyecto se identificaron siete (7) sectores de estudio, los cuales se definen a continuación:

4.1 Sector eléctrico

El sector eléctrico colombiano fue abordado desde el Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual está conformado por las plantas y equipos de generación de energía, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios⁸.

Las actividades que realizan las empresas pertenecientes al SIN son:

- **Distribución:** transporte de la energía eléctrica a través de un conjunto de líneas y subestaciones con sus equipos asociados, que operan a tensiones menores de 220 kVA, que no pertenecen a un sistema de transmisión general por estar dedicadas al servicio de un sistema de distribución municipal, distrital o local.
- **Comercialización:** compra de la energía eléctrica en el mercado mayorista y su venta en el mismo mercado o a los usuarios finales, regulados o no regulados, bien sea que desarrolle esa actividad en forma exclusiva o combinada con otras actividades del sector eléctrico, diferentes de la transmisión.
- **Generación:** producción de la energía eléctrica mediante una planta conectada al Sistema Interconectado Nacional, bien sea que desarrolle esa actividad en forma exclusiva o en forma combinada con otra u otras actividades del sector eléctrico, diferentes a transmisión o distribución.
- **Transmisión:** transporte de la energía eléctrica a través del conjunto de líneas, con sus correspondientes módulos de conexión, que operan a tensiones iguales superiores a 220 kVA o a través de redes regionales o interregionales de transmisión a tensiones inferiores.

La mayoría de las empresas, realizan varias de estas actividades simultáneamente. Sin embargo, las empresas que se dedican exclusivamente a la comercialización de energía no poseen transformadores eléctricos para su funcionamiento.

Para establecer preliminarmente el número de transformadores eléctricos instalados en el país, la información se obtuvo con base en los registros de la CREG, el SUI y la UPME (Ver Tabla 9). Sin embargo, es importante mencionar que existe información de transformadores en funcionamiento que no se encuentra reportada en estas fuentes, pues algunas empresas que prestan el servicio exclusivamente de transmisión y de generación, por asuntos de seguridad debido al conflicto armado que se vive en algunas zonas del país, manejan esta información de forma confidencial, reservada y no está disponible públicamente.

Con el propósito de tener una mejor aproximación a la cantidad de transformadores instalados en el país, se complementó y analizó con información obtenida de las empresas generadoras, concerniente a la capacidad instalada. Por cada empresa generadora, los resultados se presentan en la Tabla 10.

Tabla 9 Empresas del SIN y número de transformadores eléctricos reportados

Tipo de Actividad	#	Nombre de la Empresa	Número total de transformadores
Distribución, Comercialización	1	Archipiélagos Power and Light C.o. S.A. E.S.P.	339
	2	Empresa de Energía del Quindío S.A. E.S.P.	6.879
	3	Empresas Públicas de Yarumal E.S.P.	246
	4	Municipio de Campamento	No reporta
	5	Ruitoque E.S.P.	29
	6	Empresas Municipales de Cartago S.A. E.S.P.	11.114
	7	Empresa Antioqueña de Energía S.A. E.S.P.	44.052
	8	Empresa de Energía de Arauca E.S.P.	2.823
	9	Empresa de Energía de Cundinamarca S.A. E.S.P.	9.248
	10	Electrificadora del Caquetá S.A. E.S.P.	1.946
	11	Electrificadora del Meta S.A. E.S.P.	6.880
	12	Compañía de Electricidad de Tuluá S.A.	1.413
	13	Codensa S.A. E.S.P.	54.583
	14	Empresa de Energía del Valle de Sibundoy S.A. E.S.P.	287
	15	Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P.	11.141
	16	Electrificadora de la Costa Atlántica S.A. E.S.P.	27.606
	17	Electrificadora del Caribe S.A. E.S.P.	31.935
	18	Empresa de Energía del Putumayo S.A. E.S.P.	444
	19	Electrificadora del Huila S.A. E.S.P.	10.026
	20	Empresa de Energía del Bajo Putumayo S.A. E.S.P.	146
	21	Distribuidora del Pacífico S.A. E.S.P.	1.197
	22	Compañía Energética del Tolima S.A. E.S.P.	11.010
Transmisión	23	Distasa S.A. E.S.P.	No reporta
	24	Interconexión Eléctrica S.A. E.S.P.	No reporta
	25	Transelca S.A. E.S.P.	No reporta
	26	Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P.	No reporta
Generación	27	Central Hidroeléctrica de Betania S.A. E.S.P.	No reporta
	28	Isagen S.A. E.S.P.	No reporta
	29	Promotora de Energía Eléctrica de Cartagena y Compañía Sociedad S.A.	No reporta
	30	Central Hidroeléctrica de Urrá S.A.	No reporta
	31	Termovalle S.C.A. E.S.P.	No reporta
	32	Termotasajero S.A. E.S.P.	No reporta
	33	Merilétrica S.A. y Cía. S.C.A. E.S.P.	No reporta
	34	Emgesa S.A. E.S.P.	No reporta
	35	Termoflores S.A. E.S.P.	No reporta
Generación, Distribución, Comercialización	36	Empresa de Energía de Pereira S.A. E.S.P.	4.327
	37	Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P.	17.235
	38	Central Hidroeléctrica de Caldas S.A. E.S.P.	16.897
	39	Centrales Eléctricas del Cauca S.A. E.S.P.	10.019
	40	Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P.	3.392
	41	Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica	No reporta
	42	Empresas Municipales de Cali E.I.C.E. E.S.P.	15.880
	43	Empresas Municipales de Energía Eléctrica S.A. E.S.P.	42
	44	Empresa de Energía Eléctrica del Departamento del Guaviare S.A. E.S.P.	No reporta
Generación, Transmisión, Distribución, Comercialización	45	Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	44.382
	46	Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.	21.246
	47	Electrificadora de Santander S.A.	21.049
Número Total de Transformadores Eléctricos			377.813

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN, a partir de datos de la CREG y el SUI.

Tabla 10 Capacidad neta instalada de empresas generadoras de energía eléctrica

#	Nombre de la Empresa	Capacidad Neta (MW) Generación térmica e hidráulica
1	Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.	13
2	Centrales Eléctricas de Nariño S.A. E.S.P.	21
3	Centrales Eléctricas del Cauca S.A. E.S.P.	26
4	Termoyopal Generación 2 S.A. E.S.P.	30
5	Electrificadora del Tolima S.A. E.S.P.	50
6	Central Hidroeléctrica del Río Anchicayá S.A. E.S.P.	74
7	Proeléctrica & CIA S.C.A. E.S.P.	90
8	Termotasajero S.A. E.S.P.	155
9	Merilétrica S.A. & CIA. S.C.A. E.S.P.	169
10	Termocartagena S.A. E.S.P.	187
11	Termovalle S.C.A. E.S.P.	203
12	Central Hidroeléctrica de Caldas S.A. E.S.P.	216
13	Empresas Municipales de Cali E.I.C.E E.S.P.	233
14	Corporación Eléctrica de la Costa Atlántica S.A. E.S.P.	302
15	Empresa de Energía de Boyacá S.A. E.S.P.	314
16	Termocandelaria S.C.A. E.S.P.	314
17	Empresa Urrá S.A. E.S.P.	334
18	Flores II S.A. & CIA S.C.A. E.S.P.	447
19	Central Hidroeléctrica de Betania S.A. E.S.P.	540
20	Empresa de Energía del Pacífico S.A. E.S.P.	782
21	Termobarranquilla S.A. E.S.P.	877
22	Chivor S.A. E.S.P.	1.000
23	Emgesa S.A. E.S.P.	1.973
24	Isagen S.A. E.S.P.	2.091
25	Empresas Públicas de Medellín E.S.P.	2.469
Total Energía Generada año 2005		12.910

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN, a partir de datos de la CREG y el SUI.

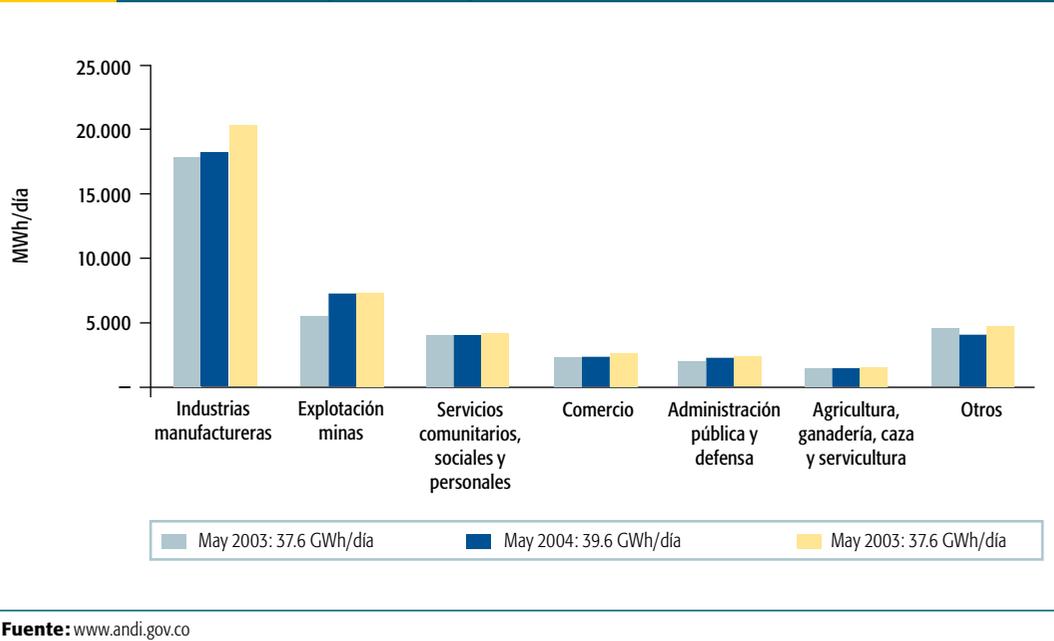
4.2 Sector manufacturero

La información obtenida de la ANDI, específicamente, los informes de los años 2003, 2004 y 2005 sobre el consumo de energía, precios y la importancia del uso racional de energía⁹, reporta que el sector productivo de mayor demanda energética en el país es la industria manufacturera, con un consumo energético que ha ido creciendo año tras año. La demanda de energía eléctrica por sector económico se puede observar en la Figura 5, tomada de la presentación “Primera Jornada de Comercialización de Energía Eléctrica – Visión de los Consumidores” de la Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas de la ANDI, realizada en Bogotá, el 29 de junio de 2005.

La investigación realizada permitió establecer como industrias importantes en el consumo de energía, al interior del sector manufacturero, las industrias de alimentos y bebidas, la del azúcar, la de textiles y la industria química.

Para el caso de este sector (al igual que en la mayoría de los sectores, como veremos más adelante) no es posible conocer la cantidad de transformadores eléctricos que poseen para su operación a través de información secundaria. La línea base se encaminó a identificar la cantidad y nombre de las

⁹ Presentación: “Primera Jornada de Comercialización de Energía Eléctrica – Visión de los Consumidores” de la Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas de la ANDI, realizada en Bogotá, el 29 de junio de 2005.

Figura 5 Demanda de energía eléctrica por sector económico

instalaciones manufactureras con gran consumo de energía eléctrica, información que fue suministrada por la Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas de la ANDI.

La relación de instalaciones industriales y manufactureras afiliadas a la Cámara de Grandes Consumidores de Energía, se presenta en la Tabla 11.

De este listado se excluye ASOCAÑA, que no es una instalación con posibilidad de tener PCB, sino una asociación que agrupa 14 ingenios del país (ver Tabla 12), con la inclusión de estos ingenios se complementa el listado de instalaciones del sector manufacturero objeto de este estudio.

Tabla 11 Relación de instalaciones manufactureras grandes consumidoras de energía

#	Nombre de la Empresa
1	Acerías de Colombia S.A.
2	AgaFano – Fábrica Nacional de Oxígeno S.A.
3	Aguas de Cartagena S.A.
4	ASOCAÑA
5	Bavaria S.A.
6	Coca Cola FEMSA S.A. de C.V.
7	Cementos Argos
8	Cementos del Caribe S.A.
9	Cementos Río Claro S.A. (Grupo Argos)
10	Compañía Colombiana de Cerámica S.A.
11	Compañía Colombiana de Tejidos S. A.
12	Cristalería Peldar S.A.
13	Empresa Colombiana de Cables S.A.
14	Enka de Colombia S.A.
15	Gaseosas Posada Tobón S.A.
16	Gases Industriales de Colombia S.A.
17	Harinera del Valle S.A.
18	Goodyear de Colombia S.A.
19	Hilanderías Universal S.A.
20	Ladrillera Santafé S.A.
21	Lafayette S.A.
22	Monómeros Colombo Venezolanos S.A.
23	Pizano S. A.
24	Siderúrgica del Pacífico S. A.
25	Cementos Paz del Río
26	Cementos Nare
27	Cementos del Valle
28	Colliquier
29	Tolcementos

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN a partir del listado de empresas afiliadas a la Cámara de Grandes Consumidores de Energía y Gas de la ANDI.

Tabla 12 Ingenios asociados en ASOCAÑA

#	Nombre de la Empresa	#	Nombre de la Empresa
1	Ingenio La Cabaña	8	Ingenio San Carlos
2	Ingenio Carmelita	9	Ingenio Central Sicarare
3	Ingenio Manuelita	10	Ingenio Central Tumaco
4	Ingenio María Luisa	11	Ingenio Central Castilla
5	Ingenio Mayagüez	12	Ingenio Riopaila
6	Ingenio Pichichí	13	Incauca
7	Ingenio Risaralda	14	Ingenio Providencia

Fuente: www.asocana.com.co

4.3 Sector transporte

En Colombia, el consumo de energía eléctrica en el sector del transporte se encuentra asociado principalmente con la operación de los terminales portuarios (marítimos y fluviales) y estaciones ferroviarias. Los vehículos, los ferrocarriles, las embarcaciones y las aeronaves, funcionan con combustibles como ACPM, gasolina, gas/gasolina, o carbón en el caso de los ferrocarriles. Se exceptúan el Metro de Medellín y el Funicular de Monserrate en Bogotá, los cuales utilizan energía eléctrica para su funcionamiento.

El movimiento de diferentes mercancías agrícolas y perecederas en los puertos marítimos y fluviales, presume un consumo de electricidad significativo para el almacenamiento y refrigeración de las mercancías. Por lo tanto, estas instalaciones requieren equipos eléctricos para su operación, los cuales son factibles de tener PCB dada principalmente su antigüedad. Se considera que los puertos nacionales más representativos para el proyecto en estudio -por su tamaño y consumo energético- son los marítimos, de los cuales los principales están localizados en las ciudades de:

- Barranquilla: Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla
- Santa Marta: Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta
- Cartagena: Terminal Marítimo Muelles El Bosque, Sociedad Portuaria Regional de Cartagena, Terminal de Contenedores de Cartagena (CONTECAR) y el Puerto de Mamonal S.A.
- Buenaventura: Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura

En relación con el transporte ferroviario, en el país existen 3.176 kilómetros, de los cuales 1.991 son de red concesionada y 1.185 de red inactiva. La red concesionada está conformada por la Concesión del Pacífico (Tren de Occidente S.A.) que opera en la región occidental del país uniendo esta zona con el puerto de Buenaventura y la Concesión del Atlántico (FENOCO S.A.) que une la región central con el puerto de Santa Marta. Aunque se estima que este medio de transporte no constituye alta representatividad en cuanto a la existencia de equipos eléctricos con PCB, se incluye en el estudio, cumpliendo con lo solicitado en los lineamientos de los términos de referencia. En otros países, especialmente en el continente europeo, este medio de transporte sería significativo para propósitos de este estudio, debido al uso intensivo, la antigüedad de las instalaciones, las largas distancias y el uso de energía eléctrica.

En conclusión, la línea base del sector transporte está constituida por las siguientes instalaciones, reunidas en la Tabla 13.

Tabla 13 Instalaciones consideradas en el sector transporte

#	Nombre de las instalaciones
1	Sociedad Portuaria Regional de Barranquilla
2	Sociedad Portuaria Regional de Santa Marta
3	Sociedad Portuaria Regional de Cartagena
4	Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura
5	Ferrocarriles del Norte de Colombia S.A.
6	Tren de Occidente S.A.
7	Metro de Medellín Ltda.
8	Funicular a Monserrate S.A.

Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

4.4 Sector hidrocarburos

La industria de los hidrocarburos comprende diferentes etapas, que van desde la exploración hasta la refinación y el transporte de los productos refinados a los centros de consumo. En todas las actividades de este sistema, se requiere energía eléctrica para operar. La mayor demanda de energía se encuentra en las etapas finales de producción, refinación y transporte (tanto del hidrocarburo como del producto refinado). En actividades como la exploración, perforación y desarrollo del campo, la energía es abastecida por unidades de generación a base de ACPM, que entrega energía principalmente para la operación de maquinarias y equipos de control e iluminación.

Las necesidades de energía de un campo de producción se pueden presumir directamente proporcionales al volumen de reservas explotables de hidrocarburos. Parte de las necesidades se satisface con energía eléctrica, que en varios de los campos de producción se suministra a través del Sistema Interconectado Nacional; sin embargo, las redes de distribución continúan siendo propias, lo que supone la tenencia de transformadores eléctricos para su operación.

La etapa de refinación requiere grandes cantidades de energía eléctrica para diversos usos, con diferentes exigencias de calidad. Lo normal es que las plantas de refinación sean autogeneradoras y aprovechen corrientes residuales del proceso para operar sus propias centrales termoeléctricas, lo cual demanda el montaje de toda la infraestructura de subestaciones, redes y transformación para la entrega del fluido eléctrico en las condiciones requeridas para cada uso.

En cuanto al transporte de los hidrocarburos (oleoductos) y del producto refinado (poliductos), se considera una actividad intensiva en el uso de energía por la necesidad de suministrar potencia a los fluidos para su movilización. En el caso de los poliductos, la energía eléctrica es obtenida predominantemente del Sistema Interconectado Nacional.

En este orden de ideas, la línea base de instalaciones presumibles con existencias de PCB en el sector de hidrocarburos se enfocó en los campos de producción, refinerías y sistemas de transporte, especialmente en las instalaciones más antiguas (anteriores a la década de los 80), las cuales han sido operadas por diferentes empresas como Occidental de Colombia, Texas Petroleum Co., Omimex de Colombia, Petrobras y Ecopetrol S.A. Las instalaciones, que fueron objeto de estudio se describen en la Tabla 14.

