

---

Desarrollo de la Capacidad Nacional para la Gestión y Eliminación  
Ambientalmente Adecuada de PCB en Colombia

---

Manual para la Gestión Integral de  
Bifenilos Policlorados - PCB

---

# No. 4.

## MARCADO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS QUE CONSISTEN, CONTIENEN O PUEDEN CONTENER PCB Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB

---



MINAMBIENTE



**TODOS POR UN  
NUEVO PAÍS**  
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN



gef



PN  
UD  
Al servicio  
de las personas  
y las naciones



COLOMBIA  
LIBRE DE  
PCB

## REPÚBLICA DE COLOMBIA

**Juan Manuel Santos Calderón**

Presidente

**Gabriel Vallejo López**

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Pablo Vieira Samper**

Viceministro de Ambiente

**Francisco José Gómez Montes**

Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana

**Andrea López Arias**

Coordinadora Grupo de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos y UTO

### Con el apoyo de:

Fondo Mundial para el Medio Ambiente - GEF y Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD

## EQUIPO DE TRABAJO

Coordinación

**José Álvaro Rodríguez Castañeda** - Coordinador

Nacional Proyecto PCB

Textos

**Fabián Mauricio Pinzón Rincón** - Consultor Proyecto

PCB MinAmbiente

## EQUIPO TÉCNICO

**Claudia Patricia Neira Cuellar** – Consultora Técnica PCB.

**Edwin Camelo Martínez** - Consultor Técnico PCB

**Jaime Eduardo Ramírez Henríquez** - Consultor Técnico PCB

Corrección:

**María Emilia Botero Arias**

Minambiente - Subdirección de Educación y Participación

Diagramación:

**Una Tinta Medios SAS**

## Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados - PCB

### No. 4. Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden contener PCB y desechos contaminados con PCB

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015

*Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.*

**No comercializable - Distribución gratuita**

### PROYECTO COL 84851/71268

DESARROLLO DE LA CAPACIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN Y ELIMINACIÓN

AMBIENTALMENTE ADECUADA DE PCB EN COLOMBIA. Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD

Catalogación en Publicación. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden contener PCB y desechos contaminados con PCB [recurso electrónico] / Textos: ; Pinzón Rincón, Fabián Mauricio – Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana MinAmbiente. -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.

38 p. : ; – ( Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados – PCB ; no. 4)

Proyecto COL 84851/71268 Desarrollo de la capacidad nacional para la gestión y eliminación ambientalmente adecuada de PCB en Colombia  
Proyecto del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible con el apoyo de GEF y PNUD.

ISBN OBRA COMPLETA: 978-958-8901-11-4

ISBN NÚMERO EN LA SERIE: 978-958-8901-15-2

1. Bifenilpoliclorados 2. Contaminantes orgánicos persistentes 3. Gestión ambiental I. Tit. II. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible III. Serie IV. Centro de Investigación y Desarrollo del Sector Eléctrico CIDET

CDD: 628.5



# Agradecimientos

Ing. Cristian Julián Díaz Álvarez – Director de Ingeniería Ambiental de la Universidad Central por sus valiosas orientaciones conceptuales y metodológicas para la elaboración de este documento.

Qca. Martha Cecilia Hoyos Calvete – Consultora Ambiental por sus importantes aportes en la revisión de los contenidos finales del documento.

A todas las autoridades y entidades ambientales, empresas relacionadas con el sector eléctrico y energético, así como todos los profesionales que contribuyeron con sus aportes para la estructuración y elaboración de este documento.





# Contenido

---

<b>Introducción</b>	<b>4</b>		
<b>1. ELEMENTOS A SER CONSIDERADOS PARA EL MARCADO</b>	<b>6</b>		
1.1. Equipos	8		
1.2. Residuos o desechos	12		
<b>2. CONSIDERACIONES PARA EL MARCADO DE EQUIPOS Y DESECHOS</b>	<b>14</b>		
2.1. Lineamientos básicos	16		
2.2. Recomendaciones técnicas para el proceso de marcado	17		
<b>3. ALTERNATIVAS PARA EL MARCADO</b>	<b>20</b>		
3.1. Generalidades referentes a la etiqueta	22		
3.2. Alternativas para el marcado de equipos	23		
3.2.1. Alternativa 1. Placa característica del equipo	23		
3.2.2. Alternativa 2. Código alfanumérico en placas o etiquetas adhesivas	24		
3.2.3. Alternativa 3. Códigos de identificación automática sobre placas o etiquetas adhesivas	25		
3.2.4. Alternativa 4. Código alfanumérico de pintura epóxica o aerosol	26		
3.2.5. Alternativa 5. Diagrama impreso en placa para equipos en subestaciones y otros sitios donde se tiene alto riesgo eléctrico debidamente justificado	27		
3.3. Alternativas para el marcado de desechos contaminados con PCB	28		
3.4. Criterios de selección de alternativas	29		
3.5. Síntesis de las alternativas de marcado de equipos y desechos	30		
<b>Glosario</b>	<b>32</b>		
<b>Acrónimos – Siglas</b>	<b>33</b>		
<b>Referencias</b>	<b>34</b>		

# Introducción

El presente documento tiene como propósito poner a disposición, de los usuarios interesados, una guía con los aspectos más relevantes que faciliten el proceso de marcado de los diferentes elementos y equipos que hayan contenido o contengan fluidos dieléctricos en estado líquido, o desechos contaminados con PCB.

El texto presentado fue compilado a partir del documento técnico derivado del proyecto colaborativo entre el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico – CIDET y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adelantado durante el año 2014, y cuyo objetivo fue recopilar los elementos más relevantes a tener en cuenta durante la etapa de marcado de equipos y de desechos contemplados en el campo de aplicación de la normativa ambiental vigente en materia de gestión integral de PCB<sup>1</sup> y cuyas obligaciones específicas se encuentran allí establecidas.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que si bien el marcado, como una de las etapas iniciales en el reconocimiento de las existencias de PCB de cada propietario, facilita la asignación de un distintivo (rótulo, etiqueta o placa) con un código o información de identificación que permita tener trazabilidad sobre los equipos y desechos a través del Inventario Nacional de PCB, éste debe contribuir y ser complementado con

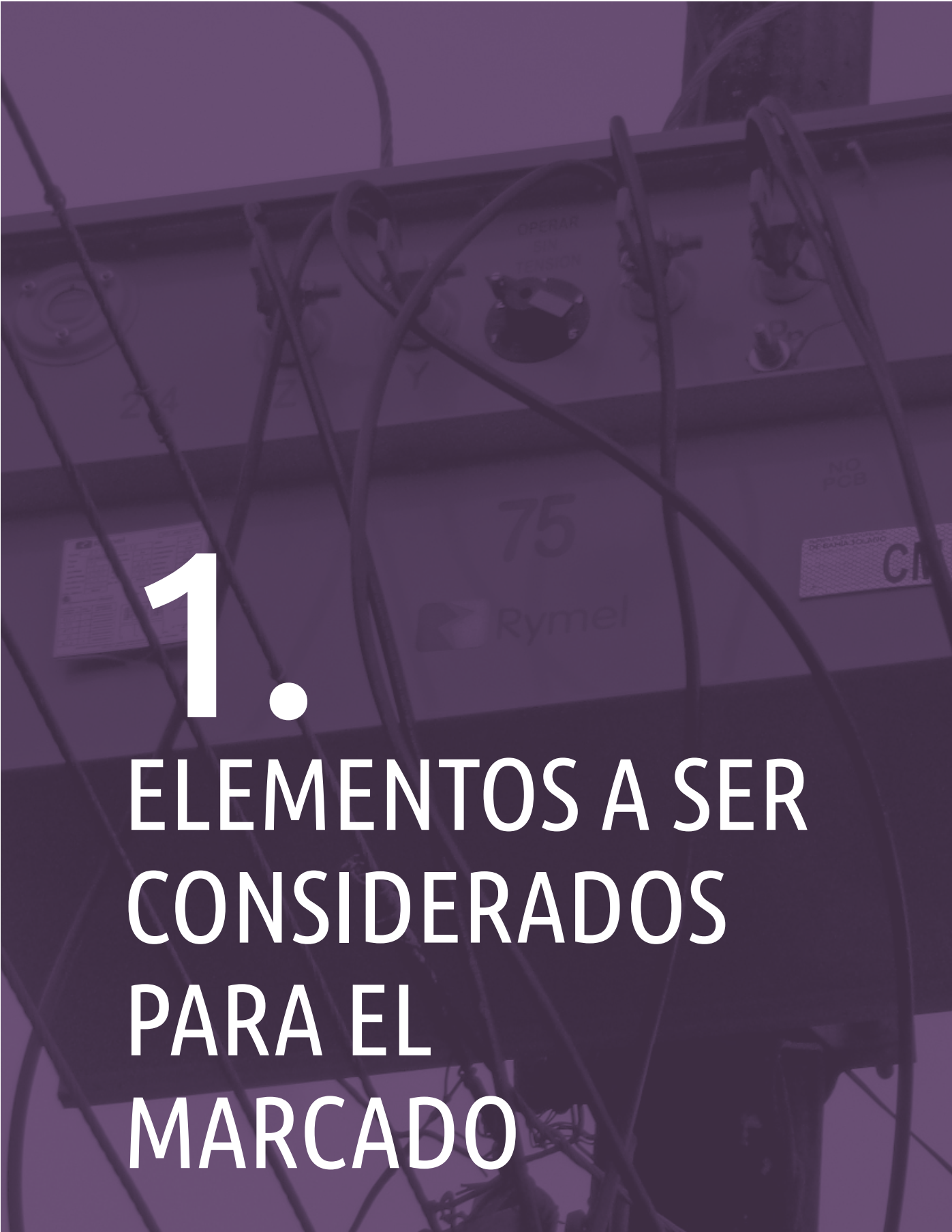
actividades enfocadas a la identificación específica de la presencia o no de PCB en ellos, ya sea a través de ensayos analíticos o a partir de las características de origen del elemento.

En este sentido, cabe aclarar que los aspectos asociados con la identificación y análisis de muestras, así como las consideraciones relativas al rotulado de vehículos para su transporte, no serán abordados en este documento, sino que se sugiere que el lector consulte los documentos N° 3 “Muestreo, toma de muestras, análisis e identificación de equipos y desechos contemplados en la normativa ambiental de PCB” y N° 6 “Manejo ambientalmente racional de equipos y desechos contaminados con PCB” del presente manual.

---

<sup>1</sup> Resolución 222 de 2011 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con bifenilos policlorados (PCB) o aquella que la modifique, sustituya o complemente.





# 1. ELEMENTOS A SER CONSIDERADOS PARA EL MERCADO





## Contenido Numeral 1

1.1.	Equipos	8
1.2.	Residuos o desechos	12

**D**e acuerdo con las consideraciones que se han previsto en la normativa ambiental vigente<sup>2</sup>, los elementos susceptibles a ser marcados son los equipos en uso y en desuso que hayan contenido o contengan fluidos dieléctricos en estado líquido y los desechos contaminados con PCB. A continuación se describen cada uno de estos elementos.

*Se debe recordar que en Colombia se tiene como meta haber marcado e identificado el 100% de los equipos del Inventario Nacional de PCB, a más tardar el 31 de diciembre de 2024.*

### 1.1. Equipos

En la **tabla 1** se describen a manera de ejemplo, algunos de los tipos de equipos más comúnmente utilizados en los diferentes procesos asociados a la cadena de suministro de energía eléctrica: generación, transmisión y distribución. Sin embargo, no se debe olvidar que la obligación de marcado va dirigida a todos los equipos o dispositivos que hayan contenido o contengan fluidos dieléctricos en estado líquido, por lo que es menester advertir que el marcado no podrá limitarse a los ejemplos aquí presentados, sino que también debe hacerse para otros tipos de equipos que aunque no sean citados en este documento, se encuentren dentro del ámbito de aplicación de la normativa ambiental vigente para gestión integral de PCB<sup>3</sup>.





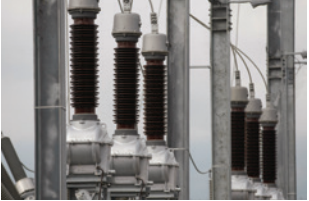


#### ◀ Equipo marcado

<sup>2</sup> En especial el parágrafo del artículo 2 de la Resolución 222 de 2011 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con bifenilos policlorados (PCB) o aquella que la modifique, sustituya o complemente.





<sup>3</sup> De acuerdo con el artículo 2 de la Resolución 222 de 2011 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.


Tabla 1. Tipos de equipos susceptibles de contener PCB utilizados en la cadena de suministro de energía eléctrica

Tipo de equipo	Generación (1)	Transmisión (2)	Distribución (3)
<p>Interruptores</p> 	<p>De acuerdo con las normas ANSI e IEC, un interruptor es un dispositivo capaz de conectar, conducir e interrumpir corrientes bajo condiciones normales y también conectar y conducir corrientes por tiempo determinado e interrumpirlas bajo condiciones anormales o de falla, tales como las de corto circuito (PÉREZ, 2012)</p>		
<p>Reconectadores</p> 	<p>Están ubicados generalmente en las subestaciones de las etapas de generación y de transmisión y tienen dos funciones básicas: garantizar confiabilidad y la protección ante sobrecorrientes. (ABB, 2014).</p>		
<p>Transformadores de potencia</p> 	<p>Transformador que transfiere energía eléctrica en cualquier parte del circuito entre el generador y los circuitos de distribución primaria.</p>		
<p>Reactores de potencia</p> 	<p>Se encargan de compensar la generación capacitiva en las líneas de transmisión largas o en sistemas de cable de gran longitud. Son usados en servicio permanente para estabilizar la transmisión de potencia, o conectados solamente en condición de carga ligera para el control de la tensión, de esta manera reducen los costos de transmisión (ABB, 2011).</p>		
<p>Transformadores de corriente (CT)</p> 	<p>Transformador de medida diseñado para tener su devanado primario conectado en serie con el conductor que lleva la corriente a ser medida o controlada. (NTC 317, 1998). Son equipos destinados a alimentar los instrumentos de medida y control; por lo que reducen la tensión a valores no peligrosos y normalizados según las características de intensidad de una red eléctrica (ABB, 2009)</p>		