La red de oleoductos y poliductos totaliza alrededor de 8.500 kilómetros de líneas y 53 estaciones; el 85% es operado por Ecopetrol S.A. a través de la Vicepresidencia de Transportes.

El sistema de transporte de los hidrocarburos (oleoductos, poliductos y gasoductos) está ligado al desarrollo de las instalaciones a las cuales sirven (campos de producción y refinerías). En esas condiciones, es de presumir que la infraestructura de transporte tenga existencias de equipos contaminados con PCB en sus estaciones de bombeo y terminales. Se exceptúan los sistemas de desarrollo más reciente, como son: el Oleoducto Colombia, OCENSA y el Poliducto de Oriente.

Tabla 14 Instalaciones del sector hidrocarburos, objeto de estudio

#	Nombre del Campo	Ubicación
1	La Cira Infantas	Magdalena Medio (Barrancabermeja)
2	Yarigui	Magdalena Medio (Puerto Wilches)
3	Payoa y Provincia	Magdalena Medio (Sabana de Torres)
4	Casabe	Magdalena Medio (Yondó)
5	Cantagallo	Magdalena Medio (Puerto Wilches)
6	Áreas Orito, Sur y Occidente	Putumayo (Municipios Orito, Valle del Guamús)
7	Campo Velásquez	Magdalena Medio (Puerto Boyacá)
8	Campo Palagua	Magdalena Medio (Puerto Boyacá)
9	Campos DINA, Tello, Carnicerías	Alto Magdalena (Neiva)
10	Campo Tolima (varios)	Tolima (El Guamo)
11	Campo Tibú	Norte de Santander (Tibú, Río de Oro)
12	Campo Río Zulia	Norte de Santander (El Zulia)
13	Campos Castilla y Chichimene	Meta (Castilla La Nueva; Acacías)
14	Campos Apiay-Suria	Meta (Castilla La Nueva)
15	Campo Caño Limón	Arauca
16	Campos Chuchupa y Ballena	La Guajira
17	Refinería de Cartagena	Cartagena
18	Complejo Industrial de Barrancabermeja	Barrancabermeja
19	Refinería de Tibú	Tibú, Norte de Santander
20	Refinería de Orito	Orito, Putumayo
21	Planta Apiay	Castilla La Nueva, Meta

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN, a partir de información de ECOPETROL.

4.5 Sector minería

La minería es una actividad básica en el desarrollo de nuestro país. Como tal, comprende diferentes actividades técnicas y logísticas que conllevan a la extracción del mineral para su aprovechamiento. Las etapas de la actividad minera son: prospección, exploración, construcción y montaje de la mina, explotación y finalmente, el cierre y abandono.

En cuanto al consumo energético, el sector minero requiere para sus procesos de importantes cantidades de energía. Las empresas mineras que tienen un consumo mayor o igual a 1 MW son instalaciones susceptibles de tener equipos contaminados con PCB.

Para conocer las empresas pertenecientes al sector minero, se consultó la página Web de la ANDI en donde se identificaron 32 empresas registradas. De éstas, se seleccionaron aquellas que realizan actividades de extracción, lo que supone que poseen presuntas existencias de PCB (ver Tabla 15).

Tabla 15 Empresas que realizan actividades de extracción de minerales

#	Nombre de la Empresa	Minerales Explotados	Ubicación de Minas
1	Agregados Garantizados del Norte S.A.	Material de playa	Antioquia
2	Brinsa S.A.	Sal	Cundinamarca
3	C.I. Carbones del Caribe S.A.	Carbón	Córdoba
4	Calzáneos Industriales y Agrícolas Ltda.	Piedra caliza y dolomita	Antioquia
5	Cales y Cementos de Tolú Viejo	Piedra caliza y dolomita	Córdoba, Bolívar, Sucre
6	Carbo Antioquia Ltda.	Carbón	Antioquia
7	Carbones de Sabaletas Ltda.	Carbón	Antioquia
8	Carbones del Cerrejón LLC	Carbón	Guajira
9	Carbones Nechí Ltda.	Carbón	Antioquia
10	Cementos del Nare S.A.	Piedra caliza, material de construcción	Antioquia
11	Cementos El Cairo S.A.	Piedra caliza, material de construcción	Antioquia
12	Cementos Rioclara S.A.	Piedra caliza, material de construcción	Antioquia
13	Cerro Matoso S.A.	Níquel	Córdoba
14	Consortio de Inversionistas C.D.I. S.A.	Oro	Antioquia
15	Consortio Minero Unido S.A.	Carbón	Cesar
16	Cooperativa Integral de Productores de Carbón	Carbón	Cundinamarca
17	Drummond Ltda.	Carbón	César
18	Explotaciones Carboníferas S.A.	Carbón	Antioquia
19	Geominas S.A.	Carbón	Antioquia, Norte de Santander
20	Greystar Resources Ltd.	Oro, plata	Santander
21	Mina La Margarita S.A.	Carbón	Antioquia
22	Minera El Roble S.A.	Cobre	Chocó
23	Minera La Apertura S.A.	Oro	Antioquia
24	Mineros Nacionales S.A.	Oro	Caldas
25	Mineros S.A.	Oro	Antioquia
26	Procesadora de Minerales del Puerto S.A.	Piedra caliza	Antioquia
27	Serviminas Ltda.	Material de playa	Antioquia
28	Suministros de Colombia S.A.	Piedra caliza, material de construcción	Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Bogotá
29	Triturados El Chocho y Cía. Ltda.	Diabasa	Valle del Cauca, Cali

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN, a partir de información de la ANDI.

4.6 Sector militar

Algunas instalaciones de las Unidades Militares de Colombia son muy antiguas y han requerido para sus operaciones de un alto consumo energético. Por esta razón, se han considerado como instalaciones con posibles existencias de PCB. Algunas, debido a su infraestructura, seguramente han requerido una demanda de energía de potencia instalada mayor de 1MW. En la Tabla 16 se detallan las instalaciones militares con posibilidades de tener existencias de equipos contaminados con PCB.

Tabla 16 Instalaciones militares consideradas como grandes consumidoras de energía

#	Unidad Militar		
1	Cantón Nápoles	3	Cantón Militar Larandia
2	Cantón Militar Apiay	4	Centro Nacional de Entrenamiento (CENAE)

Fuente: Ministerio de Defensa Nacional.

4.7 Sector de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos

En este sector se identificaron las instalaciones que son prestadoras de los servicios de fabricación, comercialización, mantenimiento y reparación de equipos eléctricos que, si bien no requieren transformadores o condensadores para su operación o funcionamiento, sí pueden estar manejando cantidades importantes de estos equipos y sus aceites en sus actividades cotidianas.

En cuanto a la fabricación y comercialización de transformadores y condensadores eléctricos, en la actualidad no se está utilizando PCB como aceite dieléctrico, esto teniendo en cuenta que los PCB dejaron de sintetizarse y usarse comercialmente desde comienzos de la década de los 80. Sin embargo, debido a la informalidad en un segmento de este sector, existe la posibilidad de que se comercialicen equipos eléctricos reconstruidos a un menor precio, con un alto riesgo de estar contaminados con PCB debido a las prácticas inadecuadas de manejo y manufactura.

De forma similar, en las actividades de mantenimiento de los transformadores, las posibilidades de manipular PCB aumentan significativamente. el aprovechamiento, el manejo de aceites y partes de los equipos contaminados, el rellenado de los equipos con aceites contaminados y el uso inadecuado de elementos para el mantenimiento (mangueras, filtros, etc.), pueden estar ocasionando la contaminación cruzada de los transformadores y la dispersión de los PCB.

Una práctica usual, significativa dentro del contexto de este sector, es la compraventa de los aparatos eléctricos dañados, quemados o dados de baja, generalmente a través de la figura de remates. Esta comercialización se da entre las empresas propietarias de estos equipos (principalmente empresas del sector eléctrico con grandes existencias de transformadores de distribución) y terceros, dedicados a la compraventa de excedentes industriales y chatarra.

Para estas empresas, la venta de los equipos fuera de uso representa un ingreso importante dependiendo de la cantidad y del estado. de igual forma, para los comercializadores de chatarra estos equipos son muy valiosos, pues se pueden aprovechar hasta el 65% de las partes metálicas (latón, cobre, hierro y aluminio). sin embargo, existe el riesgo de contaminación incontrolada y de peligros para la salud humana y el medio ambiente durante las actividades asociadas al desmantelamiento, drenaje del aceite y el reciclaje de partes. Por lo tanto, con base en el Decreto 4741 de 2005 se debe realizar un muestreo de determinación de PCB en los equipos eléctricos antes de su comercialización.

Para establecer la línea base de instalaciones en este sector, se consultaron las entidades registradas en la Cámara de Comercio de Bogotá, en Confecámaras y en el Banco Popular – El Martillo. El listado obtenido no es representativo del universo de instalaciones en este sector, pues muchas de estas empresas formalmente constituidas se dedican a la comercialización de residuos de diferentes características, es decir comercializan y aprovechan diferentes materiales y desechos. de otra parte, en algunas empresas comercializadoras identifican estos equipos eléctricos y sus partes con otros nombres, situación que hace difícil establecer con precisión las instalaciones de interés para este estudio.

El listado de estas empresas corresponde a 1.011 instalaciones pero debido a su extensión y complejidad no se consideró pertinente incluirlo en esta publicación.

5

Información recopilada a través de las autoridades ambientales

Como parte del proceso de recopilación de información existente en el país sobre PCB, se consultó a las autoridades ambientales. Para esto se diseñó el formulario de "Encuesta a las autoridades ambientales" (ver Anexo 4), compuesto por los ítems que se describen a continuación:

- Principales actividades productivas en el área de jurisdicción.
- Reglamentación regional para residuos peligrosos y PCB, actividades de vigilancia o monitoreo sobre procesos o empresas con posibilidad de tener PCB y procesos sancionatorios.
- Investigaciones, estudios o proyectos existentes sobre PCB, información sobre muestreos e inventarios de PCB en empresas del área de jurisdicción.
- Concesión de licencias o permisos ambientales para manejo o gestión de PCB e información sobre remates de transformadores, condensadores o aceites.
- Sitios contaminados, almacenamientos o abandonos de PCB.
- Existencia de expedientes o informes sobre manejo o gestión de PCB.

La encuesta se envió a 40 entidades ambientales, a saber: Corporaciones Autónomas Regionales, Departamentos Administrativos de Medio Ambiente y el IDEAM. Se recibió respuesta de 17 de las entidades encuestadas (el 42.5%).

En el análisis de la información suministrada se percibe poco conocimiento de la problemática asociada a los PCB y la carencia de información. Se exceptúa el caso de la CVC en el Valle del Cauca, en donde se cuenta con reglamentación regional para residuos peligrosos (incluyendo PCB); se han desarrollado procesos de identificación de PCB en equipos y en suelos; y se adelantan procesos de vigilancia al cumplimiento de la normativa.

También se exceptúan las entidades AMVA, DAMA, CARDIQUE, CRC y CORNARE, que indicaron la presencia de posibles zonas contaminadas y de empresas con existencias de PCB.

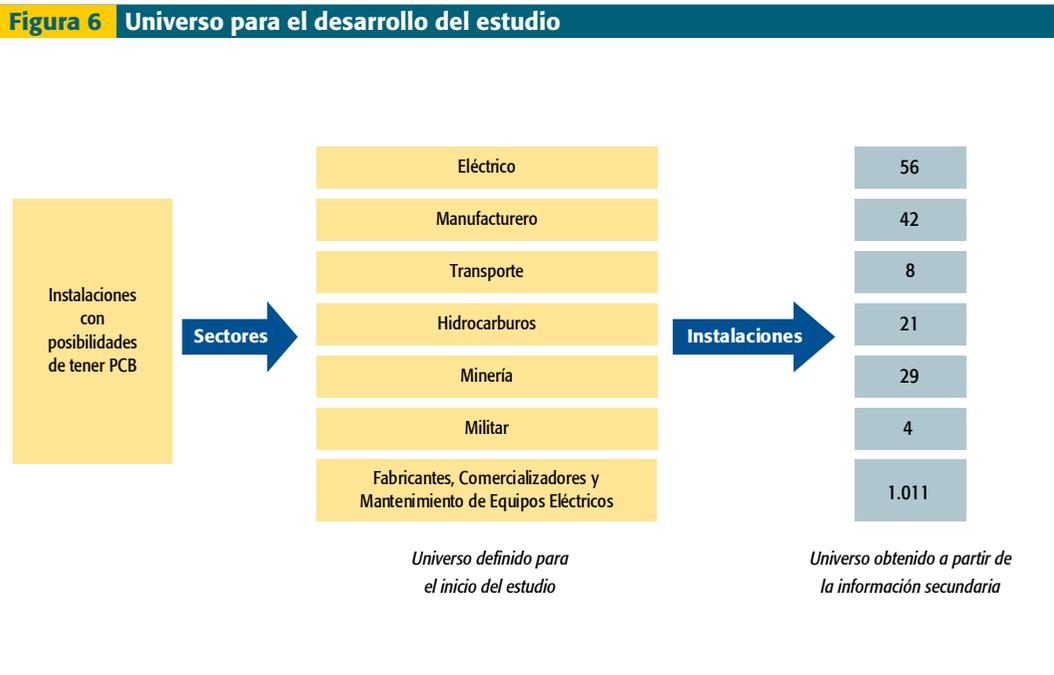
6 Diseño de la muestra estadística

Una vez identificada la línea base de instalaciones con posibles existencias de PCB en cada uno de los sectores objeto de estudio y teniendo en cuenta las dificultades de acceso a la información en el país, considerando los recursos disponibles y la complejidad de obtener información directamente de todas las fuentes con posibles existencias de PCB; se utilizaron herramientas estadísticas para seleccionar una muestra representativa.

6.1 Universo

El Universo o Población de un estudio (N), es el conjunto de elementos que poseen una o más características en común. En este inventario, se considera que el Universo está constituido por las instalaciones de los diferentes sectores del país que tienen o manipulan equipos eléctricos y aceites posiblemente contaminados con PCB.

En este proyecto, el Universo fue estratificado en forma preliminar con base en siete (7) sectores de estudio, los cuales fueron analizados partiendo de la información secundaria existente. La consolidación de esta información permitió establecer el universo o población de estudio que se muestra en la figura 6.



6.2 Unidad de muestreo

La Unidad de Muestreo o Unidad Muestral, es la unidad mínima de estudio de la que se desea obtener información de las variables de utilidad. Para el desarrollo de este inventario, se definió como Unidad Muestral a las instalaciones posiblemente poseedoras de PCB, teniendo en cuenta que ellas se pueden considerar como conglomerados o conjuntos de equipos eléctricos.

Analizando la información secundaria recopilada en cada sector, se puede hacer la siguiente observación: para los sectores eléctrico, manufacturero, minería y el sector de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos, la Unidad Muestral es la empresa; en el sector de los hidrocarburos, es el campo de producción o la refinería; en el sector militar, la Unidad Muestral corresponde a la instalación militar; y en el sector transporte, corresponde al puerto o al sistema de transporte. A pesar de estas diferencias, el concepto de Unidad Muestral se conserva y la información que se desea obtener de los equipos eléctricos y de aceites, se puede realizar a través del estudio de estas instalaciones.

6.3 Tipo de muestreo aplicado

Existen diferentes tipos de muestreo estadístico, pero todos se basan en el principio de aleatoriedad. Para que la muestra calculada sea válida, es necesario que ésta sea representativa del Universo, lo cual se logra mediante la aleatoriedad (esto es, que todos los elementos del universo tengan la misma oportunidad de ser elegidos para componer la muestra) y consiguiendo un tamaño de muestra lo suficientemente significativo.

Después de analizar los siete (7) sectores de estudio, se pudo establecer que únicamente en el sector eléctrico se presentan empresas con diferentes actividades (generación, transmisión, etc.) y con diferente tamaño (medido por el número de transformadores reportados). En los demás sectores, las instalaciones son de características generales homogéneas.

De acuerdo a lo anterior, se definió el uso de dos tipos de muestreo: el Muestreo Estratificado y por Conglomerados para el sector eléctrico y el Muestreo Aleatorio Simple para los demás sectores. Solamente en el caso de los sectores de transporte y militar se decidió realizar un censo ya que la población es reducida (8 instalaciones en el sector transporte y 4 en el sector militar).

Teniendo en cuenta que el estudio es una primera aproximación a la realidad, el cálculo del número de instituciones y/o empresas a visitar se realizó con base en los siguientes criterios:

- Error de estimación (d): diferencia entre el valor que se estime y el valor real = 10%.
- Intervalo de confianza: intervalo de valores en el que se tiene determinada probabilidad (confianza) que contenga el valor verdadero del parámetro que se está estimando = entre 10% y 20%.
- Nivel de confianza: el grado de confianza que se tiene de que el intervalo dado contenga el verdadero valor del parámetro = 90%

Muestreo Aleatorio Estratificado y por Conglomerados para calcular el tamaño de muestra en el sector eléctrico

En este tipo de muestreo, el universo original se fragmenta en estratos relativamente homogéneos en cuanto a la variable de interés (existencia de PCB en transformadores), pero heterogéneos entre sí. De esta forma, se evita la variabilidad de los estratos y se asegura que se obtendrá un estimador¹⁰ de la proporción de probabilidad de equipos eléctricos con PCB bastante confiable y precisa.