1. Elementos a ser  
considerados para el marcado

**N° 4 Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden  
contener PCB y desechos contaminados con PCB**

Tipo de equipo	Generación (1)	Transmisión (2)	Distribución (3)
<p>Transformadores de tensión o de potencial (PT)</p> 			<p>Transformador de medida diseñado para tener su devanado primario conectado en derivación con una fuente de potencia, cuya tensión será medida o controlada. (NTC 317, 1998)</p> <p>La función de los transformadores de voltaje, es reducir la tensión a valores no peligrosos y normalizados según su nivel de tensión en una red eléctrica. De esta manera, se evita la conexión directa entre los instrumentos y los circuitos de alta tensión, que sería peligroso para los operarios y requeriría cuadros de instrumentos con aislamiento especial (ABB, 2009).</p>
<p>Bancos de condensadores</p> 			<p>Son aptos para su utilización en sub-estaciones de baja y media tensión donde se desee compensar la energía reactiva (o factor de potencia) que consumen los motores eléctricos y las demás cargas.</p> <p>La compensación de energía reactiva mediante bancos de condensadores se efectúa para evitar generación de energía reactiva al proveedor de energía eléctrica, y así disminuir caídas de tensión, para minimizar pérdidas de energía, para ampliar la capacidad de transmisión de potencia activa en los cables; entre otras aplicaciones.</p> <p>En casos especiales los bancos de condensadores también pueden funcionar como filtros de armónicos para lo cual es necesario insertar una inductancia en serie con cada paso de condensadores (PROMELSA, 2008)</p>
<p>Reguladores de tensión</p> 	<p>Son dispositivos utilizados por las empresas proveedoras de energía para solucionar problemas de sobretensión o subtensión en líneas de distribución y transmisión. (Electroingeniería ICS S.A., 2014)</p>		
<p>Transformadores de distribución (tipo poste)</p> 			<p>Transfiere energía de un circuito de distribución primario a un circuito de distribución secundario o circuito de servicio al consumidor, adecuado para instalar en poste o en una estructura similar. (NTC 317, 1998). Son utilizados para alimentar cargas residenciales, comerciales e industriales de baja tensión, como: fraccionamientos residenciales, zonas urbanas, pequeña industria, comercio, zonas rurales y pozos de bombeo entre otras aplicaciones (IEEE, 2014)</p>

Tipo de equipo	Generación (1)	Transmisión (2)	Distribución (3)
<p>Transformadores de distribución (tipo pedestal)</p> 			<p>Transfiere energía de un circuito de distribución primario a uno secundario o circuito de servicio al consumidor.</p> <p>Son adecuados para instalación exterior, utilizados como parte de un sistema de distribución subterráneo, con compartimentos sellados para la alta y baja tensión, cuyos cables de alimentación entran por la parte inferior; son instalados sobre una base o pedestal. (NTC 317, 1998). Son diseñados para ser operados a la intemperie y se montan generalmente en un pedestal de concreto, cuentan con un gabinete cerrado a prueba de vandalismo en el cual se incluyen las terminales de conexión y los accesorios.</p> <p>Estos transformadores son instalados en lugares donde la seguridad, apariencia y continuidad del servicio son un factor importante, tales como: fraccionamientos residenciales, zonas urbanas, desarrollos turísticos, centros comerciales, hoteles, hospitales, oficinas y pequeñas industrias entre otras aplicaciones (IEEE, 2014)</p>

Elaboración propia con información de CIDET, 2014.

**(1)** La generación es el proceso de convertir otras fuentes de energía en energía eléctrica, por ejemplo, la energía que tiene el agua cuando cae, la energía producida al quemar combustibles, la energía del aire en movimiento (vientos), pueden transformarse a través de máquinas generadoras en energía eléctrica disponible para su utilización” (Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, 2008). Entre los equipos que contienen fluido dieléctrico y son susceptibles de contener PCB se encuentran: los transformadores de potencia (tales como los elevadores) y los interruptores.

**(2)** Por su parte, la transmisión es el proceso mediante el cual la energía eléctrica generada es transportada por cables en alta tensión, a largas distancias, para ser entregada a clientes finales o a empresas distribuidoras. Constituye la red longitudinal, que se extiende a lo largo del país para transportar la energía de un lugar a otro, y que además forma parte de los distintos sistemas eléctricos” (Instituto Nacional de Estadística - INE, Chile, 2007). Entre los activos con fluido dieléctrico aquí utilizados están: bancos de condensadores, interruptores, reactores de potencia, transformadores de corriente (CT), transformadores de tensión (PT) y reactores de potencia.

**(3)** Corresponde al transporte de energía eléctrica a baja tensión a los diferentes tipos de clientes finales, entre los que se encuentran principalmente las empresas industriales, mineras y el consumo domiciliario. “En general, la distribución se efectúa por empresas de distribución dentro de la zona geográfica de concesión que estas tienen” (Instituto Nacional de Estadística - INE, 2007). Los transformadores de distribución (tipo poste o pedestal), los transformadores de medida (CT y PT), bancos de condensadores y los interruptores, hacen parte de los equipos que pueden contener fluido dieléctrico y son susceptibles de contener PCB.

## 1.2. Residuos o desechos

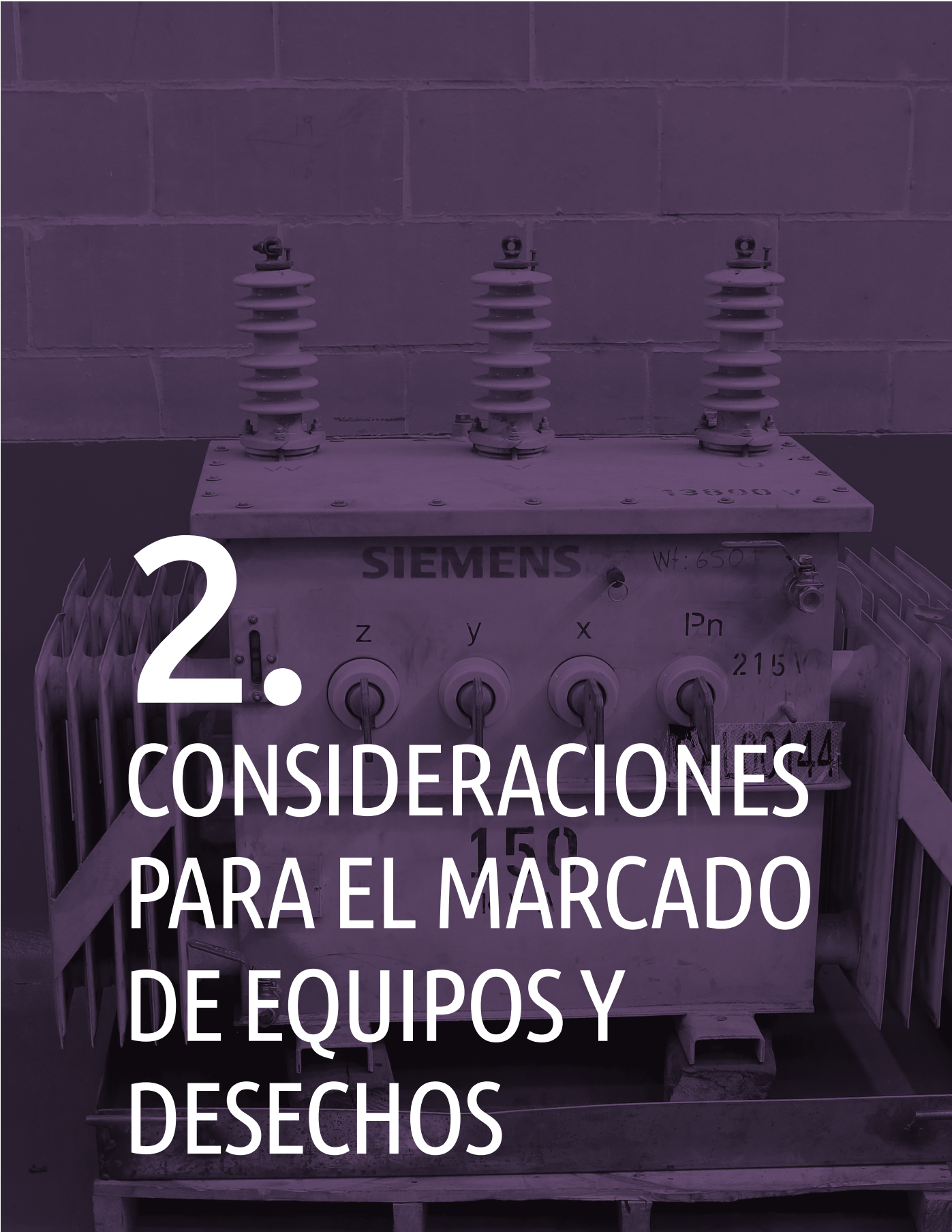
Los residuos o desechos que deben ser marcados son todos aquellos definidos como tal que contengan PCB, de acuerdo con la normativa ambiental vigente; lo que incluye a su vez, equipos dados de baja y equipos desechados, independientemente de si están o no contaminados con PCB, siempre y cuando contengan o hayan contenido fluido dieléctrico en estado líquido.

### Recuadro 1. Síntesis de residuos o desechos susceptibles a ser marcados

- ✓ Equipos dados de baja y equipos desechados.
- ✓ Superficies no porosas de equipos (cubeta o carcasa metálica, el núcleo de acero magnético y bobinas de cobre, entre otras).
- ✓ Desechos líquidos contenidos (fluidos y aceites dieléctricos).
- ✓ Sólidos contaminados con PCB y suelos contenidos.
- ✓ Material de muestreo.
- ✓ Ropa contaminada (guantes, mangueras y accesorios).
- ✓ Cualquier otro elemento que entre en contacto con fluidos o aceites contaminados con PCB.

Elaboración propia con información suministrada por CIDET, 2014.

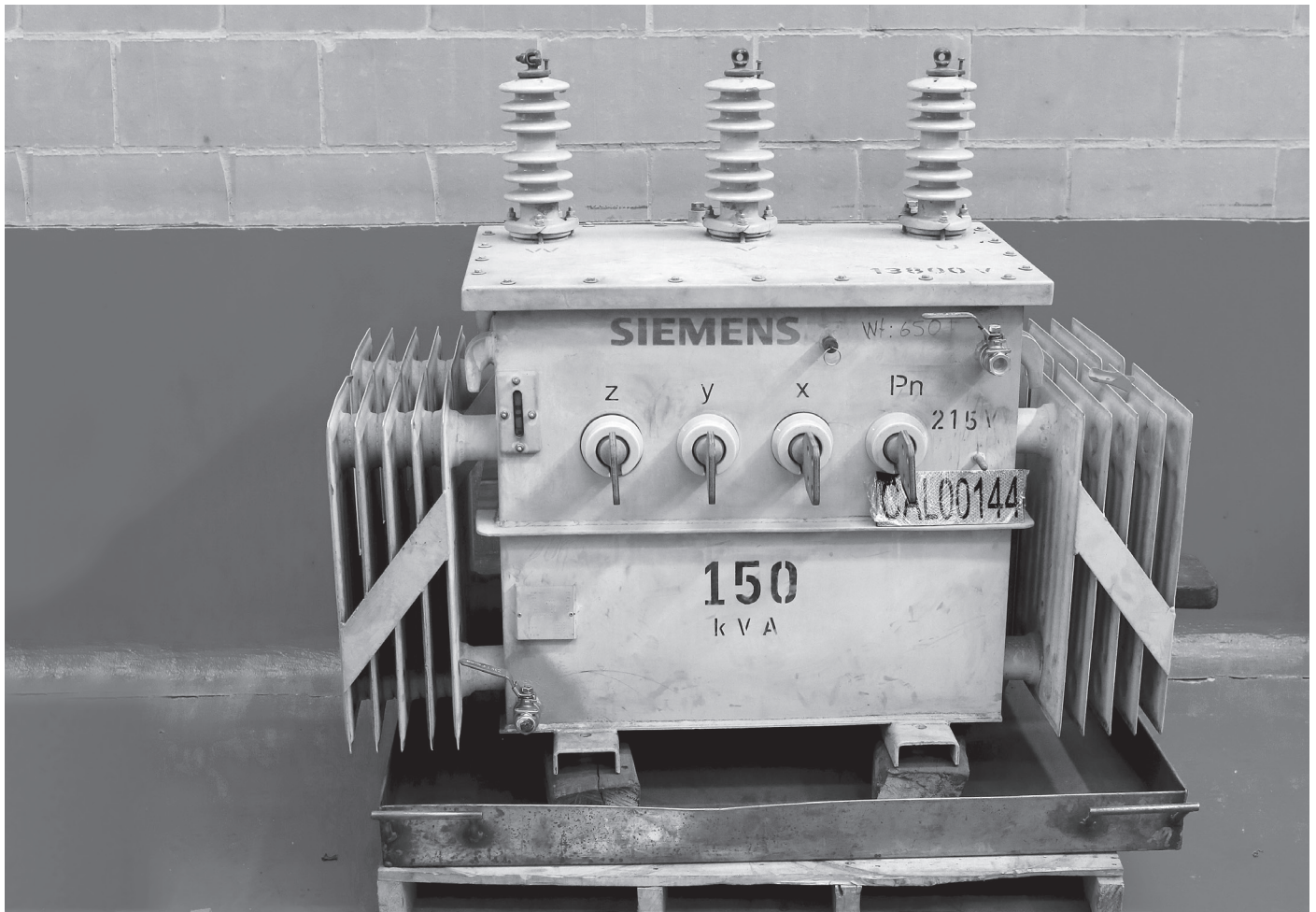




# 2.

## CONSIDERACIONES PARA EL MERCADO DE EQUIPOS Y DESECHOS





## Contenido Numeral 2

- |      |   |    |
|------|---|----|
| 2.1. | Lineamientos básicos                                | 16 |
| 2.2. | Recomendaciones técnicas para el proceso de marcado | 17 |

**P**ara una adecuada planeación de la etapa de marcado se debe tener en cuenta que, en muchos casos, esta actividad implica el desplazamiento de personal al área en donde se encuentran localizados los equipos y desechos; estas áreas pueden ser urbanas o rurales, algunas localizadas en zonas geográficas apartadas y de difícil acceso en el país, como en el caso de algunas zonas no interconectadas (ZNI). En este sentido, los propietarios y operadores de la red eléctrica deberán tener claramente definida su necesidad de marcado de equipos y desechos los cuales previamente deben estar declarados en el Inventa-

rio nacional de PCB e informar la ubicación geográfica precisa de los mismos al encargado de adelantar dicha actividad.

### 2.1. Lineamientos básicos

El marcado de los equipos y desechos contaminados con PCB debe permitir contar como mínimo con la información presentada en la **tabla 2**. Sin embargo, el propietario podrá incluir información adicional según las necesidades del mismo, sin perjuicio de la información mínima requerida por la normativa ambiental vigente.