En este sector, la población se dividió en cinco estratos definidos principalmente por la cantidad y tipo de transformadores que poseen. En primera instancia, se reunieron en el estrato uno a las empresas generadoras netas. Para el resto de las instalaciones pertenecientes a este sector, se diseñaron otros cuatro estratos de acuerdo a la cantidad de transformadores que poseen. Para esta estratificación, se tomaron en cuenta solamente aquellas instalaciones de las cuales se pudo establecer la cantidad de transformadores instalados¹¹. Los estratos se conformaron así:

- Estrato 1: Empresas generadoras netas
- Estrato 2: Empresas que poseen menos de 1.000 transformadores
- Estrato 3: Empresas que poseen entre 1.001 y 10.000 transformadores
- Estrato 4: Empresas que poseen entre 10.001 y 20.000 transformadores
- Estrato 5: Empresas que poseen 20.001 ó más transformadores

Para el cálculo del tamaño de muestra "n" en este sector se utilizó la Ecuación 1.

$$n = \frac{\sum_{h=1}^l W_h \left[\frac{N_h P_h Q_h}{N_h - 1} \right]}{V(\hat{p}) + \left((1/N) \left\{ \sum_{h=1}^l W_h \left[\frac{N_h P_h Q_h}{N_h - 1} \right] \right\} \right)},$$

Donde:

l : número de estratos

N_h : Universo o población de instalaciones en cada estrato

N : universo o población total, que corresponde a $N = \sum_{h=1}^l N_h$

W_h : corresponde a la relación $\frac{N_h}{N}$

P_h : proporción de casos de interés en cada estrato, que se define como p igual para todos los estratos en el 10%.

Q_h : se determina con la ecuación $Q_h = 1 - P_h$

$V(\hat{p})$: varianza esperada para el estimador del parámetro. Se obtiene con: $V(\hat{p}) = \left(\frac{d}{Z_{\alpha/2}} \right)^2$

donde

d : error de estimación, que corresponde al 10% ó 0,1.

$Z_{\alpha/2}$: percentil $(1 - \alpha/2) * 100$ de la distribución Normal estándar. Para el estudio su valor es 1,64 que corresponde a un nivel de confianza del 90%.

¹¹ Información consignada en la Tabla 9 de este documento.

Como la cantidad de empresas en este sector es finita, se utiliza la corrección por población finita a la cantidad n inicialmente calculada. Entonces, se aplica la Ecuación 2, en donde corresponde a la muestra calculada mediante la Ecuación 1 y n será la muestra final:

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$$

El tamaño de muestra obtenida para los diferentes estratos del Sector Eléctrico, se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17 Resultados del muestreo en el sector eléctrico

Estrato	Descripción del estrato	N_h	W_h	n_h
Criterios aplicados al cálculo del tamaño de muestra " n_h ": $d=0.10$; $Z_{\alpha/2}=1.64$; $p=0.1$				
1	Generadoras*	25	--	12*
2	Pequeñas	7	0.2258	3
3	Medianas	10	0.3226	4
4	Grandes	7	0.2258	3
5	Muy Grandes	7	0.2258	3
Total		31	1	25

* Para este estrato se aplicó el Muestreo Aleatorio Simple, de acuerdo con la metodología que se explica a continuación para otros sectores de estudio; esto teniendo en cuenta que este estrato es homogéneo y se comporta de manera similar a los sectores muestreados con el MAS.

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Muestreo Aleatorio Simple para calcular el tamaño de muestra en los demás sectores

Este método consiste en elegir en forma aleatoria una muestra de tamaño " n ", dando la misma oportunidad de selección a cada unidad. Para el cálculo de n , se utiliza la Ecuación 3, en la cual se aplican los criterios predefinidos para el error de estimación (d), el nivel de confianza (su valor correspondiente en $Z_{\alpha/2}$) y la proporción estimada de equipos contaminados con PCB (P).

$$n_o = \frac{Z^2_{\alpha/2} P Q}{d^2}$$

En casos como este, donde fue posible conocer el tamaño del Universo, se debe aplicar una corrección por población finita al tamaño de muestra inicialmente calculado; para esto se aplica la Ecuación 2.

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}}$$

Los resultados obtenidos con la aplicación del Muestreo Aleatorio Simple (MAS), para los sectores manufacturero, hidrocarburos y minería se resumen en la Tabla 18.

Tabla 18 Resultados del MAS en otros sectores de estudio

Sector	N	n
Criterios aplicados al cálculo del tamaño de muestra "n": $d=0.10$; $Z_{\alpha/2}=1,64$; $p=0,1$		
Manufacturero	45	13
Hidrocarburos	21	5
Minería	29	8
Fabricantes, comercializadores y mantenimiento de equipos eléctricos.	1.011	278

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

6.4 Conformación final de la muestra estadística

La muestra representativa de instalaciones con posibles existencias de PCB quedó finalmente conformada de la siguiente manera:

Tabla 19 Muestra representativa de instalaciones posiblemente poseedoras de PCB

Sector	Población (N)	Muestra estadística (n)
Eléctrico	56	25
Manufacturero	45	13
Transporte	8	8
Hidrocarburos	21	5
Minería	29	8
Militar	4	4
Fabricantes, comercializadores y mantenimiento de equipos eléctricos.	1.011	2*
Total		65

* Teniendo en cuenta las limitaciones presupuestarias, período de tiempo del proyecto y la diversidad de actividades del sector en mención, se decidió a priori realizar una exploración a dos instalaciones, observando su nivel de respuesta.

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Una vez conocido el tamaño de la muestra en cada sector, se procedió a seleccionar de forma aleatoria las instalaciones de los listados identificados en cada uno de los sectores objeto de estudio. La ubicación geográfica de cada una de estas instalaciones, permitió definir seis (6) regiones o zonas estratégicas en el país, en las cuales se enfocó el estudio.

- Región 1: Costa Atlántica
- Región 2: Cundiboyacense y Meta
- Región 3: Eje Cafetero, Antioquia y Córdoba
- Región 4: Costa Pacífica y Valle
- Región 5: Nariño, Cauca y Putumayo
- Región 6: Santanderes y Cesar

7

Información recopilada directamente

7.1 Talleres de sensibilización

Previamente al inicio de la recolección de información directa, en las seis (6) regiones de estudio se realizaron diez (10) Talleres de Sensibilización, dirigidos principalmente a las empresas que conformaron la muestra representativa. Los objetivos específicos de estos talleres fueron: dar a conocer el proyecto “Inventario preliminar de existencias de PCB”, sensibilizar sobre la problemática asociada a los PCB y solicitar apoyo para la entrega y gestión de los formularios enviados, destacando la importancia que tenía el aporte de la información para el desarrollo del inventario y de los planes futuros que debía realizar el país en cumplimiento del Convenio de Estocolmo.

En general, los talleres tuvieron una excelente respuesta y asistencia en todas las regiones. Se contó con la participación de representantes de empresas de los diferentes sectores de estudio y con el apoyo de las autoridades ambientales en cada una de las regiones donde se realizaron los talleres. Las principales conclusiones obtenidas en estos talleres, fueron:

- Existe desconocimiento generalizado sobre el tema de PCB. Sin embargo, se percibió gran interés por parte de los asistentes en recibir información y capacitación, principalmente acerca de los efectos nocivos de los PCB en la salud de las personas.
- Existen deficiencias en los compromisos adquiridos por Colombia en relación con el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- No se tiene claridad acerca de las entidades a donde se puede recurrir en caso de emergencias con PCB.
- Se determina que las empresas de mantenimiento, son las principales fuentes de contaminación cruzada. Las empresas con existencias de equipos eléctricos manifiestan preocupación por la práctica de sustitución del fluido de transformadores y por el manejo de los residuos resultantes del mantenimiento de los transformadores.
- Algunas empresas están realizando sus propios inventarios de PCB, pero expresan la falta de reglamentación de criterios técnicos para identificar los PCB y para la asegurar una operación idónea de los laboratorios o empresas que realizan esta actividad.
- Los representantes de las empresas admiten que se debe implementar una solución para la problemática de los PCB, pero reiteran que la sustitución y eliminación de los equipos con PCB se debe desarrollar de forma gradual.

7.2 Encuesta a instalaciones de la muestra representativa

Para la recolección de información directa se utilizaron dos formularios. El primero, denominado “Formato 5” (y que puede ser consultado en el Anexo 2), tuvo por objetivo obtener información sobre los equipos eléctricos (transformadores y condensadores) existentes en las instalaciones consultadas y sus principales características (características de fabricación, ubicación geográfica y contenido de PCB). El segundo formulario es el formato diseñado por la UNEP, el “Cuestionario para Inventario de

PCB¹² (ver Anexo 3), con el cual se registra la información detallada de los quipos con contenido de PCB identificados previamente por la empresa.

A través del Formato 5 se solicitó a las empresas el registro de la siguiente información:

- Tipo de Equipo: transformador, condensador, aceites o residuos.
- Localización
- Estado: en uso o desuso
- Marca
- País de Fabricación
- Año de Fabricación
- Número de Serie
- Potencia y/o Voltaje
- Peso total del equipo
- Tipo de aceite aislante
- Volumen de aceite (litros)
- Peso de aceite (Kg.)
- Análisis de presencia de PCB y tipo de análisis practicado
- Concentración de PCB
- Hoja de vida del transformador

Los formatos de encuesta fueron enviados a 98 instalaciones, entre las cuales se encontraban las 65 instalaciones de la muestra representativa y 33 instalaciones adicionales seleccionadas al azar, como estrategia de contingencia preventiva en el caso de que algunas de las instalaciones de la muestra representativa no respondieran la encuesta.

Se obtuvo respuesta de 65 instalaciones. Aunque solamente el 66,3% de los formularios enviados fueron respondidos, la respuesta para la muestra representativa fue del 100%. Independiente de algunas dificultades ocurridas en el proceso de recopilación y análisis de esta información, debido principalmente a:

- Problemas de comunicación y acceso a algunas zonas del país, por asuntos de orden público, debido al conflicto armado existente en el país.
- Temor de algunas empresas para suministrar información y asumir compromisos.
- Falta de conocimiento en lo relativo a las existencias de PCB en algunas instalaciones.

En términos generales, la actitud y la respuesta de las instalaciones encuestadas de los diferentes sectores, fue muy positiva y colaboradora.

Los sectores de mejor respuesta fueron el eléctrico, el militar y el de transporte; mientras que el sector de fabricantes, comercializadores y de mantenimiento de equipos eléctricos, presentó mayor dificultad de acceso.

Los datos reportados por las empresas a través de los formatos 5 y 8 fueron reunidos y organizados en una base de datos consolidada en una hoja de cálculo. Se diseñó y aplicó un sistema de codificación numérico sencillo, mediante el cual los datos de respuesta fueron traducidos a códigos numéricos para facilitar su posterior análisis.

El 30% de las instalaciones que suministraron información reportaron tener PCB en equipos eléctricos, aceites o tierras contaminadas. Estas existencias corresponden tanto a PCB puro, como aceite contaminado con PCB en concentración entre 50 y 1.000 ppm. Estas existencias se analizan en capítulos posteriores.

7.3 Visitas de campo

La recolección de información directa se complementó con la realización de visitas técnicas en instalaciones de los siete (7) sectores de estudio, en diversas regiones del país. El objetivo de estas visitas fue observar y verificar las condiciones de almacenamiento y manejo de las existencias de PCB.

En total se realizaron 34 visitas de campo. El más visitado fue el sector eléctrico, seguido del sector transporte y manufactura.

Las condiciones encontradas, que permiten establecer las características del manejo y gestión que se da actualmente a las existencias de PCB, son:

- En la gran mayoría de las instalaciones visitadas, los transformadores en desuso se almacenan en condiciones deficientes, a la intemperie, sin sistemas de contención y en algunos casos sobre zonas verdes cercanas a fuentes de agua. Se evidencia también la existencia de derrames de aceite.
- Los equipos contaminados con PCB también son almacenados de manera inadecuada, sin señalización, ni sistemas de contención, ni protección de suelos ni elementos para atención de emergencias. Adicionalmente, las condiciones de los lugares de almacenamiento que, en general son patios descubiertos, propician la dispersión de los PCB en los equipos que presentan derrames.
- En algunos casos de almacenamiento de equipos contaminados con PCB, no se poseen los documentos de soporte para establecer claramente el tipo de análisis realizado, la fecha o el resultado.
- En algunas instalaciones, se considera que no es necesario realizar la identificación de PCB en el 100% de los equipos eléctricos y se realiza esta labor en forma ocasional o aleatoria.
- Cuando los transformadores eléctricos son puestos fuera de funcionamiento, se almacenan y se rematan sin realizar primero análisis para determinar la presencia de PCB. En la mayoría de las instalaciones, los funcionarios comentan que desconocen la manera de elegir los laboratorios para realizar el análisis de PCB y las metodologías que se pueden emplear.
- Algunas empresas que poseen PCB como pasivos ambientales (en equipos eléctricos y suelos contaminados) realizan procesos comerciales de venta y liquidación de las empresas o donación de los equipos, sin que se ejerza un control específico.
- En el sector de los chatarreros o de mantenimiento y reconstrucción de equipos eléctricos, se propicia el mal manejo de los equipos y aceites contaminados con PCB, debido al desconocimiento de los riesgos o a la falta de conciencia generada por otros intereses de diverso índole.
- La gran mayoría de las instalaciones contratan externamente el servicio de mantenimiento de los transformadores, sin ejercer mayor control sobre el prestador del servicio ni exigir o tener los análisis de PCB. Esta contratación normalmente se realiza seleccionando la cotización de menor valor, que se puede traducir en falta de procedimientos o protocolos técnicos adecuados. No existe actualmente supervisión, control, ni directrices de las autoridades ambientales para el funcionamiento de las empresas de mantenimiento de equipos y regeneración de aceites.



8

Cuantificación de existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones – Inventario Directo de PCB

El Inventario Directo de existencias de PCB, presenta los datos reportados directamente y entregados por las instalaciones a través de los formatos de encuesta. Es decir, con base en la información recibida se seleccionaron los datos de equipos eléctricos, aceites y residuos que tuvieran PCB en concentración mayor a 50 ppm o PCB puro.

Únicamente los sectores eléctrico, manufactura e hidrocarburos informaron tener existencias de PCB, por lo tanto la información que se presenta en la Tabla 20 solamente hace referencia a estos sectores.

Tabla 20 Inventario Directo de existencias de PCB en Colombia

Sector	Existencias de PCB como material sólido			Existencias de PCB como aceite		Total de existencias de PCB reportadas directamente (Kg.)
	Carcasas de transformador (Kg.)	Carcasas de condensadores (Kg.)	Residuos sólidos (Kg.)	Contenido en transformadores y condensadores (Kg.)	Almacenado en canecas (Kg.)	
Eléctrico	388.154,7	0	9.900	142.170,8	28.624	568.849,5
	Total: 398.054,7			Total: 170.794,8		
Manufactura	195.109,7	844	0	64.925,8	1.926	262.805,5
	Total: 195.953,7			Total: 66.851,8		
Hidrocarburos	66.446,9	0	0	28.553,1	0	95.000
	Total: 66.446,9			Total: 28.553,1		
Total de los sectores	649.711,3	844	9.900	235.649,7	30.550	926.655
	Total: 660.455,3			Total: 266.199,7		

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

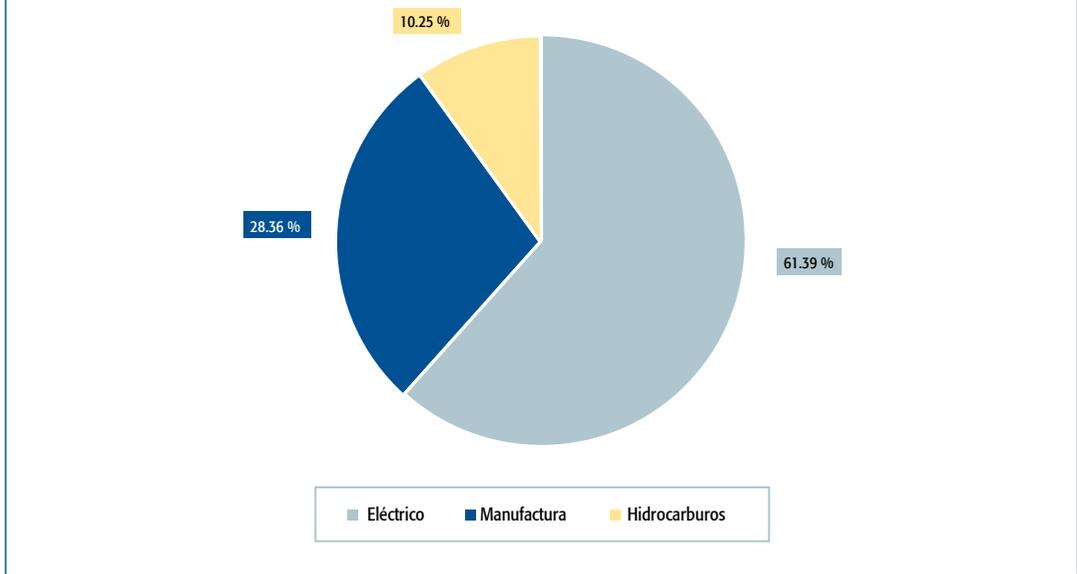
La mayor cantidad de existencias de PCB corresponde a material sólido (71,3%), siendo éste en su mayoría carcasas de transformadores (98,4%), es decir transformadores vacíos o partes de transformador. Se reportó una cantidad muy baja de condensadores y residuos sólidos (sólo el 1,2% del total de PCB reportado), confirmando el supuesto de que la mayor parte de presencia de PCB en el país se encuentra en los transformadores eléctricos.

Si se tiene en cuenta que la carcasa de un transformador está compuesta por elementos metálicos aprovechables, se considera importante evaluar los costos y la factibilidad técnica y económica de implementar tecnologías de descontaminación de transformadores eléctricos en el país, especialmente para equipos eléctricos de gran potencia, pues estos equipos por su gran tamaño y peso implican grandes costos de eliminación y tratamiento en el exterior.

Considerando la cantidad de aceite y desechos de PCB exportados por gestores autorizados en los últimos años (365,4 toneladas) y comparándola con las existencias reportadas directamente por las empresas, se puede mencionar que la eliminación ambientalmente adecuada de PCB es una realidad y que existe interés y esfuerzo por parte de las empresas de cumplir con las disposiciones ambientales.

En cuanto a los sectores de estudio, se concluye que el 61,4% del total reportado de PCB, se encuentra en el sector eléctrico; lo sigue el sector de manufactura con un 28,4 % y el sector hidrocarburos con un 10,2%.