**Tabla 2. Información mínima a ser incluida en el proceso de marcado**

Elemento	Información mínima
Equipos en uso o desuso	<p>Se debe precisar como mínimo un código de identificación suministrado por el propietario del equipo, el cual deberá corresponder a aquel reportado en el Inventario nacional de PCB o un código trazable a éste en tiempo real.</p> <p>El marcado permitirá verificar la información reportada en el Inventario nacional de PCB por parte de las autoridades competentes para lo cual el propietario garantizará los medios idóneos para ello. El marcado de equipos en uso y en desuso, deberá permitir a la Autoridad verificar dentro de la información disponible en el inventario nacional de PCB como mínimo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fecha del marcado (día, mes y año).</li> <li>b) Número de identificación asignado por el propietario</li> <li>c) Clasificación según el artículo 7° de la presente resolución: Grupo 1, 2, 3 o 4.</li> <li>d) En caso de estar clasificado en el Grupo 1, 2 o 3 el letrero "CONTAMINADO CON PCB"</li> <li>e) En caso de accidente o derrame reportarlo a: NOMBRE y TELÉFONO</li> <li>f) Nombre del propietario del equipo</li> </ul>
Residuos o desechos contaminados con PCB	<p>De acuerdo con la normativa vigente en la materia, se debe incluir como mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fecha del marcado (día, mes y año).</li> <li>b) Para equipos desechados, el código de identificación equivalente al reportado en el Inventario nacional de PCB y para los demás desechos, el código suministrado por el propietario (no obligatorio).</li> <li>c) La inclusión del letrero que indique "Residuo contaminado con PCB".</li> <li>d) Tipo de residuo o desecho (equipo desechado (kg), líquido contenido (kg), suelo contenido (kg), entre otros).</li> <li>e) Concentración de PCB y grupo al que pertenece según clasificación generada en el Inventario nacional de PCB de acuerdo con la normativa vigente.</li> <li>f) Nombre del generador del residuo.</li> </ul>



Se debe considerar que cuando la información reportada en el marcado del equipo o residuo cambie, ésta deberá ser actualizada mediante un nuevo marcado. Así mismo, se deberá tener en cuenta que los desechos de PCB deben ser marcados en el mismo año en que sean generados.

Cabe recordar que la clasificación de equipos y desechos, en el marco de la gestión integral de PCB, debe ser realizada de acuerdo con la normativa ambiental vigente en dicha materia<sup>4</sup>. De la misma manera, es

prioritario que los desechos NO PCB catalogados como residuos peligrosos deben ser marcados y clasificados, según la normativa vigente<sup>5</sup>.

## 2.2. Recomendaciones técnicas para el proceso de marcado

A continuación se presentan una serie de recomendaciones desde el ámbito técnico, con el fin de facilitar las actividades de marcado:

**Tabla 3. Recomendaciones técnicas para el marcado**

Aspecto	Consideraciones
Generalidades	<p>Se recomienda que cualquier trabajo relacionado con el marcado se realice con supervisión de personal encargado del equipo, que tenga conocimiento de la NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano y el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), en especial las reglas de oro para trabajos cerca de áreas desenergizadas (18.1) y las distancias mínimas de seguridad cerca de líneas y otros elementos energizados (18.5).</p> <p>Para el trabajo con transformadores de distribución tipo poste y cualquier otro equipo que se encuentre a una altura superior a 1.5m, se deben cumplir, además de lo indicado en la sección 18.4 del RETIE, las obligaciones para empleados y trabajadores sobre trabajo en alturas consignados en la normativa del Ministerio de Trabajo vigente en la materia<sup>6</sup>, así como otras disposiciones de las obligaciones del empleador referentes a medidas compensatorias y de seguridad, coordinación del trabajo en alturas, garantía de suministro de equipos, capacitación y re-entrenamiento, entre otras.</p> <p>En el sitio de marcación disponer las placas dimensionadas para el etiquetado de acuerdo al tamaño de los equipos a marcar. Para las etiquetas en fibra de vidrio y con protección UV se tiene la alternativa de llevar las etiquetas sin impresión previa y con los caracteres por separado para adherirlos en sitio a la placa.</p> <p>Antes de pegar la placa o las películas adhesivas sobre los equipos, la superficie se debe limpiar con líquidos desengrasantes dieléctricos y dejar secar completamente, de manera que se cuente con una superficie limpia y libre de polvo para adherir la placa o etiqueta.</p> <p>Se recomienda que las autoridades ambientales realicen sus actividades de seguimiento y control a la actividad de marcado, acompañada por personal autorizado por la empresa.</p> <p>Para el marcado de equipos, documentar el procedimiento por medio de una fotografía del etiquetado del equipo donde se pueda visualizar su código de identificación.</p>
Equipos de potencia	<p>Para equipos de potencia, tales como transformadores elevadores, entre otros, ubicados en las centrales de generación, se recomienda marcar los equipos supervisando el trabajo para que se garanticen las condiciones mínimas de seguridad con el personal operativo encargado del equipo. En este caso no se recomienda desenergizar, por lo que no está asociado a una interrupción de servicio. Sin embargo se recomienda tener en cuenta las disposiciones de la NTC 2050 o Código Eléctrico Colombiano, aproximarse al equipo de acuerdo con las indicaciones del responsable del equipo y cumpliendo las distancias mínimas de seguridad expuestas en el RETIE sobre trabajos cerca a equipos energizados.</p>
Equipos de distribución	<p>Para equipos de distribución se debe evaluar, por parte de la empresa responsable de los equipos, la necesidad de desenergizar y se debe marcar cumpliendo las distancias mínimas de seguridad respecto a la línea viva expresadas en el RETIE. Lo anterior conlleva entonces a que en muchos casos se de una interrupción del servicio para las cargas conectadas a este equipo en uso, además de verificar las cinco reglas de oro de trabajo cerca de dispositivos desenergizados, expuestas en el RETIE: a) efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, b) condenación o bloqueo, c) verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, d) puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo, e) señalizar y delimitar la zona de trabajo.</p>

<sup>4</sup> En especial el artículo 7 de la Resolución 222 de 2011 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible o aquella que la modifique, sustituya o complemente.

<sup>5</sup> Especialmente lo establecido en el Decreto 4741 de 2005. Expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), o aquel que lo modifique, sustituya o complemente.

<sup>6</sup> Resolución 1409 de 2012 del Ministerio de Trabajo, o aquella que la modifique, sustituya o complemente.

Aspecto	Consideraciones
Equipos de distribución	<p>Para el marcado de equipos de distribución tipo poste, se recomienda el cumplimiento de la normativa del Ministerio de Trabajo vigente<sup>7</sup>, según la cual todo trabajador que se halle ubicado a una altura igual o superior a 1,5 m, bien sea en los apoyos, escaleras, cables aéreos, helicópteros, carros portabobinas o en la canastilla de un camión, debe estar sujetado permanentemente al equipo o estructura, mediante un sistema de protección contra caídas. Además se recomienda inspeccionar cuidadosamente dichas estructuras previamente a subir, con el fin de corroborar que se encuentran en condiciones adecuadas de seguridad y que pueden sostener el peso de las personas y demás instrumentos necesarios, para proseguir con el trabajo.</p> <p>Se recomienda aplicar un marcado sobre la base de la cuba para aquellos equipos tipo poste cuyo cableado propio de fases pueda alterar la visibilidad de la placa, rótulo o etiqueta para el propietario o la autoridad ambiental en sus actividades de seguimiento a los mismos.</p> <p>En el apartado 20.17 del RETIE, se especifican los requisitos relacionados a estructuras, postes y crucetas para redes de distribución. Las dimensiones de los postes, ya sea de madera, concreto, hierro, acero, fibras poliméricas reforzadas u otros materiales, se encuentran estandarizadas y van desde 7 metros de altura para instalación en redes secundarias en zonas rurales, hasta 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20 o 22 metros.</p>
Equipos en subestaciones	<p>Para el caso de equipos en subestaciones, el marcado se puede realizar con el apoyo de un mímico o equivalente u otro medio accesible tanto para la empresa responsable de los equipos como para la autoridad ambiental; sin olvidar que ello no reemplaza el marcado que se debe realizar a cada uno de los equipos que allí se encuentran. Se recomienda dar cumplimiento también a las distancias mínimas de seguridad expuestas en la sección 18 del RETIE.</p> <p>Para equipos ubicados en subestaciones en exteriores, se recomienda que el trabajo se ejecute siempre bajo estricta supervisión del responsable de la seguridad de la instalación respectiva, cumpliendo con las distancias de seguridad dispuestas en las secciones 23.2 y 23.3 del RETIE.</p>
Bancos de condensadores	<p>Los propietarios deberán marcar cada uno de los equipos que hacen parte de los bancos de condensadores. En aquellos que no se encuentren dentro de patios de subestaciones, se sugiere marcar el banco sobre la superficie plana ubicada hacia el exterior del arreglo, cuya área supere la superficie de la etiqueta escogida para realizar el etiquetado y de tal modo que garantice su visibilidad tanto para la empresa responsable de los equipos como para la autoridad ambiental. Para trabajar sobre ellos, una vez desconectados se debe esperar el tiempo de descarga predefinido, de acuerdo con las características del equipo, luego se cortocircuitan sus terminales y se ponen directamente a tierra o por intermedio de la carcasa, antes de iniciar los trabajos. Los condensadores no se deben abrir con tensión. En los casos en que no se pueda acceder al banco de condensadores como tal, se debe marcar sobre la parte expuesta de la celda.</p>
Elementos de protección	<p>Se recomienda que para los elementos de protección se tomen como referencia las consideraciones dadas en detalle en el documento N° 6 del Manual de gestión Integral de PCB sobre "Manejo Ambientalmente Racional de equipos y desechos contaminados con PCB" en su capítulo 4 denominado "Gestión de riesgos asociados a PCB, salud y seguridad". Sin embargo, se hace alusión en esta sección a algunas de ellas.</p> <p>La normativa para trabajo en alturas<sup>8</sup>, establece que los elementos de protección individual para trabajo en alturas deben estar certificados y suministrados por el empleador, sin perjuicio de que primero aplique las medidas de prevención y protección contra caídas. Serán seleccionados de acuerdo con la actividad económica y la tarea a desarrollar (MinTrabajo, 2012).</p> <p>Se recomiendan los siguientes elementos de protección personal básicos para un trabajo en alturas, contenidos en la normativa vigente en la materia del Ministerio de Trabajo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Casco tipo II que se pueda asegurar mínimo a tres puntos</li> <li>• Arnés de cuerpo completo con una resistencia de 5000 libras o 2272 kg</li> <li>• Eslinga de posicionamiento con una resistencia de 8500 libras o 3862 kg</li> <li>• Eslinga con absorbente de choque con una resistencia de 5000 libras o 2272 kg</li> <li>• Arrestador vertical o freno con una resistencia de 5000 libras o 2272 kg</li> <li>• Guantes según el tipo de labor a realizar</li> <li>• Gafas de seguridad según el tipo de labor a realizar</li> <li>• Botas antideslizantes según el tipo de labor a realizar</li> </ul>

<sup>7</sup> Resolución 1409 de 2012 del Ministerio de Trabajo o aquella que la modifique, sustituya o complemente.

<sup>8</sup> En especial el artículo 23 de la Resolución 1409 de 2012 del Ministerio de Trabajo o aquella que la modifique, sustituya o complemente.



Aspecto	Consideraciones
Matrículas requeridas de acuerdo con el tipo de personal	<p>El personal que ejecute el marcado de equipos eléctricos en uso o desuso debe tener adicionalmente a las certificaciones de competencias laborales que le apliquen según sus funciones específicas, la matrícula profesional de una de las siguientes entidades de acuerdo con su oficio. Cabe aclarar que estas no aplican necesariamente para marcado de desechos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenieros electricistas, electrónicos o afines por la Asociación Colombiana de Ingenieros - ACIEM o por el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería - COPNIA.</li> <li>• Tecnólogos electricistas / Tecnólogos electromecánicos / Tecnólogos electrónicos por el Consejo Profesional Nacional de Tecnólogos en Electricidad, Electromecánica, Electrónica y Afines - CONALTEL.</li> <li>• Técnicos Electricistas por el Consejo Nacional de Técnicos Electricistas - CONTE .</li> </ul>
Lista de verificación para trabajos de alto riesgo	<p>A continuación se presenta la lista de verificación definida por el Ministerio de Minas y Energía (2013) como pre-requisito para realizar trabajos en condiciones de alto riesgo. Esta tabla debe ser diligenciada por un vigía de salud ocupacional, por el jefe del grupo de trabajo, por un funcionario del área de salud ocupacional o un delegado del comité paritario de la empresa encargada del servicio y debe ser diligenciada en todos los casos donde se deba trabajar en condiciones de alto riesgo. Adicionalmente, se recomienda tener en cuenta las consideraciones dadas en detalle en el documento N° 6 del Manual de gestión integral de PCB sobre "Manejo ambientalmente racional de equipos y desechos contaminados con PCB" en su capítulo 4 denominado "Gestión de riesgos asociados a PCB, salud y seguridad".</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Se tiene autorización escrita o grabada para hacer el trabajo?</li> <li>• ¿Se encuentra informado el ingeniero o supervisor?</li> <li>• ¿Se han identificado y reportado los factores de riesgo que no pueden obviarse?</li> <li>• ¿Se intentó modificar el trabajo para obviar los riesgos?</li> <li>• ¿Se instruyó a todo el personal la condición especial de trabajo?</li> <li>• ¿Se designó un responsable de informar al área de salud ocupacional, al comité paritario o al jefe de área?</li> <li>• ¿Se cumplen rigurosamente las reglas de oro?</li> <li>• ¿Se tiene un medio de comunicaciones?</li> <li>• ¿Se disponen y utilizan los elementos de protección personal?</li> </ul>

# 3.

## ALTERNATIVAS PARA EL MARCADO



## Contendio Numeral 3

3.1.	Generalidades referentes a la etiqueta	22	3.2.4.	Alternativa 4. Código alfanumérico de pintura epóxica o aerosol	26
3.2.	Alternativas para el marcado de equipos	23	3.2.5.	Alternativa 5. Diagrama impreso en placa para equipos en subestaciones y otros sitios donde se tiene alto riesgo eléctrico debidamente justificado	27
3.2.1.	Alternativa 1. Placa característica del equipo	23	3.3.	Alternativas para el marcado de desechos contaminados con PCB	28
3.2.2.	Alternativa 2. Código alfanumérico en placas o etiquetas adhesivas	24	3.4.	Criterios de selección de alternativas	29
3.2.3.	Alternativa 3. Códigos de identificación automática sobre placas o etiquetas adhesivas	25	3.5.	Síntesis de las alternativas de marcado de equipos y desechos	30

La operación de marcado exige el cumplimiento de algunas generalidades (contenido, material y tamaño); pero a su vez, éste puede realizarse de varias maneras, a saber: a) uso de placa característica del equipo, b) uso de código alfanumérico en placas o etiquetas adhesivas, c) uso de códigos de identificación automática sobre placas o etiquetas adhesivas, d) uso de código alfanumérico de pintura epóxica o aerosol y, e) uso de un diagrama impreso en placa para equipos en subestaciones y otros sitios donde se tiene alto riesgo eléctrico debidamente justificado.