Figura 8 Existencias de PCB reportadas directamente por las instalaciones encuestadas

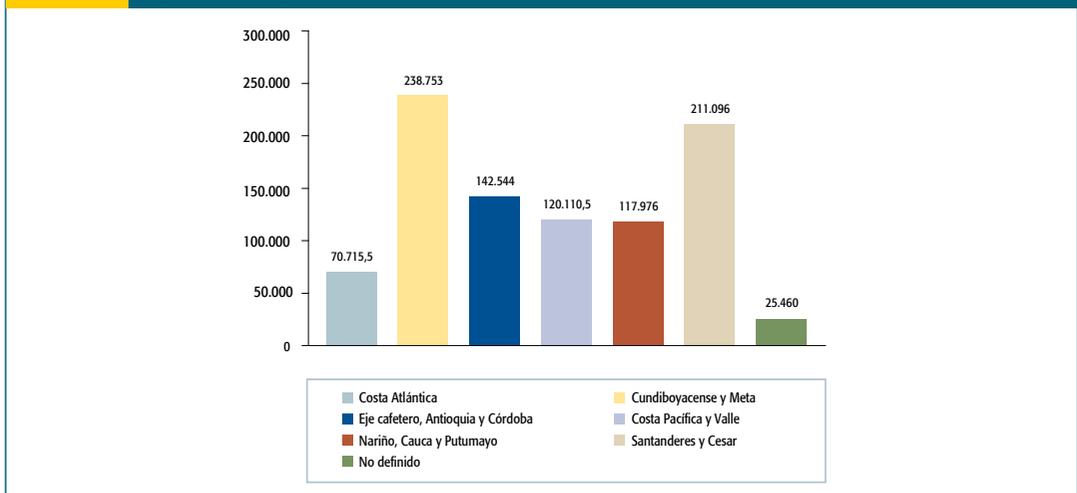


Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Para esta situación se puede concluir que el sector eléctrico es el que más ha trabajado en la identificación de PCB y en su eliminación y adecuado manejo.

El estudio de la localización de las existencias reportadas por las empresas, permitió discriminar el Inventario Directo por regiones. Los resultados se presentan a continuación:

Figura 9 Inventario directo de existencias de PCB de acuerdo con las diferentes regiones del país



Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

La distribución geográfica de las existencias de PCB coincide con el nivel de desarrollo económico de cada región. La región Cundiboyacense, de mayor progreso industrial y económico, concentra la mayor cantidad de PCB inventariada directamente (25,8%), seguida por la región petrolífera de Santander (22,8%). Por su parte, en la región del Valle del Cauca, la cantidad de PCB reportada es menor de lo que se podría esperar en virtud del desarrollo industrial de esta zona. Esta información nos presenta el interés y el conocimiento sobre la problemática de PCB de los diferentes sectores encuestados y el esfuerzo realizado por cada uno de ellos en las diferentes zonas geográficas del país.

En cuanto al estado de las existencias de PCB reportadas en el Inventario Directo, se puede concluir que en el país existen cantidades aproximadamente iguales de PCB en uso (en funcionamiento) y en desuso, tal como se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21 Inventario Directo de cantidades de PCB en uso o desuso

Sector	Existencias de PCB en uso (Kg.)	Existencias de PCB en desuso (Kg.)	Existencias de PCB sin reporte de la variable uso o desuso (Kg.)
Eléctrico	250.485	297.104,5	21.260
Manufacturero	139.432,5	123.373,0	0
Hidrocarburos	64.490	27.710	2.800
Total	454.407,5	448.187,5	24.060

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Para los sectores de manufactura e hidrocarburos hay más cantidad de PCB en uso que en desuso, lo que indica que las empresas hacen la identificación de PCB en sus equipos principalmente como procesos de autogestión, pues la normativa no exige los inventarios de equipos en uso. Por su parte, para el sector eléctrico se observa que la identificación de PCB se realiza principalmente en los equipos fuera de servicio.

El análisis de los resultados obtenidos en el Inventario Directo de PCB muestra que aproximadamente una tercera parte de las existencias totales de PCB reportadas corresponde a PCB líquido, presente en transformadores y canecas en almacenamiento. Para estas existencias, se estudió la concentración de PCB reportada, llegando a los siguientes resultados:

Tabla 22 Inventario Directo de aceite de PCB y su concentración

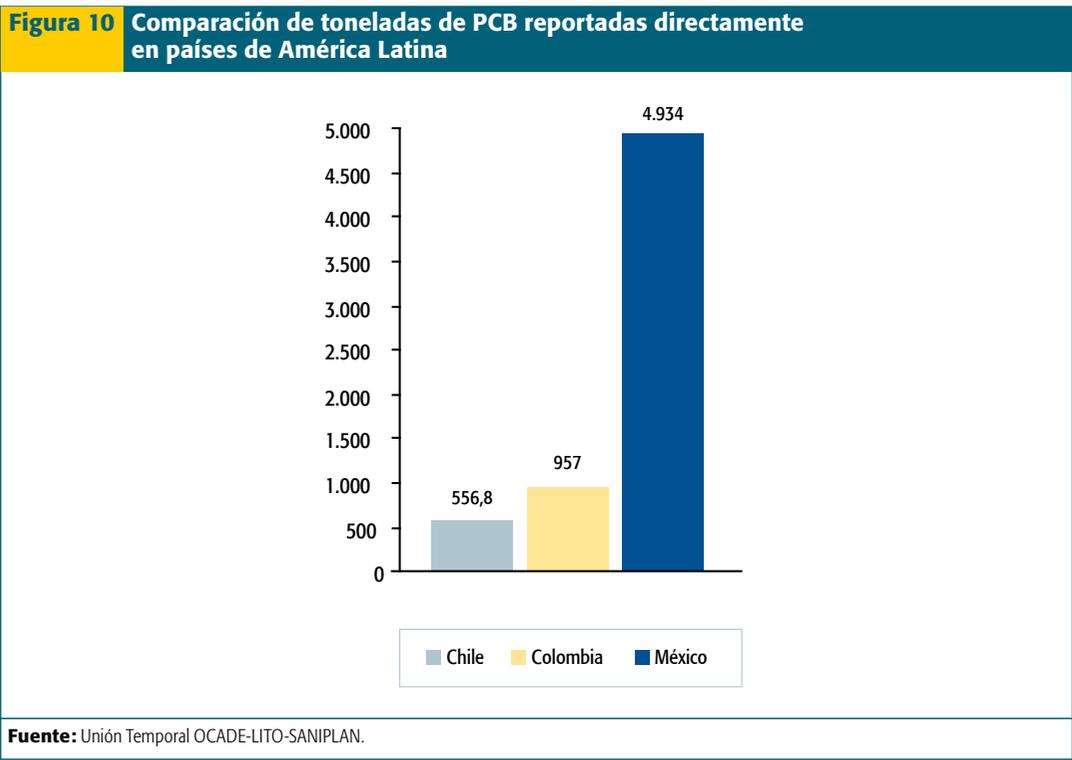
Sector	Aceite mineral contaminado 50ppm <PCB< 500ppm (Kg)	Mezcla de aceite mineral y PCB puro 501ppm <PCB< 1.000 ppm (Kg)	Aceite PCB puro PCB> 1.001 ppm (Kg)	Aceite con PCB > 50ppm, pero sin dato específico de concentración (Kg)
Eléctrico	50.352,6	3.625,8	39.691,1	77.125,3
Manufactura	2.767,7	36	52.742,1	11.306
Hidrocarburos	3.292	5.290	16.233,1	3.738
Total	56.412,3	8.951,8	108.666,3	92.169,3

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Los aceites PCB puros (Askarel, Pyranol, Aroclor, entre otros) y los aceites con PCB en concentración superior a 1.001 ppm, corresponden a un 40,8% del total de PCB líquido reportado directamente. El 59,2% restante corresponde principalmente a aceite mineral contaminado con PCB.

En el sector eléctrico se observa, en mayor medida, el problema de contaminación cruzada por la predominancia de aceite mineral contaminado con PCB en concentraciones inferiores a 500 ppm. De acuerdo a lo reportado en el Inventario Directo de PCB, cerca de la mitad de los transformadores y aceites han sido analizados por medio del kit Clor-N-Oil para establecer la presencia de PCB, por lo cual no se indica la concentración del contaminante. También es importante tener en cuenta la posibilidad de que se hayan presentado falsos positivos.

Finalmente, los resultados del Inventario Directo de PCB se compararon con Inventarios Directos (no estimados) realizados en países vecinos (Figura 10), con lo cual se logró establecer que el resultado logrado para Colombia es confiable.



9

Resultados de muestreos de PCB en campo

El programa de muestreo fue diseñado por profesionales del área química y desarrollado bajo los lineamientos técnicos y de salud ocupacional del “Manual de Manejo de PCB para Colombia”. La toma de muestras compuestas estratificadas se realizó por método de barrido.

Figura 11 Toma de muestras de PCB



Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Los análisis de PCB se realizaron en instalaciones de los sectores eléctrico, manufactura, transporte y minería, en cinco regiones del país. Se aplicaron los siguientes criterios: localización geográfica y tamaño de las instalaciones, cobertura de los diferentes sectores, disponibilidad de equipos eléctricos para muestreo, acceso al personal del proyecto autorizado por la empresa, muestreo de equipos no analizados anteriormente ni que reportaran contenido de PCB en la placa.

Los muestreos de PCB en campo, tuvieron las siguientes limitaciones:

- La toma de muestras se realizó en el 99% en los equipos desenergizados, en desuso o que estaban en patios, y que hacen parte del programa de mantenimiento, cambio de redes, o desecho de equipos/aceites eléctricos de las empresas.
- El análisis de PCB en equipos y aceites se realizó solamente a los que no indican en la placa que son PCB. Los equipos con PCB, como ASCAREL, PIRANOL y CLORPHEN no se muestrean, ya que a priori se sabe que son los PCB puros.

- La detección de PCB con el Kit¹³ presentó un porcentaje variable de falsos positivos, donde el resultado de la muestra como > 50 ppm no necesariamente indica que es contaminado, puede resultar un falso positivo, pues el resultado no es confirmado por métodos cuantitativos.
- Teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas anteriormente, se presentan a continuación los principales resultados obtenidos:
- En total se realizaron 1.523 muestreos, de los cuales eran: 27 canecas con aceite dieléctrico, 1 condensador, 1 filtro termovació y 1.494 transformadores (entre ellos 24 energizados en servicio y 1.470 desenergizados).
- De las 1.523 muestras tomadas en todo el país, el número total de muestras posiblemente contaminadas, es decir, positivas mediante la prueba de Kit, correspondió a 151, equivalente al 9,9%. El número de muestras libres de contaminación fue de 1.372, equivalentes al 90.1%.

Tabla 23 Resultados del muestreo de PCB en campo

Tipo de equipo	Número de muestras	Resultado Positivo Kit Clor-N-Oil 50	Resultado Negativo Kit Clor-N-Oil 50
Canecas con aceite dieléctrico	27	0	27
Condensador	1	1	0
Filtro Termovació	1	0	1
Transformadores eléctricos	1.494	150	1.344
Total	1.523	151	1.372

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

- Las marcas presentadas con mayor frecuencia entre las muestras posiblemente contaminadas, en orden descendente, fueron: Siemens (54 de 151 registros), Magnetron (22 de 151 registros), General Electric (15 de 151 registros), TPL (15 de 151 registros), ABB (5 de 151 registros). Respecto a las primeras dos marcas (Magnetron y Siemens), para hacer las conclusiones adecuadas sobre su contaminación deberían ser reconfirmados los resultados de análisis semicualitativo. Los resultados de los muestreos se muestran en la Tabla 24.

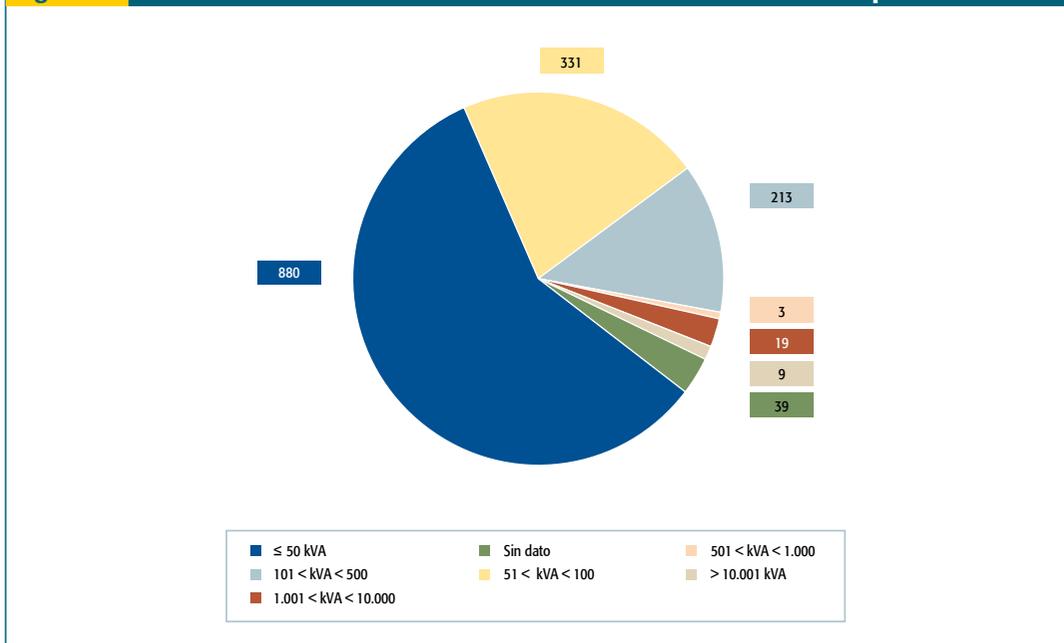
Tabla 24 Resultados positivos en transformadores muestreados

Marca	Número de equipos muestreados	Número de equipos con resultado positivo para PCB	Número de equipos positivos fabricados antes de 1986	Número de equipos positivos fabricados durante o después de 1986
SIEMENS	Total 659	Total 54	Total 30	Total 17
	Nacional 647	Nacional 53	Nacional 30	Nacional 17
	Extranjero 6	Extranjero 1	Extranjero 0	Extranjero 0
	Sin Dato 6	Sin Dato 0	Sin Dato 7	
TPL	Total 155	Total 15	Total 11	Total 2
	Nacional 153	Nacional 15	Nacional 11	Nacional 2
	Extranjero 1	Extranjero 0	Extranjero 0	Extranjero 0
	Sin Dato 1	Sin Dato 0	Sin Dato 2	
MAGNETRON	Total 111	Total 22	Total 0	Total 22
	Nacional 111	Nacional 22	Nacional 0	Nacional 22
	Extranjero 0	Extranjero 0	Extranjero 0	Extranjero 0
ABB	Total 87	Total 6	Total 0	Total 6
	Nacional 87	Nacional 6	Nacional 0	Nacional 6
	Extranjero 0	Extranjero 0	Extranjero 0	Extranjero 0
GENERAL ELECTRIC	Total 42	Total 15	Total 2	Total 0
	Nacional 10	Nacional 3	Nacional 2	Nacional 0
	Extranjero 31	Extranjero 12	Extranjero 0	Extranjero 0
	Sin Dato 1	Sin Dato 0	Sin Dato 13	
WESTING HOUSE	Total 42	Total 4	Total 0	Total 1
	Nacional 7	Nacional 1	Nacional 0	Nacional 1
	Extranjero 34	Extranjero 3	Extranjero 0	Extranjero 0
	Sin Dato 1	Sin Dato 0	Sin Dato 3	

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Con relación a la distribución de los transformadores según su potencia, es importante considerar que debido a la escasa disponibilidad de equipos técnicos y a la viabilidad para la toma de las muestras, los transformadores analizados en su gran mayoría fueron de potencia igual o menor a 50 kVA, es decir correspondieron a equipos de distribución.

Figura 12 Distribución de transformadores muestreados de acuerdo con su potencia



Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Con base en la Tabla 24, si se establece el índice de contaminación de una determinada marca, como la cantidad de equipos con PCB (resultado positivo) sobre la cantidad de equipos muestreados, se puede observar que la marca con el mayor índice de contaminación es General Electric con 35,7%, seguido por Magnetron, TPL y Siemens. La Tabla 25 presenta en forma detallada esta consideración.

Tabla 25 Resultados positivos en % obtenidos por tipo de Marca del transformador

Marca	Número equipos muestreados	Número de equipos con resultado positivo	Porcentaje de equipos contaminados
General Electric	42	15	35,7
Magnetron	111	22	19,82
TPL	155	15	9,68
Westing House	42	4	9,52
Siemens	659	54	8,19
ABB	87	6	6,90

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Aunque sin duda alguna estos resultados son muy importantes y nos permiten obtener una cifra aproximada de la cuantificación de las existencias de equipos contaminados con PCB, queda la inquietud respecto a la eficiencia del Kit utilizado y al porcentaje de “falsos positivos”¹⁴ que pudieron presentarse, pues los resultados obtenidos de laboratorio no fueron confirmados por métodos cromatográficos.

Con el propósito de resolver esta inquietud, se logró utilizar adicionalmente información histórica de muestreos de PCB realizados a transformadores por medio del Kit Clor-N-Oil 50 y confirmados por

¹⁴ Falso positivo: resultado positivo del kit Clor-N-Oil 50, pero que al ser confirmado por análisis de cromatografía, la concentración de PCB se encontró por debajo de las 50 ppm. Estos resultados se deben a la detección de otros compuestos clorados que no son estrictamente PCB.

cromatografía, información que fue obtenida de los archivos del laboratorio de Lito Ltda. Esta información complementaria permitió realizar cálculos estadísticos con mayor cantidad de datos, situación que sirvió para establecer índices de probabilidad de contaminación más precisos y confiables. De tal forma que se proyectarán posteriormente, con mayor precisión, las existencias de PCB en el país.

Las experiencias recopiladas en el trabajo de muestreos de PCB con el kit Clor-N-Oil 50 permiten afirmar que los transformadores de marcas Magnetron y Siemens, especialmente de los años 1998 a 2005, presentan en la mayoría de los casos un "falso positivo" debido a que en este periodo de tiempo se utilizaron pinturas y diferentes partes internas a base de sustancias cloradas en los transformadores.

10 Inventario estimado de existencias de PCB a partir de proyecciones estadísticas

10.1 Índice de probabilidad de contaminación en transformadores de aceite mineral contaminado

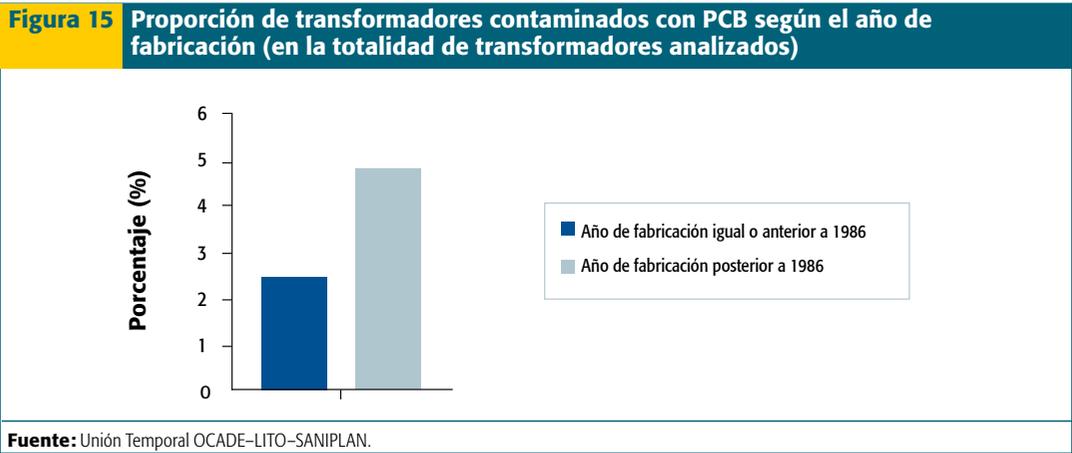
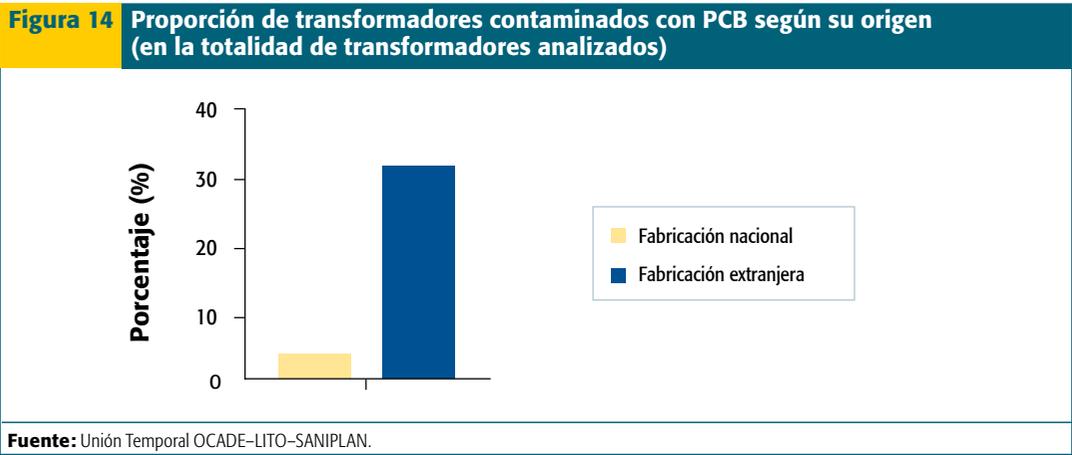
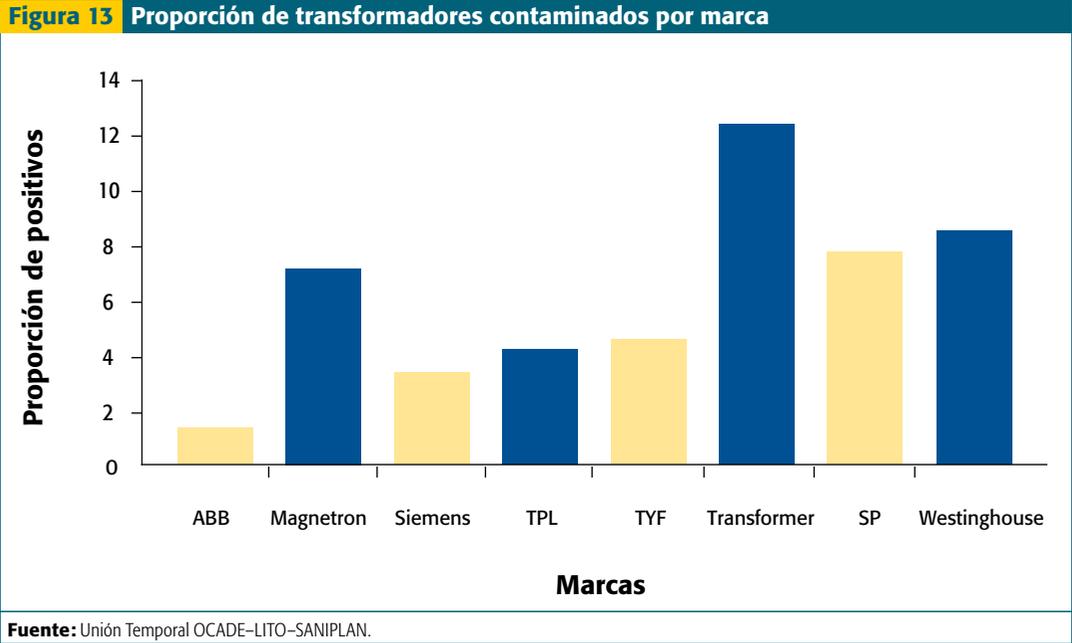
Con base en los datos obtenidos del análisis de contaminación con PCB realizado en campo en 1.523 muestreos ejecutados para el estudio, más la información histórica obtenida de los archivos del laboratorio de Lito Ltda. se completaron 5.053 registros de análisis de laboratorio. Es decir, en total se contó con información de las características de muestreos de 5.053 transformadores. Estos registros adicionales permitieron ajustar y validar la información disponible, de esta forma se tuvo mayor confiabilidad en las proyecciones estadísticas.

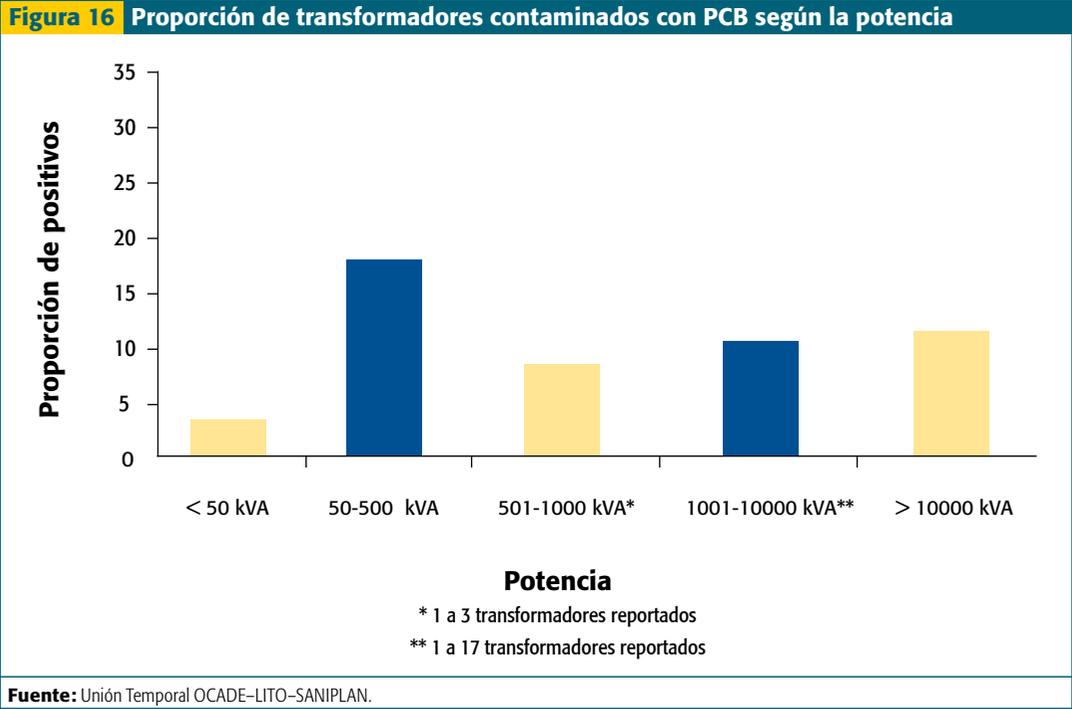
Para realizar los cálculos y estimar las proyecciones estadísticas de las existencias de PCB la información se organizó por rangos, según la potencia de los transformadores, así: 1) Potencia menor de 50 kVA; 2) Potencia entre 50 y 500 kVA; 3) Potencia entre 501 y 1.000 kVA; 4) Potencia entre 1.001 a 10.000 kVA y 5) Potencia mayor a los 10.000 kVA. Al interior de cada rango, se hizo el cálculo del índice de contaminación detallando la marca, la fecha de fabricación y el país de origen del equipo, combinaciones de pares de variables y la combinación triple.

A continuación se presentan graficados los resultados obtenidos:

- En la figura 13 se pueden ver las marcas de los transformadores con la mayor proporción de equipos contaminados, excluyendo la marca General Electric, en la que se reportaron 295 equipos con 162 transformadores (el 54.9%) contaminados con PCB, pues este índice está fuera de lo común.
- La figura 14 nos muestra que si se tiene en cuenta la procedencia del transformador, el índice de contaminación (índice multiplicado por 100% es lo mismo que el porcentaje) es diferente y se aumenta notablemente para los equipos de fabricación extranjera.
- La figura 15 confirma los supuestos preliminares tenidos en cuenta sobre contaminación de los transformadores con PCB. Efectivamente, los equipos de los transformadores fabricados en años anteriores a 1986 son más susceptibles de estar contaminados con PCB, que aquellos fabricados en los años posteriores.
- En la figura 16 se puede distinguir claramente que los transformadores con potencias superiores a 500 KVA tienen mayor índice de contaminación por PCB. Para efectos de tener en cuenta en los resultados de las cifras estimadas de existencias de PCB en el país, en relación con los transformadores de grandes potencias, es importante tener en cuenta las dificultades del acceso a la información principalmente en equipos de gran potencia. Es decir, se tuvo mayor facilidad de obtener información de muestreos en equipos de potencias menores a 500 kVA (constituían el 58% de la muestra). La información de las características y de los resultados de análisis de contaminación en equipos de potencias mayores de 500 kVA, fue restringida desde la etapa de recopilación de fuentes secundarias, pues por tratarse de equipos de gran tamaño, su información no está disponible al público por asuntos de seguridad.

Sin embargo, aunque la muestra se constituyó en menor proporción con equipos de potencia mayor a 500 kVA, se puede decir que en estas potencias la cantidad de equipos con resultados positivos fue más alta, presentan índices de contaminación mayores, y la cantidad de aceite dieléctrico contenido en los equipos de potencia mayor es más alta que en los transformadores de potencia menor.





En la Tabla 26 aparecen los índices de contaminación por rango de potencia calculados después de clasificar el equipo por marca, en la Tabla 27 aparecen clasificados por procedencia y en la Tabla 28 se comparan los índices según el año de fabricación de los equipos.

Tabla 26 Índices de contaminación entre marcas para los distintos rangos de potencia

Rango de potencia (kVA)	Marca	positivos (muestreados / % de positivos)	
Transformadores con menos de 50 kVA	GENERAL ELECTRIC n= 187	112 59,9%	
	ABB n= 452	7 1,5%	
	MAGNETRON n=251	16 6,4%	
	SIEMENS n=1350	42 3,1%	
	TPL N=309	13 4,2%	
	TYF N=54	3 5,6%	
	TRANSFORMER N=22	3 13,6%	
	SP N=12	1 8,3%	
	WESTINGHOUSE N=42	4 9,5%	
	Transformadores con potencia entre 50 y 500 kVA	GENERAL ELECTRIC N=100	45 45%
		MAGNETRON N=98	10 10,2%
		SIEMENS N=806	31 3,8%
		TPL N=142	6 4,2%
		TYF N=78	3 3,8%
CERLIKON N=100		1 1%	
Potencia entre 501 y 1.000 kVA		SIEMENS N=2	1 50,0%
		Potencia entre 1.001 y 10.000 kVA	CERLIKON n=6
Potencia mayor de 10.001 kVA			GENERAL ELECTRIC N=2
		TIBB N=42	1 2,4%

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Tabla 27 Índices de contaminación por rangos de potencia y por fabricación nacional o extranjera

Rango de potencia (kVA)	Origen	Número de transformadores evaluado	% de positivos para PCB
Menores de 50	Nacional	2.816	3,7
	Extranjero	286	38,1
Entre 50 y 500	Nacional	1.580	3,7
	Extranjero	184	25,5
Entre 501 y 1.000	Nacional	2	50
	Extranjero	0	0
Entre 1.001 y 10.000	Nacional	3	0
	Extranjero	8	12,5
Mayores de 10.001	Nacional	0	0
	Extranjero	8	25

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Tabla 28 Índices de contaminación por rangos de potencia y por año de fabricación

Rango de potencia (kva)	Año	Número de transformadores	% de positivos para PCB
Menores de 50	1986 o antes	876	6.1
	Después de 1986	1.783	2.1
Entre 50 y 500	1986 o antes	821	3.4
	Después de 1986	706	3.4
Entre 501 y 1.000	1986 o antes	1	0.0
	Después de 1986	0	0.0
Entre 1.001 y 10.000	1986 o antes	15	6.7
	Después de 1986	0	0.0
Mayores de 10.001	1986 o antes	5	20.0
	Después de 1986	0	0.0

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

El análisis de los resultados obtenidos del índice de contaminación a nivel nacional en los diferentes sectores, permite afirmar que el índice probable de contaminación a nivel nacional con PCB es de 0.067. Esta cifra del índice de contaminación se sitúa en un rango que oscila entre 0.034 y 0.159. Si se desea una probabilidad del 99% de confianza, se puede ubicar el índice nacional en un intervalo de 0.058 y 0.076 (se considera un intervalo, al conjunto de valores dentro del cual, con una probabilidad dada, se espera encontrar el porcentaje real de los equipos contaminados).

10.2 Estimación del número esperado de transformadores contaminados con PCB por sectores

Con base en la información suministrada por las empresas, se realizó la estimación del número de equipos contaminados con PCB por cada uno de los sectores, diferenciando por rango de potencia. Para la obtención de estos resultados se consideraron los siguientes aspectos:

- Para solucionar los vacíos de información presentados en las características de los transformadores se asumieron cifras y valores, siguiendo un criterio técnico. Por ejemplo, si no se tenía el índice de probabilidad de contaminación para el subgrupo específico, entonces se aplicaba el índice estimado de 0.058 - 0.076.

- Para estimar el número de transformadores contaminados, primero se contaba el número de transformadores reportados dentro del estrato o el sector del que se conocieran las características en un mismo rango de potencia y se aplicaba el índice de probabilidad estimado.
- Cuando la cantidad de transformadores reportados en el sector no alcanzaba a ser suficiente como para poder dividirla entre todas las variables del estudio, se decidió usar como índice de contaminación el valor calculado para cualquier transformador con la información de potencia dentro del rango seleccionado; excepto en los rangos comprendidos entre las potencias 501 kVA y 1.000 kVA y las potencias mayores de 10.000 kVA, en los cuales se utilizó el índice estimado.
- Se crearon dos escenarios de estimación a partir de los índices de contaminación (menor y mayor valor, dentro del rango calculado). De esta manera dentro de cada rango de potencia y cada sector se calculó el número de los equipos contaminados asumiendo el escenario más optimista cuando se tenía la menor probabilidad de contaminación, y el peor escenario cuando el índice de probabilidad era máximo.

Sector transporte

Las seis (6) empresas de este sector entregaron información de 34 transformadores, los cuales no presentaban resultados de pruebas de PCB. De estos equipos, uno no presentó información de potencia, marca y año de fabricación; y el índice de contaminación obtenido para cada rango, se obtuvo el dato de la cantidad de equipos contaminados esperados para las seis (6) empresas representantes de este sector (ver Tabla 29). El índice de contaminación solamente se aplicó para el grupo de equipos con potencia entre 50 y 500 kVA, ya que los demás grupos tienen número de transformadores reportados muy bajo y por lo tanto se tomó el número total de reportados como número esperado de contaminados).

Tabla 29 Estimación de cantidades de transformadores contaminados en el sector transporte

Potencia (kVA)	Número reportado	Índice de contaminación	Número esperado
< 50	3	0.066 – 0.076	3
50 - 500	25	0.060 – 0.076	2 -25 *
501 – 1.000	1	0.058 – 0.076	1
1.001 – 10.000	4	0.058 – 0.076	4
> 10.001	ND		

* El cálculo con los dos índices de contaminación da un esperado de dos transformadores, así que se tomó como escenario uno, los 2 transformadores y como escenario dos, el peor, asumiendo que la totalidad de equipos reportados son una muestra de contaminados.

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Sector minería

Las tres (3) empresas mineras reportaron 396 transformadores de los cuales, 89 tenían potencia menor a 50 kVA. De estos, 12 son marca ABB, 24 son Siemens, 11 son Toshiba y el resto son de otras marcas. En la Tabla 30 se reportan las estimaciones del número de transformadores contaminados esperado para estas empresas. Como se observa en la tabla, en tres grupos de potencia no fue posible establecer la probabilidad de contaminación de los equipos, razón por la que fue necesario utilizar el índice nacional estimado.

Tabla 30 Estimación de cantidades de transformadores contaminados en el sector minero, clasificado por potencia

Potencia (kVA)	Número reportado	Índice de contaminación	Número esperado
< 50	89	0.066 – 0.076	6 – 7
50 - 500	233	0.066 - 0.076	16 – 18
501 – 1.000	32	0.058 – 0.076	3
1.001 – 10.000	27	0.058 – 0.076	2 – 3
> 10.001	15	0.058 – 0.076	1 – 2

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Sector hidrocarburos

Entre los seis (6) campos de producción, se reportaron datos de 460 transformadores cuya distribución por potencia aparece en la Tabla 31.