### 3.1. Generalidades referentes a la etiqueta

El usuario de este manual, debe tener presente los siguientes requisitos mínimos independientemente de la alternativa de marcado elegida:

- a. **El contenido** de la etiqueta debe cumplir con los lineamientos básicos descritos en el numeral 2.1 de este documento.
- b. **El material** utilizado en la etiqueta debe ser resistente a las condiciones ambientales que puedan generar corrosión y desgaste; además deberá permitir la visibilidad del código de identificación. Por tal motivo, se recomienda garantizar una alta adherencia y una alta resistencia al agua, a los rayos ultravioleta, a la corrosión y especialmente, a la temperatura máxima de la cuba del equipo o desecho en aquella área donde será marcado. Esto se vuelve prioritario



1. Ejemplo etiqueta Adhesiva

2. Equipo marcado  
con etiqueta Adhesiva.

especialmente en aquellos equipos o desechos cuya frecuencia de mantenimiento o supervisión en los sistemas de gestión de activos (propios de la compañía o propietario) se realiza cada cinco años o más, tales como los utilizados en actividades de transmisión de energía eléctrica o aquellos que se encuentran ubicados en zonas apartadas del país.

- c. **El tamaño** de la etiqueta debe garantizar la visibilidad del código, o en su defecto, el propietario deberá disponer de las herramientas necesarias para su lectura a larga distancia. En este acápite es importante reiterar que uno de los requisitos mínimos corresponde a la facilidad que presente la etiqueta para la identifi-



cación y lectura<sup>9</sup>. Así mismo, se recomienda definir la superficie disponible en los equipos, de acuerdo con las dimensiones de la cuba que se proveen en las fichas técnicas de los mismos<sup>10</sup>.

### 3.2. Alternativas para el marcado de equipos

A continuación se presentan las alternativas recomendadas para el marcado de equipos; sin embargo, el propietario o la empresa podrán utilizar cualquier otra alternativa de marcado que garantice las condiciones técnicas descritas en el presente documento, así como las establecidas en la normativa vigente en esta materia.

#### 3.2.1. Alternativa 1. Placa característica del equipo

Generalmente se solicita a los fabricantes de equipos que implanten placas de identificación en acero inoxidable para garantizar su durabilidad, así mismo que ésta sea soldada a los equipos desde su fabricación. Esta marcación de fábrica se podría utilizar como alternativa de marcado para efectos de dar cumplimiento a lo establecido en la normativa ambiental vigente, únicamente si se cumplen las siguientes condiciones:

- a. El número o código que se visualiza en la placa del equipo, en este caso el serial, es único por propietario e igual al reportado en el Inventario nacional de PCB.
- b. La placa característica no presenta un deterioro tal que no pueda verse la información, especialmente el código de identificación, tanto por parte del propietario como por la autoridad ambiental, de manera directa o a través de dispositivos ópticos de ayuda los cuales estarán disponibles por el propietario o empresa.

De acuerdo al anexo general del *Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE)*, “todo transformador debe estar provisto de una placa fabricada en material resis-

te a la corrosión y fijada en un lugar visible que contenga los siguientes datos en forma indeleble”<sup>11</sup>:

- ✓ Marca o razón social del productor o proveedor.
- ✓ Número de serie dado por el productor.
- ✓ Año de fabricación.
- ✓ Clase de transformador.
- ✓ Número de fases.
- ✓ Frecuencia nominal.
- ✓ Potencias nominales, de acuerdo al tipo de refrigeración.
- ✓ Tensiones nominales, número de derivaciones.
- ✓ Corrientes nominales.
- ✓ Impedancia de cortocircuito.
- ✓ Peso total en kilogramos.
- ✓ Grupo de conexión.
- ✓ Diagrama de conexiones.

De acuerdo con el RETIE la información del líquido aislante y su volumen, además de otras características, deben estar disponibles para el usuario (generalmente provista en el catálogo del equipo). Además de ello, este reglamento menciona que si una persona distinta del productor, repara o modifica parcial o totalmente el devanado de un transformador o cualquier otro de sus componentes, se debe suministrar una placa adicional para indicar el nombre del reparador, el año de reparación y las modificaciones efectuadas.

Un ejemplo de este tipo de placas características de equipos se presenta a continuación:



<sup>9</sup> Aunque la visibilidad de la etiqueta, rótulo o placa podría verse como un aspecto simple, la existencia de equipos ubicados en poste o en una ubicación no accesible en un radio de 5 a 10 metros debido a razones topológicas o de seguridad, hace de éste un tópico a considerar.

<sup>10</sup> Para los lugares donde sea imposible garantizar la lectura directa, se recomienda que el propietario tenga disponible un dispositivo que permita la visualización del marcado del equipo.

<sup>11</sup> RETIE - Ministerio de Minas y Energía, 2013.

◀ Placa característica del equipo

### 3.2.2. Alternativa 2. Código alfanumérico en placas o etiquetas adhesivas

Esta alternativa contempla etiquetar el equipo utilizando placas o etiquetas adhesivas con un código alfanumérico de hasta 20 dígitos asignado previamente por el usuario<sup>12</sup>; para lo cual las placas deberán cumplir con requerimientos de durabilidad, de fácil identificación y resistencia a la exposición térmica. Se recomienda utilizar en el código de identificación que asignen los propietarios tres letras que indiquen el fabricante y el resto de dígitos que correspondan al número de identificación del equipo; lo anterior para evitar duplicidad de números en el marcado, ya que se pueden presentar equipos con igual número de serie para distintos fabricantes; sin embargo, se aclara que el Inventario nacional de PCB no permite dicha situación, debido a que los números son únicos por propietario para cada equipo.

En el caso de seleccionar etiquetas plata mate, para ser utilizadas en un equipo en exteriores, es necesario aplicar barnices o selladores translúcido mate (de bajo brillo) sobre la etiqueta para sellar los bordes y permitir

una mayor vida útil del material. Por su parte, la lámina reflectiva reforzada en fibra de vidrio está diseñada principalmente para aplicaciones sobre superficies planas. Cualquier otro uso que requiera un radio de curvatura de menos de 12,5 cm debe fijarse además con remaches o pernos.

Un ejemplo de este tipo de etiquetas con código alfanumérico impreso en etiqueta retroreflectiva microprismática se presenta a continuación:



◀ Código alfanumérico en placa adhesiva

En la **tabla 4** se presenta una síntesis de algunas características técnicas de etiquetas en película reflectiva y en plata mate.