Tabla 31 Cantidades de transformadores reportados por el sector hidrocarburos y estimaciones del número de equipos contaminados

Potencia (kVA)	Número reportado	Índice de contaminación	Número esperado
< 50	158	0.066 – 0.076	11 – 12
50 - 500	179	0.066 - 0.076	12– 14
501 – 1.000	37	0.058 – 0.076	3
1.001 – 10.000	77	0.058 – 0.076	5 – 6
> 10.000	9	0.058 – 0.076	1

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Sector militar

Este grupo de cuatro (4) instalaciones reportó 144 transformadores, 67 con potencia menor a 50 kVA, 72 con potencia entre 50 y 500 kVA, dos (2) entre 1.001 y 10.000 kVA y tres (3) que no tenían dato. De los 67 del primer grupo, 64 no tienen dato de la marca. Si se aplica el factor obtenido para los transformadores nacionales con fabricación anterior a 1986 (0.058) se esperaría tener cerca de nueve (9) transformadores contaminados en el escenario más optimista. Los resultados se muestran en la Tabla N° 32.

Tabla 32 Cantidades de transformadores reportados por el sector militar y estimación de los equipos contaminados

Potencia (kVA)	Número reportado	Índice de contaminación	Número esperado
< 50	67	0,058	4
50 - 500	72	0,058	4
1.001 – 10.000	2	0,058	1

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Sector manufacturero

Las 22 instalaciones del sector reportaron datos de 411 transformadores en las empresas que componían la muestra de este sector, de los cuales ocho (8) no tenían dato de potencia. Las estimaciones de transformadores contaminados aparecen en la Tabla 33.

Tabla 33 Cantidades de transformadores reportados por el sector manufacturero y estimaciones de los equipos contaminados

Potencia (kVA)	Número reportado	Índice de contaminación	Número esperado
< 50	69	0.066 – 0.076	5 – 6
50 - 500	153	0.066 - 0.076	10– 12
501 – 1.000	66	0.058 – 0.076	4 – 6
1.001 – 10.000	110	0.058 – 0.076	7 – 9
> 10.001	5	0.058 – 0.076	5

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Sector eléctrico

Las estimaciones en el sector eléctrico se realizaron teniendo en cuenta los estratos formados a partir de la cantidad de transformadores con que contaba cada empresa y dentro de los rangos de potencia. La información se presenta en las Tablas 34 y 35.

El archivo de datos inicialmente contaba con 164.147 registros con información sobre las características de los transformadores. Esta información no estaba completa, pues 94.155 tenían información de la marca de fabricante, 76.399 sobre el año de fabricación, 9.763 sobre el país de origen, 3.024 sobre el peso del equipo y 160.554 sobre la potencia. Al cruzar las variables el panorama no fue muy alentador puesto que la poca cantidad de registros de la variable “procedencia” (nacional o extranjero) delimitó mucho la cantidad de información disponible, razón por la que se decidió hacer las estimaciones teniendo en cuenta sólo la potencia del equipo.

Tabla 34 Estimaciones de cantidades de equipos contaminados con PCB para los estratos del sector eléctrico

Estrato	Potencia (kVA)	Cantidad total	Índice de contaminación		Cantidad estimada	
			mín.	máx.	Promedio	Máximo
Muy Grandes	Menos de 50	70.000	0,066	0,076	4.620	5.320
	50 – 500	56.683	0,060	0,076	3.401	4.307,9
	501 – 1000	1.178	0,067	0,076	78,9	89,5
	1001 – 10000	695	0,059	0,076	41	52,8
	Más de 10000	313	0,067	0,076	21	23,8
	Estrato Total	128.869	0,058	0,076	7.474,4	9.794
Grandes	Menos de 50*	17.078	0,066	0,076	1.127,1	1.297,9
	50 – 500*	13.436	0,060	0,076	806,2	1.021,1
	501 – 1000*	243	0,067	0,076	16,3	18,5
	1001 – 10000	162	0,059	0,076	9,6	12,3
	Más de 10000	625	0,067	0,076	41,9	47,5
	Estrato Total	31.544	0,058	0,076	1.829,6	2.397,3
Medianas	Menos de 50	2	0,066	0,076	1	1
	50 – 500	6	0,060	0,076	4	4
	501 – 1000	1	0,067	0,076	1	1
	1001 – 10000	50	0,059	0,076	16	16
	Más de 10000	22	0,067	0,076	4	4
	Estrato Total	81	0,058	0,076	26	26
Pequeñas	Estrato Total	1.533	0,058	0,076	89	117
Generadoras	Menos de 50	1	0,066	0,076	1	1
	50 – 500	9	0,060	0,076	9	9
	501 – 1000	5	0,067	0,076	5	5
	1001 – 10000	8	0,059	0,076	8	8
	Más de 10000	37	0,067	0,076	5	5
	Estrato Total	60	0,058	0,076	28	28

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Tabla 35 Estimaciones de cantidades de equipos contaminados con PCB para el total del sector eléctrico

Estrato	Potencia (kVA)	Cantidad	Índice		Cantidad estimada	
			Mín	Máx	Promedio	Máximo
Sector Eléctrico Total	Menos de 50	87.081	0,066	0,076	5.747,3	6.618,2
	50 – 500	70.134	0,060	0,076	4.208,0	5.330,2
	501 – 1000	1.427	0,067	0,076	95,6	108,5
	1001 – 10000	915	0,059	0,076	54,0	69,5
	Más de 10000	997	0,058	0,076	57,8	75,8
Total inventario		160.554	0,058	0,076	9.312,1	12.202,1

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

10.3 Estimación del número de equipos y peso de transformadores contaminados con PCB (en uso y en desuso) a partir de extrapolación por sectores del número total de transformadores existentes en el país

Una vez conocido el número de empresas y transformadores que reportaron las existencias en cada estrato y/o sector, y el número total de empresas por sector, se hizo la extrapolación del número de transformadores en cada sector a nivel nacional. En la Tabla 36 se presenta el resumen de todas las estimaciones por sector y para el total nacional, tanto de los transformadores en uso como en desuso.

A partir del total de transformadores estimados para cada sector en todo el país, y diferenciados por el uso y desuso, en la Tabla 37 se presentan los cálculos de existencias esperadas de transformadores contaminados con PCB, obtenidos con base en los índices de contaminación usados (0,058 para el Escenario 1 y 0,076 para el Escenario 2). Finalmente, en la misma tabla, usando como el peso promedio estimado de transformador un índice nacional de 450 kg (calculado anteriormente con base en los registros reportados), se calcula el peso esperado de transformadores con aceite contaminado con PCB en el rango comprendido entre los dos escenarios, el promedio y el peor.

De acuerdo a los resultados de estimaciones presentados en la Tabla 37, se calcula que en Colombia tenemos de 10'073.112 a 13'199.251 Kg de peso de equipos de transformadores contaminados con PCB, tanto en uso como en desuso.

Tabla 36 Proyecciones de cantidades de transformadores existentes a nivel nacional

Sector	Estrato	Relación número total transformadores reportados/número de empresas que reporten	Cantidad promedio de transformadores reportada***	Número de empresas por sector	Total de equipos esperado	Número esperado de transformadores en uso	Número esperado de transformadores en patio (desuso)
Transporte		34/6	6	8	48	47	1
Minería		396/3	132	29	3.828	3.713	115
Hidrocarburos	Refinerías	400/3	133	5	667	647	20
	Campos	60/3	20	16	320	310	10
Manufacturero		411/22	19	45	841	815	26
	Militar	144/4	36	4	144	140	4
Eléctrico	Muy grandes*		79,5%	7	302.176	293.111	9.065
	Grandes*		19,5%	7	74.119	71.895	2.224
	Medianas*	82/(160.554+1.533)	0,05%	10	190	184	6
	Pequeñas*	1.533/(160.554+1.533)	0,94%	7	3.572	3.465	107
	Generadoras	64/(160.554+1.533)	0,01%	25	38	36	2
Nacional	Nacional			163	385.943	374.363	11.580

Nota: El sector eléctrico reportó 160.554 transformadores y a esa cantidad se le adicionaron 1.533 que pertenecen a empresas pequeñas, las cuales no reportaron datos de ninguna clase. De esta manera, suman 162.087 equipos reportados. Total estimado de transformadores en el país 385.943

* se tomó la cantidad total de transformadores encontrada en la fuente secundaria; en los otros sectores se calculó una cantidad promedio a partir de los datos reportados por las empresas.

*** Para sectores distintos al eléctrico, la cantidad se obtuvo al dividir el número de transformadores reportados por la muestra sobre el número de empresas del sector que reportaron los transformadores. En el sector eléctrico, el factor ponderador estaba representado por la proporción entre la cantidad de transformadores reportados en el estrato sobre el total reportado para todo el sector adicionándole la cantidad de transformadores identificada por fuente secundaria para las pequeñas empresas (1.533).

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Tabla 37 Resumen de las estimaciones de existencias de PCB en los transformadores de todos los sectores, equipos en uso y en desuso

Sector	Cantidad de transformadores en uso	Cantidad de transformadores en patio (desuso)	Total de transformadores	Cantidad estimada de transformadores en uso contaminados		Cantidad estimada de transformadores en desuso contaminados (en patio)		Cantidad total estimada de transformadores contaminados	
				Escenario 1 0.058	Escenario 2 0.076	Escenario 1 0.058	Escenario 2 0.076	Escenario 1	Escenario 2
Transporte	47	1	48	3	4	0	0	3	4
Minería	3.713	115	3.828	215	282	7	9	222	291
Hidrocarburos	957	30	987	56	73	2	2	57	75
Manufactura	815	26	841	47	62	2	2	49	64
Militar	140	4	144	8	11	0	0	8	11
Eléctrico	368.692	11.404	380.095	21.384	28.021	661	867	22046	867
Nacional	374.364	11.580	385.943	21.713	28.452	672	880	22.385	29.332
Peso promedio transformador	450 Kg. ó 0,45 Ton.								
Toneladas equipos contaminados PCB	9.771			12.803		302	396	10.073	13.199

Índice de contaminación por PCB
 Escenario 1 : 0.058
 Escenario 2 : 0.076

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

10.4 Estimación del inventario de equipos de transformador con PCB puro, en uso y desuso

La estimación de la cantidad y peso de transformadores que pueden poseer aceite PCB puro se hizo a partir de los datos recogidos en el inventario directo. En este inventario algunas empresas de la muestra reportaron existencias de PCB puro. Estos resultados se resumen en la Tabla 38.

Tabla 38 Estimación a nivel nacional de la cantidad de transformadores con PCB puro, tanto en uso como en desuso

ÍTEM	Transformadores en uso	Transformadores en desuso
Total de transformadores reportados en el Inventario Directo	168.582	
Transformadores PCB reportados en el Inventario Directo	42	57
Total de transformadores estimado a nivel nacional	385.943	
Total estimado de transformadores	374.365	11.578
Índice de Probabilidad de tener PCB	0,000259	0,01045
Total transformadores con PCB puro	97	121
Peso promedio transformador PCB puro (Kg)	5.646,9	
Peso estimado de equipos con PCB puro (Kg)	547.749	683.275

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

De acuerdo a los resultados de estimaciones presentados en la Tabla 38, se calcula que en el territorio colombiano tenemos 547.749 Kg de transformadores con PCB puro en uso y 683.275 Kg de transformadores con PCB puro en desuso.

11

Cuantificación del inventario nacional de PCB

Para establecer el inventario de existencias de PCB en Colombia, se consultaron muchas y diferentes fuentes de información, se utilizaron diferentes herramientas de investigación y diversas metodologías; por lo tanto, es difícil definir en una cifra representativa las existencias de PCB en el país. Siendo consecuentes con el rigor técnico del trabajo y el valor investigativo del proyecto, se decidió presentar en un cuadro resumen los diferentes resultados de las existencias de PCB obtenidas a través de los diferentes métodos desarrollados.

A continuación, se presenta en la Tabla 39 el inventario preliminar consolidado de PCB en Colombia:

Tabla 39 Inventario Preliminar de PCB existentes en Colombia

Tipo de Metodología utilizada	Fuente de PCB	Cantidad (Ton.)
Estimación	Probable existencia a nivel nacional de PCB puro en transformadores en desuso	683,27
	Probable existencia a nivel nacional de PCB puro en transformadores en uso	547,74
	Probable existencia a nivel nacional de transformadores contaminados con PCB, en uso	de 9.771 a 12.803
	Probable existencia a nivel nacional de transformadores contaminados con PCB, en desuso	de 302 a 396
Recolección directa, reportes y formularios	Existencias de equipos, aceites y residuos contaminados con PCB	926,65
Levantamiento de registros	PCB importado al país en aceites y equipos	20,14
	Condensadores importados al país antes del año 1985, probablemente con PCB	3.863,39

Fuente: Unión Temporal OCADE-LITO-SANIPLAN.

Las cifras estimadas de existencias de PCB en Colombia obtenidas en el presente proyecto se pueden comparar con el estudio anterior realizado por Douglas Wait en junio de 2001. El rango de existencias de PCB en Colombia estimado por Wait fue de 8.000 a 15.670 toneladas; valores que se encuentran en el mismo orden a los valores obtenidos en el presente proyecto (de 10.073 a 13.199 ton).

Siguiendo la comparación de los resultados obtenidos para Colombia con los demás países de similar desarrollo, se observa que Venezuela estima sus existencias de PCB en el rango de 6.500 a 10.000 toneladas (ver Primer Informe del proyecto, Capítulo 5); Brasil estima sus cantidades por encima del promedio de los demás países de América Latina, valorando sus existencias de PCB y sus residuos en 80.000 toneladas; y a su vez, Uruguay reporta existencias de apenas 4.150 toneladas de PCB.

Más allá de los valores obtenidos de las existencias de PCB, es importante mencionar que los logros alcanzados en el presente proyecto no solamente son las cifras de existencias de PCB, sino todos los valores agregados resultantes del desarrollo y ejecución del proyecto, tales como: el conocimiento del estado del arte de la gestión de los PCB en el país, el trabajo de sensibilización y de divulgación realizado con los generadores y las autoridades ambientales, y la actitud y respuesta favorable del sector empresarial para el suministro de información.

12 Conclusiones

Las principales conclusiones respecto al nivel de gestión actual de los PCB en el país, se resumen en los siguientes aspectos:

■ Escasez de inventarios y de identificación de los equipos con PCB

Las instalaciones que poseen inventarios de PCB son muy pocas y cuando existen inventarios, muchos se basan en los datos de las etiquetas de los equipos, sin considerar la ocurrencia probable de aceites contaminados con PCB durante las actividades de mantenimiento.

En la mayoría de los almacenamientos de transformadores y aceites contaminados que tienen PCB, no se cuenta con los documentos del análisis realizado o el historial de los equipos.

La ausencia de reglamentación específica sobre muestreo y análisis de PCB contribuye al problema, de tal forma que los propietarios de equipos y aceites sospechosos de tener PCB, se puedan amparar en la falta de normas.

■ Manejo inadecuado

En la mayoría de las instalaciones se realiza un almacenamiento y un manejo inadecuado de los equipos eléctricos y aceites que contienen PCB, no se realiza una debida identificación de los equipos contaminados, no se cuenta con los registros de laboratorio o reportes de los muestreos realizados a los equipos, por lo cual existe incertidumbre sobre los resultados obtenidos. En muchos casos, la etiqueta que ha colocado la empresa que realizó el análisis se encuentra en mal estado, siendo poco legible o imperceptible.

En cuanto al manejo de los equipos eléctricos desactivados, no se realiza una debida segregación de equipos no contaminados, contaminados o potencialmente contaminados, por lo tanto se aumentan los riesgos para la salud humana y el medio ambiente. Se genera entonces una alta posibilidad de que los equipos contaminados con PCB sean sometidos a mantenimientos o a procesos de compra y venta de chatarra.

Las fallas también ocurren en el manejo de los equipos contaminados activos, puesto que no se utilizan dispositivos de contención ni de atención de accidentes.

■ Impactos en la salud humana y en el medio ambiente

Las prácticas inadecuadas de identificación y manejo de los PCB pueden ocasionar impactos en la salud humana y en el medio ambiente.

El mayor impacto que se presenta es la contaminación del suelo, que se puede extender a las aguas subterráneas. Más difícil de ser observado e identificado, es la emisión de gases tóxicos, como dioxinas y furanos, resultantes de la quema no-controlada de aceites con PCB.

Aunque estos impactos no fueron evaluados ni comprobados en el desarrollo de este inventario, las condiciones de almacenamiento observadas y los testimonios recopilados acerca del manejo que se daba a los aceites de los transformadores, llevan a esta conclusión.

Para las empresas con existencias de PCB, se recomienda que tengan presente esta situación al momento de formular sus planes de gestión de residuos peligrosos.

■ Dispersión de los PCB

La dispersión de PCB ocurre principalmente a través de la ruta de contaminación cruzada, a partir del envío de aceites dieléctricos para la regeneración, mantenimiento o por tratamientos realizados en campo, tales como filtración con filtro-prensa o termovaciación, en los cuales la empresa prestadora del servicio de mantenimiento utiliza equipos, tanques, bombas y mangueras ya contaminados con

PCB de otros clientes. Un pequeño volumen de aceite con PCB es suficiente para contaminar con más de 50 ppm grandes volúmenes de aceite mineral. En la mayoría de los casos, los servicios de mantenimiento son contratados externamente y no se realiza ningún control por parte del propietario al prestador del servicio.

Previo a la venta de los equipos eléctricos a chatarreros, no se realizan análisis para determinar la presencia de PCB en los equipos. La manipulación, desmantelamiento y reutilización de equipos, partes y aceites sospechosos de tener PCB sin ninguna protección ni controles técnicos, representa graves riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

■ **Insuficiente sensibilización y capacitación**

A pesar de los esfuerzos realizados por el MAVDT desde el año 1998, desarrollando varios talleres y programas de capacitación sobre el tema de PCB en el país, se evidenció la falta de conocimiento sobre los COP, los PCB y los compromisos internacionales de Colombia en relación con el Convenio de Estocolmo.

Sin embargo, se identificó un enorme interés por obtener mayor información, lo que indica la necesidad de intensificar esfuerzos tanto por parte de los directivos de las empresas como de las autoridades ambientales y sanitarias para sensibilizar y capacitar a los usuarios en el buen manejo de los equipos que pueden tener PCB.

■ **Vacíos en la reglamentación de los PCB**

Aunque existe la base legal que establece la obligatoriedad y la responsabilidad a los generadores, transportadores y receptores para realizar la gestión y el manejo adecuado de sus residuos o desechos peligrosos (Ley 430 de 1998 y Decreto 4741 de 2005 del MAVDT), hacen falta desarrollos reglamentarios específicos en diferentes temas relacionados con el manejo de PCB.

Es necesaria la participación activa y conjunta entre las autoridades aduaneras y ambientales para fortalecer el control del ingreso al país de este tipo de residuos y sustancias, para las cuales está prohibida su importación desde la misma Constitución Política de Colombia y en la normativa ambiental vigente sobre residuos o desechos peligrosos.

■ **Escasez de los servicios para eliminación de PCB**

Actualmente en Colombia no existen instalaciones autorizadas para la eliminación de los PCB, así como tampoco para la descontaminación de transformadores. Lo anterior desalienta mucho la gestión que deben realizar los generadores o empresas que tienen existencias de estos residuos peligrosos, toda vez que la única opción válida por el momento es la exportación a través de los requisitos establecidos por el Convenio de Basilea. Esto hace que la eliminación sea costosa, por lo que potenciales empresas inversionistas y el Estado, en particular, deben comenzar a evaluar la implementación de diferentes alternativas costo-efectivas para el país.

13 Lineamientos preliminares del Plan de Gestión

El objetivo general de incluir en este proyecto un capítulo con algunos lineamientos preliminares de gestión de los aceites dieléctricos que contienen PCB y de los materiales contaminados por esta sustancia, es orientar a los propietarios de existencias de PCB y a las autoridades reguladoras y de control y vigilancia hacia la gestión integral de este tipo de residuos peligrosos, con el fin de reducir los riesgos que genera el manejo inadecuado de estos residuos sobre la salud humana y el ambiente.

De acuerdo con la situación encontrada para los PCB en Colombia, se establecieron tres prioridades en la problemática, en las cuales se fundamentan los lineamientos preliminares de gestión. Estas son:

1. Proponer acciones con miras a reducir los impactos sobre la salud humana y el medio ambiente.
2. Promover la eliminación adecuada de los PCB.
3. Garantizar el cumplimiento de los compromisos de Colombia firmados en el Convenio de Estocolmo.

13.1 Reducción de los impactos sobre la salud humana y el ambiente a través del manejo ambientalmente adecuado de las existencias de PCB

Para avanzar en este primer objetivo se recomienda la realización de cursos y de otros eventos de capacitación y sensibilización, orientados a las empresas y a los prestadores de servicios de mantenimiento y reparación de los equipos eléctricos que pueden tener PCB, para lo cual se sugiere un trabajo en conjunto de las autoridades ambientales regionales y locales y las asociaciones de las empresas del sector.

Es necesario el entrenamiento a las entidades que conforman los Comités de Prevención de Emergencias y Desastres Locales, entre otros, los Bomberos y la Defensa Civil y las autoridades ambientales en las actividades de emergencia ocasionadas por escapes y derrames de PCB hacia el medio ambiente.

Se requieren manuales y guías ambientales específicas para orientar y disciplinar el manejo de los PCB al interior de las empresas, enfocadas en la prevención y la minimización de los riesgos de derrames, de incendios y de otros accidentes a que están sujetos estos equipos y residuos contaminados con PCB.

El almacenamiento de los equipos inactivos y de los aceites con PCB es una actividad crítica para cualquier empresa pública o privada con existencias de PCB, por cuanto el Decreto 4741 de 2005 estableció que el almacenamiento de residuos o desechos peligrosos en instalaciones del generador no puede sobrepasar de un año. En este sentido, los propietarios deben emprender acciones rápidas para gestionar sus existencias a través de empresas autorizadas para realizar el almacenamiento o de empresas autorizadas para su eliminación en el exterior. De lo contrario, las empresas deben solicitar ante la autoridad ambiental una prórroga de dicho plazo previa justificación.

También, las autoridades ambientales regionales y/o locales deben comenzar a establecer criterios, procedimientos y restricciones unificadas para la ubicación, construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento temporal de este tipo de residuos o desechos peligrosos.

Es también necesario establecer requerimientos para la prevención de escapes y contención del aceite derramado en los equipos en uso, de conformidad con lo establecido en el Ítem b-iii, Parte II, Anexo A de la Convención de Estocolmo, teniendo como prioridad aquellos equipos que contienen Askarel (o similares) que están siendo utilizados en áreas pobladas, escuelas y hospitales.

Se necesita establecer las metodologías para muestreo y fijar las concentraciones límites de PCB para la evaluación de la contaminación de suelos y de aguas subterráneas. Las concentraciones límites se podrían fijar de conformidad con el uso del suelo establecido para el área impactada, por ejemplo, si es uso industrial, residencial o agrícola. Considerando que la fijación de esos límites es fundamental para los estudios y toma de decisiones sobre contaminación de suelos y de sus aguas, de inmediato se deben adoptar valores razonables que ya hayan sido fijados en otros países.

La contaminación cruzada es la causa mayor de la diseminación de PCB, de uno a otros transformadores que, originalmente, contenían aceite dieléctrico mineral. Este hecho justifica la formulación de criterios y controles rigurosos para las actividades de mantenimiento de los transformadores.

Se recomienda que todo lote de aceite que va a ser tratado se analice previamente en cuanto a contenido PCB, y que los reportes de los resultados sean archivados por el prestador del servicio, quedando disponibles para la revisión de la Autoridad Ambiental.

Se observa que el envío de transformadores y aceites dieléctricos para fines de mantenimiento no está cubierto por el Art.32-f del Decreto 4741 de 2005 del MAVDT y requiere, por lo tanto, de una reglamentación específica, con restricciones al mantenimiento de equipos ya contaminados con PCB, especialmente cuando el mantenimiento implique el vaciado, la sustitución o recirculación del aceite.

Para controlar la calidad del aceite enviado para mantenimiento o reciclaje en cuanto a la concentración de PCB, se hace necesario establecer, también en forma de normas técnicas, las metodologías y los procedimientos para muestreo y análisis, indicando los métodos considerados válidos, sus restricciones y aplicaciones. Se considera importante establecer la responsabilidad técnica de la emisión de los certificados de análisis en profesionales debidamente habilitados, cualquiera que sea el método de muestreo y análisis.

Se deben tomar todas las medidas posibles para informar a los usuarios, prestadores de servicios de mantenimiento eléctrico, recicladores y chatarreros sobre los peligros, sanciones y pérdidas económicas que pueden resultar de la recepción de materiales contaminados con PCB, así como las responsabilidades y obligaciones inherentes a la contaminación de sus inmuebles y de los bienes de terceros, por la presencia de PCB en sus actividades.

La estrategia que se propone para abordar este objetivo se resume a continuación.

Tabla 40 Lineamientos preliminares de gestión para reducir los impactos sobre la salud humana y el ambiente

Estrategias	Acciones	Actores involucrados
Mejorar la gestión y el manejo de los PCB.	Realizar campañas de sensibilización y talleres de capacitación a las empresas poseedoras de PCB, a receptores, prestadores de servicios de mantenimiento de equipos y exportación de PCB así como, a las autoridades ambientales y sanitarias.	MAVDT, las CAR, Ministerio de la Protección Social, academia, sectores con probabilidad de tener existencias de PCB, consultores especializados
	Desarrollar marcos normativos específicos para el manejo ambientalmente adecuado de los equipos activos e inactivos que contienen PCB y de los aceites con PCB Fortalecer las actividades de control y seguimiento ambiental	MAVDT, Autoridades ambientales, regionales y locales.
	Establecer manuales técnicos, requerimientos y estándares para investigación, diagnóstico, monitoreo y remediación de suelos y de aguas subterráneas contaminadas por PCB.	MAVDT, Ministerio de la Protección Social, autoridades ambientales locales y regionales con apoyo de la academia y consultores especializados
Desarrollar actividades de autogestión por parte de los propietarios de PCB.	Identificar e inventariar las existencias de PCB en sus instalaciones, identificación de posibles sitios contaminados, gestión de los mismos, mantener informes periódicos y documentos de análisis realizados.	Empresas con existencias o con probabilidad de tener existencias de PCB
	Dar cumplimiento a la normativa relacionada con seguridad industrial, salud ocupacional y gestión y manejo de residuos o desechos peligrosos.	Empresas con existencias o con probabilidad de tener existencias de PCB.
	Aislar y rotular los equipos contaminados con PCB. Proveer almacenamientos adecuados dentro de las instalaciones del generador o contratar con terceros servicios licenciados por las autoridades ambientales.	
Controlar la dispersión de los PCB, que se da principalmente por las rutas de contaminación cruzada y por la transferencia de la propiedad de los equipos.	Realizar el mantenimiento de los equipos (transformadores), con empresas responsables haciendo previamente análisis del aceite para determinar la presencia de PCB. A su vez, realizar análisis posteriores para evaluar si el equipo fue contaminado o no durante las labores de mantenimiento.	Empresas con existencias o con probabilidad de tener existencias de PCB.
	No comercializar transformadores o equipos eléctricos a través de remates, bolsas de residuos o a través de cualquier otro mecanismo, sin haber realizado los análisis para establecer la presencia o no de PCB. Gestionar los equipos o aceites con PCB sólo con receptores o gestores autorizados por las autoridades ambientales.	
	Ejercer los mecanismos de control y vigilancia ya previstos en la normativa vigente, sobre la venta de equipos eléctricos y aceites aislantes.	MAVDT, las CAR, Procuraduría Ambiental
	Establecer métodos y procedimientos para el muestreo y análisis de PCB, así como la responsabilidad técnica y legal por los certificados emitidos por las empresas que realizan esta actividad	IDEAM, MAVDT, las CAR, Laboratorios ambientales públicos y privados, academia.

Fuente: Unión Temporal OCADE-SANIPLAN-LITO.

13.2 Promoción de la eliminación de los PCB

En el tema de eliminación de residuos peligrosos (incluyendo PCB) es importante tener claro que los costos que ocasionan la gestión y la eliminación de los mismos son una obligación de los que tienen existencias (estos costos se incorporan generalmente a los costos de sus productos y servicios); y no del Estado. Sin embargo, sí es una responsabilidad del Estado establecer las reglas y las condiciones para que se realice el manejo adecuado y cuando no existan opciones nacionales, promover para que se establezcan. En otras palabras facilitar a los inversionistas la oportunidad de negocios en la prestación de esos servicios. Con esta estrategia, el Estado estará promoviendo un mercado de servicios que resolverá los problemas causados por los residuos peligrosos, con el mínimo costo y el máximo beneficio para la sociedad.

Para estimular el mercado, es importante la divulgación y publicación de este proyecto, para que se conozca como un documento primario de información sobre existencias de PCB en el país. De tal forma que posibles inversionistas nacionales y extranjeros mediante un análisis de costo-beneficio analicen las oportunidades de negocio. De igual forma, la investigación y divulgación de procesos y tecnologías ambientalmente adecuadas y económicamente viables en el país, contribuyen a la solución para el tratamiento y eliminación de PCB y en consecuencia a minimizar los riesgos que para el ambiente y la salud humana, generan este tipo de desechos.

Se deben considerar las directrices de la Convención de Estocolmo – Parte V, para aprobar las técnicas y prácticas ambientales adecuadas para eliminación de los PCB. Las metas y fechas límite se deben fijar de conformidad con la realidad económica y tecnológica del país.

Por último, se observa la ausencia de restricciones al uso de PCB, mientras que tales restricciones suelen ser el primer paso adoptado en muchos países para controlar los problemas ambientales que este residuo genera. Considerando el objetivo que se está proponiendo, las restricciones al uso y reutilización de aceites y equipos con PCB, reducirán su tiempo útil, fortalecerán la demanda de servicios y de sustituciones, incentivando nuevos aportes al mercado.

La estrategia que se propone para abordar este objetivo se resume a continuación.

Tabla 41 Lineamientos preliminares de gestión para promover la eliminación de PCB

Estrategias	Acciones	Actores involucrados
Fomentar la oferta de servicios para el manejo de PCB.	Publicar inventarios y estudios sobre las existencias de PCB en el país, manejando con prudencia la identificación de los propietarios y apoyando las gestiones de empresarios con el fin de atraer la inversión privada.	MAVDT, las CAR, Sectores con probabilidad de tener existencias de PCB, consultores especializados
	Establecer a través de normas los criterios y requisitos para el almacenamiento y tratamiento de aceites con PCB en el país, así como la descontaminación y reciclaje de equipos contaminados (alternativas de eliminación).	MAVDT y autoridades ambientales, regionales y locales
	Establecer términos de referencia claros y unificados para las diferentes actividades de manejo de PCB. Con el fin de garantizar un proceso de licenciamiento ambiental más ágil y efectivo.	Autoridades ambientales regionales y locales
	Promover la presentación y divulgación de procesos y tecnologías ambientalmente adecuadas para el tratamiento y eliminación de PCB, de acuerdo con las directrices establecidas por el Convenio de Estocolmo.	MAVDT, las CAR, Sectores con probabilidad de tener existencias de PCB, consultores especializados, empresas prestadoras de los servicios de manejo de residuos peligrosos
Estimular la sustitución de los equipos que contienen PCB y la eliminación de manera ambientalmente segura.	Fijar plazos graduales para la eliminación de los PCB teniendo en cuenta el plazo máximo establecido en el Convenio de Estocolmo.	MAVDT, las CAR, Sectores con probabilidad de tener existencias de PCB, consultores especializados, empresas prestadoras de los servicios de manejo de residuos peligrosos
	Estudiar la viabilidad económica y técnica para la implementación de infraestructura en el país para la eliminación de PCB.	MAVDT, las CAR, Sectores con probabilidad de tener existencias de PCB, consultores especializados, empresas prestadoras de los servicios de manejo de residuos peligrosos
	Evaluar la infraestructura existente en el país, con miras a viabilizar alguna(s) alternativas de eliminación, teniendo en cuenta las tecnologías avaladas por el Convenio de Estocolmo.	
	Facilitar la financiación o promover y diseñar incentivos fiscales o tributarios para la adquisición de equipos sustitutos y/o para la instalación de infraestructura en el país para la eliminación de PCB.	

13.3 Garantizar el cumplimiento de los compromisos del Convenio de Estocolmo

El Inventario Preliminar de PCB constituye un primer esfuerzo que reúne importantes elementos para la planeación y la toma de decisiones estratégicas. Por otra parte, del Convenio de Estocolmo se deriva el compromiso por parte de los poseedores de PCB para identificar e inventariar sus existencias para que el Gobierno Nacional con base en consolidados regionales y nacionales pueda presentar informes de avance respecto de la eliminación, por periodos de cinco años. Para ayudar a cumplir con este compromiso, se presentan estos lineamientos y se recomienda que sean tenidos en cuenta por todos los actores involucrados.

Se debe establecer un plan de desactivación y de eliminación de los equipos con PCB que contenga una escala gradual de prioridades, con plazos diferenciados por tipo y tamaño de empresa, que sea

operacional y económicamente viable, de tal forma que permita alcanzar el objetivo central de cumplir con los plazos máximos que fija el Convenio de Estocolmo.

Los plazos que se establezcan deben ser viables y atractivos para los inversionistas de las ofertas de servicios y para que las empresas puedan absorber los costos derivados de la sustitución de sus equipos.

Aunque la importación de residuos tóxicos como los PCB está prohibida en Colombia por mandato Constitucional, se verificó durante el estudio la ocurrencia de una importación indebida en el año 2004. Para prevenir estas situaciones se deben fortalecer las gestiones y perfeccionar el conocimiento de las autoridades aduaneras con respecto a los aceites dieléctricos y a los equipos que podrían contenerlos. Una estrategia sencilla para fijar las responsabilidades y obtener informaciones correctas, sería exigir al importador que presente una declaración del fabricante del equipo eléctrico o aceite, con el respectivo certificado técnico comprobando la inexistencia de PCB.

Tabla 42 Lineamientos preliminares de gestión para garantizar el cumplimiento de los compromisos del Convenio de Estocolmo

Estrategias	Acciones	Actores involucrados
Ampliar y perfeccionar periódicamente el inventario de PCB, con base en el principio y en las acciones de auto-gestión.	Establecer la obligatoriedad, para los propietarios y empresas con existencias de PCB, para identificar e inventariar sus existencias de PCB.	Autoridades ambientales, empresas con probabilidad de existencias de PCB
	Dentro del Plan de Gestión Integral de residuo o desechos peligrosos que formule cada empresa pública o privada generadora de respel (con base en lo establecido en el Decreto 4741 de 2005), formular e implementar acciones, estableciendo plazos para la gestión y manejo adecuado de sus PCB.	Empresas con existencias de PCB
Retirar de uso los equipos con PCB, teniendo en cuenta la fecha límite, año 2025.	Establecer el Plan Nacional de Eliminación de PCB, con un cronograma para la desactivación de los equipos con PCB, con base en criterios tales como el contenido de PCB, la ubicación y las características de la empresa propietaria o la ubicación de los equipos.	MAVDT, Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de la Protección Social, Autoridades ambientales locales y regionales, sectores con probabilidad de existencias de PCB
Fortalecer las acciones de control y seguimiento por parte de las autoridades ambientales, sanitarias y aduaneras.	Ejercer mayor control y vigilancia para evitar las importaciones de estas sustancias en el país, mayor control sobre las instalaciones poseedoras de PCB para velar por el manejo adecuado de estos residuos.	MAVDT, Aduanas, Autoridades ambientales locales y regionales, autoridades sanitarias, policivas y de transporte

14 Recomendaciones para inventarios posteriores de PCB

- Para precisar un inventario real de PCB en el país, se debe partir de la base de datos entregada en el Inventario Directo de PCB, de tal forma que tanto el registro de los propietarios de los equipos como las cantidades reportadas puedan ser verificadas y actualizadas continuamente mediante instrumentos de gestión que sean diseñadas por las autoridades ambientales competentes. A esa base de datos se deberá incorporar la información que suministren otras empresas o instituciones que posean PCB y que mediante la aplicación de tales instrumentos permitan que esa información sea suministrada.
- Para avanzar en la consolidación del inventario nacional de PCB para el país, se deberán desarrollar los instrumentos de gestión que permitan verificar los logros en la eliminación de PCB para ser presentados ante la Secretaría del Convenio de Estocolmo.
- Es necesario que las autoridades ambientales locales y regionales cuenten con una base de datos que permita incorporar la información tomada y suministrada por las empresas con tenencia de PCB y mantener la información actualizada y consolidada a nivel regional y nacional. Este programa deberá ser diseñado a nivel nacional y acorde con los procesos que adelanta el IDEAM sobre suministro y manejo de la información. El registro de generadores de residuos o desechos peligrosos que comenzará a regir en el año 2007 a nivel nacional puede ser uno de estos instrumentos.
- Para cumplir con los objetivos propuestos en los lineamientos de gestión presentados en este estudio es importante avanzar en la reglamentación del Decreto 4741 de 2005, específicamente sobre los aspectos relacionados con los PCB (obligatoriedad de realizar y presentar los inventarios a las autoridades ambientales; métodos y equipos de análisis; registro de laboratorios y empresas aprobadas para realizar los análisis, manejo y eliminación de PCB; registro de empresas autorizadas para realizar mantenimiento de equipos con aceites dieléctricos; protocolos para análisis, control de inventarios y seguimiento a la contaminación cruzada, etc.) y desarrollar a la mayor brevedad el Plan Nacional de Eliminación de PCB que se establece como etapa subsiguiente a la elaboración del inventario preliminar de PCB, el cual formará parte del Plan Nacional de Aplicación del Convenio de Estocolmo del país.

Anexo 1. Relación de nombres comerciales y sinónimos de los PCB

Abuntol	Diconal	PCB
Aceclor	Diphenyl, chlorinated	PCB's
Acooclor	Disconon	PCBs
Adine	DK	Pheaclor
Adkarel	Ducanol	Phenechlor
ALC	Duconal	Phenoclor
Apirolio	Duconol	Phyralene
Apirorlio	Dukanol	Physalen
Areclor	Dykanol	Plastivar
Arochlor	Dyknol	Polychlorinated biphenyl
Arochlors	Educarel	Polychlorinated biphenyls
Aroclor	EEC-18	Polychlorinated diphenyl
Aroclors	Elaol	Polychlorinated diphenyls
Aruben	Electrophenyl	Polychlorobiphenyl
Arubren	Elemex	Polychlorodiphenyl
Asbestol	Elinol	Prodelec
ASK	Eucarel	Pydraul
Askarel	Fenchlor	Pyraclor
Auxol	Fenclor	Pyralene
Bakola	Fenocloro	Pyranol
Bakola 131	Gilotherm	Pyroclar
Biclor	Hexol	Pyroclor
Biphenyl, clorinated	Hivar	Pyrocolor
BPC	Hydol	Pyronol
Capacitor 21	Hydrol	Safe-T-America
Chlophen	Hyrol	Saf-T-Kohl
Chloreto	Hyvol	Saft-Kuhl
Chlorextol	Inclor	Saf-T-Kuhl
Chlorinated biphenyl	Inerteen	Santosafe
Chlorinated diphenyl	Interteen	Santosol
Chlorintol	Kanechlor	Santoterm
Chlorobiphenyl	Kaneclor	Santotherm
Chlorphen	Kennechlor	Santothern
Chorextol	Kenneclor	Santovac
Clophen	Leromoll	Sauthotherm
Clophen Apirorlio	Magvar	Sautotherm
Clophenharz	MCS 1489	Siclonyl
Cloresil	Montar	Solvol
Clorinal	Nepolin	Sorol
Clorinol	Niren	Soval
Clophen	No-Famol	Sovol
Decachlorodiphenyl	NoFlamol	Sovtol
Delor	No-Flamol	Terphenychlore
Delorene	Nonflammable liquid	Thermal
Diachlor	Non-Flamol	Therminol
Diaclor	Olex-sf-d	Turbinol
Dialor	Orophene	
Dicolor	Oykanol	

Anexo 2. Formato de encuesta para recopilación de información directa

FORMATO N° 5 FORMATO ÚNICO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DIRECTA DE EQUIPOS, ACEITES, RESIDUOS E IDENTIFICACIÓN DE PCB

Número de registro:	
Fecha:	

A	INFORMACIÓN SOBRE LA EMPRESA QUE SUMINISTRA INFORMACIÓN	
1	Nombre y/o razón social:	
2	Dirección:	
3	Teléfono, Fax, Correo electrónico:	
4	Nombre y cargo de persona que suministra información:	
5	Tipo de empresa/sector (marcar casilla respectiva)	Eléctrico _____, Hidrocarburos _____ Minería _____, Defensa y militar _____, Transporte _____ Manufacturero (incluidos sectores azucarero, químico, textil, etc.) _____

Favor suministrar la siguiente información:

N°	Tipo de equipo 1	Localización	En uso o desuso ²	Marca de equipo	País fabricación	Año de fabricación	Número de serie	Potencia y/o voltaje (kVA)
1.								
2.								

Continuación

N°	Peso total estimado de equipo	Tipo de aceite aislante (indicado en la placa)	Volumen de aceite estimado (Litros)	Peso de aceite, (Kg)	Análisis de presencia de PCB, tipo de análisis practicado ³	Concentración de PCB ⁴	Hoja de Vida de transformador 5
1.							
2.							

Guía para diligenciamiento del formato:

1. Tipo de equipo: puede ser un transformador, condensador, aceite dieléctrico en caneca, desechos sólidos empacados (canecas con residuos de muestreos, absorbente impregnado de aceite, canecas con suelo contaminado, etc.)
2. En uso o desuso: si se encuentra energizado, solamente se pone "sí", y cuando es equipo en desuso, canecas con residuos o aceites, se debe poner "no"
3. Análisis PCB: cuando no se ha practicado ningún análisis, se indica "no", cuando se practicó análisis, debe indicar en caso de KIT Clor-N-Oil: "KIT", en caso de uso de electrodo selectivo: "ES", y en caso de cromatografía de gases: "CG"
4. Concentración: En caso de análisis con KIT se debe indicar < 50 ppm ó > 50 ppm; en caso de contar con análisis cuantitativo, indicar la concentración exacta.
5. Hoja de Vida: favor indicar si cuenta o no con la hoja de vida donde se indica el programa de mantenimiento preventivo o correctivo de transformador, pruebas realizadas, etc. En caso positivo solamente indica "sí", en caso negativo "no".

Al finalizar, favor suministra la siguiente información:

1. ¿Su personal cuenta con los conocimientos y capacitación sobre el tema de PCB (Bifenilos Policlorados)?

2. ¿En caso de realizar los análisis de PCB, con qué laboratorio o equipos cuenta?

3. ¿Hay algún sitio de almacenamiento de PCB en su empresa, o alquilado o prestado? En caso positivo, ¿cuáles son sus condiciones? ¿Qué cantidad de PCB se encuentra allí almacenada?

4. ¿En su empresa, hay algún plan de acción para eliminar PCB? ¿Está en proyecto? ¿Actividades de eliminación anteriores? ¿Se ha previsto algún calendario?

¡Gracias por su tiempo, dedicado a diligenciar este formulario!

¡Por una Colombia más saludable!

Anexo 3. Cuestionario para Inventario de PCB

FORMATO N° 8 INVENTARIO DE EQUIPO QUE CONTENGA PCB POR MEDIO DE VISITA DIRECTA

Número de registro:	
Fecha:	
Inspector:	

A	Información sobre la empresa y el sitio		
1	Nombre:		
2	Dirección:		
3	Dirección del sitio: (si difiere del anterior)		
4	Teléfono:		
	Fax:		
	Correo electrónico:		
5	Nombre y cargo de quien atendió la visita:		
6	Tipo de empresa/ tipo de industria /producción en este sitio:		
7	¿Empresa pública o privada?		
8	Lugar:	Zona industrial	
		Otra zona urbana	
		Zona rural	
9	Número de empleados en el sitio visitado:	>50	
		10 - 50	
		<10	
10	Número total de equipos en el sitio:	Transformadores	
		Condensadores	
		Otros	
11	Consumo total de electricidad en el sitio	En 1985	kWh / año
		Actualmente	kWh / año
12	¿Hay algún plan de acción para eliminar PCB? - ¿Está en proyecto? - ¿Actividades de eliminación anteriores? - ¿Se ha previsto algún calendario	(en hoja aparte si es necesario)	

B		Información correspondiente al equipo que pueda contener pcb (rellenar una sección b completa por cada equipo y adjuntar)	
1	Nombre del fabricante y país de origen:		
2	Tipo (transformador, condensador, etc.):		
3	Número de serie:		
4	Potencia (voltaje):		
5	Fecha de fabricación:		
6	Peso	Equipo (peso seco, Kg.)	
		Aceite/líquido (L. o Kg.)	
		Peso total (Kg.)	
		Dimensiones del equipo (largo, ancho, alto, en pies o metros)	
7	Nombre del líquido o aceite aislante/ refrigerante, etc.:		
8	Contenido de PCB del líquido	> 50 ppm PCB	
		< 50 ppm PCB	
		El líquido no contiene PCB (según la placa)	
		Contenido de PCB desconocido	
Equipo vaciado			
9	Especificar si se hizo análisis de PCB, cuándo y con qué método		
10	Indicar la fuente de la información anterior (ej.: placa o rótulo en el equipo)		
11	Situación operativa del equipo	En uso: sí/ desde cuándo	
		En espera	
		Desmantelado	
12	Condiciones del equipo	¿Filtraciones?	
		¿Requiere intervención inmediata?	
Condiciones de almacenamiento (ej.: al aire libre, en recinto cerrado, etc.)			
13	Mantenimiento del equipo	¿Rellenado?	
		¿Cuándo se rellenó por última vez?	
		Nombre de la compañía que efectuó el relleno	
		¿Con qué líquido o aceite aislante se rellenó?	
Nombre del líquido o aceite aislante originales, si se saben			
14	Otras observaciones	(en hoja aparte si es necesario)	

C		Información sobre desechos susceptibles de contener PCB
1	Naturaleza de los desechos (ej.: aceite de transformador en barriles o depósitos):	
2	Cantidad estimada:	
3	¿Están los recipientes protegidos contra filtraciones?:	
4	¿Está claramente señalado el lugar de almacenamiento de modo que indique la presencia de PCB?:	
5	¿Se ha contaminado el suelo o las edificaciones debido a filtraciones de PCB? (indique en lo posible la magnitud del problema: metros cúbicos o Toneladas de suelo contaminado):	
6	Breve recuento de actividades de rehabilitación: retiro de equipo y desechos con PCB para ser eliminados (fecha, empresa a cargo, destino, etc.)	
7	Otra información pertinente (ej.: resultados de toma de muestras y análisis)	(en hoja aparte si es necesario)

D		Registro de la visita
1	Representantes de la empresa Nombres, cargos, firmas y fecha	
2	Inspector de Unión Temporal Nombres, firmas y fecha	

Anexo 4. Formato de encuesta a autoridades ambientales

PROYECTO DE INVENTARIO DE EXISTENCIAS DE PCB EN COLOMBIA ENCUESTA A LAS AUTORIDADES AMBIENTALES DEL PAIS

A. Información General			
NOMBRE DE AUTORIDAD AMBIENTAL:			
Nombre de la persona que suministra la información			
Cargo		Dependencia	
Teléfono		Fax	
Nombre de la persona(s) responsable(s) del tema de residuos peligrosos, sustancias y riesgos químicos, COP y PCB en la Autoridad Ambiental o temas relacionados con el sector eléctrico			
Correo Electrónico			
B. Información sobre la zona de jurisdicción			
¿Qué tipo de actividades se desarrollan principalmente en su zona de jurisdicción: producción industrial, generación eléctrica, distribución eléctrica, complejos petroleros, extracción de minerales, complejos agroindustriales? Descríbalas brevemente.			
C. Componente Institucional			
¿Tiene la institución algún tipo de reglamentación, programas de vigilancia y control, acciones de seguimiento en materia de residuos peligrosos y los Bifenilos Policlorados (PCB)? Descríbalas brevemente.			
¿Realiza la Autoridad Ambiental alguna actividad de vigilancia y/o monitoreo a instalaciones de generación, almacenamiento o manejo de PCB? Descríbalos brevemente.			
¿Ha otorgado la institución alguna actividad de vigilancia y/o monitoreo a instalaciones de generación, almacenamiento o manejo de PCB? Descríbalos brevemente.			
En relación con el cumplimiento de normas nacionales o regionales, ¿ha desarrollado la Autoridad algún tipo de proceso sancionatorio? ¿Porqué causa? ¿A quienes? ¿Qué tipo de sanciones ha impuesto?			

D. Investigaciones, estudios o proyectos		
¿Tiene la Autoridad Ambiental alguna investigación, estudio o proyecto sobre Bifenilos Policlorados, su manejo, e impactos, ya sean contratados o realizados por la propia institución?		
Nombre de la investigación, estudio o proyecto	Año	Objetivo
¿Dispone la autoridad ambiental de información sobre muestreos de PCB en el área de su jurisdicción?		
¿Conoce usted de empresas en el área de su jurisdicción que hayan realizado, inventario de PCB? Por favor nombrarlas.		

E. Licencias y permisos ambientales				
¿Cuáles han sido las licencias ambientales otorgadas por la Autoridad Ambiental para las siguientes actividades relacionadas con los Bifenilos Policlorados?				
Actividad	Número y fecha de la Resolución	Nombre de la empresa autorizada	Vigencia	Ubicación (Municipio)
Almacenamiento				
Aprovechamiento/ Recuperación				
Tratamiento				
Disposición/ Eliminación final				
¿Conoce o dispone usted de información sobre remates, subastas etc., en las que están involucrados equipos, transformadores, condensadores, balastos y aceites de uso eléctrico? Si la respuesta es sí indique el lugar y la fecha.				
Cantidad de equipos o aceites contaminados con PCB.				
F. Información Específica sobre los Bifenilos Policlorados				
¿Conoce la Autoridad Ambiental la existencia de sitios contaminados o almacenamientos/entierros o abandonos ilegales de PCB en el área de su jurisdicción? Detallar información: Ubicación, área, cantidad.				
G. Documentación Existente				
¿Posee la Autoridad Ambiental algunos documentos, registros, encuestas, informes de visitas, formularios de inspección, etc. sobre el tema de PCB y los que soportan la información anterior? ¿Cuales?				
Información adicional. Sugerencias.				

Referencias

- AVR – Industrial Waste, berenschot, meurs, Tratamientos Tecnológicos. (2004). Metodología inventario de PCB final. Mayo 2004, Versión 1. San José de Costa Rica: Autor.
- NIP Convenio de Estocolmo Uruguay, GEF, UNEP. (2006). PCB: Plan nacional de implementación Uruguay, Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Montevideo: Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Dirección Nacional de Medio Ambiente. Departamento de Sustancias Químicas.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (1998). Inventario de la capacidad mundial de destrucción de bifenilos policlorados. Primer número. Ginebra: Productos Químicos, PNUMA, en cooperación con la Secretaría del Convenio de Basilea (SCB).
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2004). Directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de desechos consistentes en bifenilos policlorados (PCB), Terfenilos Policlorados (PCT) o Bifenilos Polibromados (PBB), que los contengan o estén contaminados con ellos. Ginebra: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, Convenio de Basilea.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2005). Eliminando los COP del mundo: guía del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes. Ginebra: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Productos Químicos. (2002a). Informe regional de América Central y el Caribe: Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes. Ginebra: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Productos Químicos. (2002b). Transformadores y condensadores con PCB: desde la gestión hasta la reclasificación y eliminación. Primera edición. Ginebra: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Productos Químicos. (2004). Manual de Chile sobre el manejo de Bifenilos Policlorados (PCB; Askareles), un estudio de caso sobre la aplicación de guías. Ginebra: Autor.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Fondo para el Medio Ambiente Mundial. (2002). Memorias taller subregional para el apoyo a la aplicación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Montevideo, Uruguay: Autor.
- United Nations Environment Programme UNEP Chemicals. (1999). Guidelines for the identification of PCBs and materials containing PCBs. First Issue. Ginebra: Autor.
- United Nations Environment Programme, Convenio de Basilea. (2003). Preparación de un plan nacional de manejo ambientalmente adecuado de los bifenilos policlorados (PCB) y de equipos contaminados con PCB. Manual de Capacitación (Serie del Convenio de Basilea No. 2003/01). Ginebra: Autor.
- Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (2003). Boletín Estadístico de Minas y Energía 1994 - 2004. Bogotá: Autor.

Sitios de internet consultados

- www.dian.gov.co
- www.andi.gov.co
- www.minambiente.gov.co
- www.creg.gov.co
- www.sui.gov.co
- www.upme.gov.co
- www.pops.int/documents/guidance/PCB_inform_sp.pdf.
- www.cvc.gov.co/asi es la cvc/nuestra historia.

Diseño e Impresión
SANMARTÍN OBREGÓN & CIA. LTDA.
Cra. 28B No. 71 - 54 PBX: 650 0589
sanmartin_o@etb.net.co
Bogotá, D.C. - Colombia

Catalogación en la fuente:

Cítese como:

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Grupo de Sustancias Químicas y Residuos Peligrosos / Unión Temporal Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial OCADE – Compraventas de Segunda LITO y Engenharia e Administração de Resíduos SANIPLAN.

Inventario preliminar de compuestos bifenilos policlorados –PCB existentes en Colombia. Proyecto de actividades habilitadoras en el marco del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP). Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / GEF / BM, 2007

92 p.

ISBN : 978-958-97978-4-6

1. Bifenilpoliclorados
2. Contaminantes Orgánicos Persistentes
3. Inventarios
4. Residuos peligrosos
5. Estadísticas
6. Gestión ambiental
7. Convenio de Estocolmo



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial**
República de Colombia

Catalogación en la fuente:

Cítese como:

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Grupo de Sustancias Químicas y Residuos Peligrosos / Unión Temporal Organización de Control Ambiental y Desarrollo Empresarial OCADE – Compraventas de Segunda LITO y Engenharia e Administração de Resíduos SANIPLAN.

Inventario preliminar de compuestos bifenilos policlorados –PCB existentes en Colombia. Proyecto de actividades habilitadoras en el marco del Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP). Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial / GEF / BM, 2007

92 p.

ISBN : 978-958-97978-4-6

1. Bifenilpoliclorados
2. Contaminantes Orgánicos Persistentes
3. Inventarios
4. Residuos peligrosos
5. Estadísticas
6. Gestión ambiental
7. Convenio de Estocolmo