<sup>12</sup> Límite de dígitos utilizado en los códigos de identificación de equipos del Inventario nacional de PCB desarrollado por el IDEAM.

**Tabla 4. Características técnicas de placas o etiquetas adhesivas para marcado de equipos**

Material	Rango de temperatura de operación	Temperatura mínima de aplicación	Duración en almacenamiento	Duración en exterior	Visualización	Técnica de impresión recomendada
Película reflectiva microprismática de cubo completo	-23 °C, 65 °C	10 °C	1 año a partir de la fecha de compra si se almacena entre 18°C y 24°C y 50% +/- 5 de humedad relativa.	Para láminas permanentes/de tránsito: 12 años exposición vertical	Uniforme durante el día y la noche	Serigráfica y de termo-transferencia
Película retroreflectiva microprismática	-23 °C, 65 °C	18 °C	1 año a partir de la fecha de compra si se almacena entre 18°C y 24°C y 50% +/- 5 de humedad relativa	Para láminas permanentes/de tránsito: 10 años exposición vertical	Uniforme durante el día y la noche	Serigráfica y de termo-transferencia
Poliéster plata mate	-40 °C, 149 °C	5 °C	1 año a partir de la fecha de compra si se almacena a 22°C y 50% de humedad relativa	3 años	---	Transferencia térmica, flexografía, letterpress y serigrafía

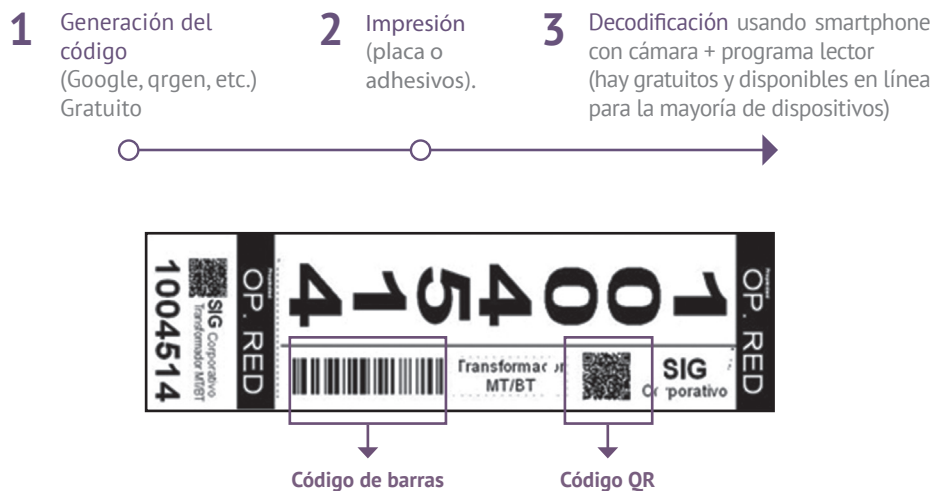
Fuente: CIDET, 2014

Se puede decir que el material plata mate soporta un rango mayor de temperaturas de operación, frente a las etiquetas en película reflectiva utilizando resinas de fibra de vidrio de respaldo. Sin embargo, las etiquetas de película reflectiva presentan también algunas ventajas sobre las de plata mate tales como visualización<sup>13</sup> y durabilidad, la cual puede alcanzar los 10 a 12 años, frente a los 3 años de las placas plata mate. Por su parte, las etiquetas en fibra de vidrio y protección UV tienen la posibilidad de ser llevadas sin impresión y los caracteres por separado para adherirlos in situ.

### 3.2.3. Alternativa 3. Códigos de identificación automática sobre placas o etiquetas adhesivas

Para esta alternativa se ha considerado la implementación de una etiqueta que contenga un código QR (*quick response code*, sigla en inglés «código de respuesta rápida») el cual es un módulo útil para almacenar información en una matriz de puntos de respuesta rápida bidimensional. En la **figura 1** se presenta el proceso general de codificación por QR, que comprende tres etapas.

**Figura 1. Proceso de identificación automática a través de código QR**



**Nota:** Ejemplo de una etiqueta que utiliza dos opciones de codificación identificación automática (código QR y código de barras) en conjunto con la identificación numérica.

El propietario de los equipos deberá generar en un principio los códigos alfanuméricos de su equipo y luego, usando las herramientas disponibles en la web, generar el código QR respectivo para cada equipo con la información pertinente. Los códigos: alfanumérico y QR, serán luego enviados a los fabricantes de las etiquetas para su elaboración.

Este código puede contener información adicional al número de identificación del equipo tal como: tipo de

equipo, clasificación, teléfono de contacto, información del fabricante y del propietario, entre otros. Se requiere además de un dispositivo que permita interpretar la información contenida en el código cuando se requiera leerlo. Esta alternativa también contempla el uso de códigos de barra para encriptar la información de los equipos.

El código QR puede ser generado de forma gratuita, accediendo a diversos portales web creados para este fin, como por ejemplo los mencionados a continuación:

<sup>13</sup> En relación a su visualización uniforme durante día y noche, ésta se da por su naturaleza reflectiva, por lo que el contenido impreso de las placas es visible en áreas con poca iluminación, de manera similar a las señalizaciones de tránsito.

#### N° 4 Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden contener PCB y desechos contaminados con PCB

### 3. Alternativas para el marcado

- ✓ <https://www.the-qr-code-generator.com/>
- ✓ <http://www.qrcode.es/es/generador-qr-code/>
- ✓ <http://qrcode.kaywa.com/>
- ✓ <http://goqr.me/>

Para la *impresión* de las etiquetas puede emplearse cualquiera de las opciones descritas en la alternativa 2, de manera que los costos de esta etapa serían iguales a los de los tipos de etiqueta presentados anteriormente. Sin embargo, deben tenerse en cuenta algunas consideraciones de tipo técnico que podrían limitar la escogencia del tamaño de las etiquetas; por ejemplo, la distancia<sup>14</sup> a la que puede escanearse un código QR depende del tamaño del código y del nivel de codificación que presente el código (QR Coded, 2012).

Para la *decodificación del código QR* es necesario emplear un dispositivo móvil que cuente con una aplicación adecuada y con una cámara con capacidad de zoom 4x. Estas aplicaciones pueden descargarse gratuitamente de las tiendas de aplicaciones de los sistemas operativos actuales más populares para aplicativos móviles. Por otro lado, la adquisición de los dispositivos representa un costo adicional, que puede ser variable dependiendo de las especificaciones técnicas que se esté dispuesto a adquirir. Se recomienda el uso de esta opción sólo para equipos en suelo y desechos y como complemento de una codificación alfanumérica.

Para el caso de las placas en película reflectiva, el costo del equipo de lectura del QR puede ser un 30% del costo total. Esta opción ofrece posibilidades adicionales, como la capacidad del código para incluir mayor volumen de información en la misma área, en comparación con el marcado tradicional alfanumérico. Esto permite adicionar información del equipo, del propietario, de la empresa, teléfonos y direcciones web, historial de pruebas del equipo, datos del fabricante del equipo, datos de los laboratorios en los que se le han realizado pruebas o mantenimiento, etc. Si bien todos estos datos no están reglamentados en la normativa vigente, es posible que los propietarios se encuentren interesados en contar con estas funcionalidades.

La codificación QR también abre la posibilidad de generar bases de datos en los equipos empleados para la decodificación, que luego pueden ser exportados a una computadora y procesados más fácilmente que un registro manual, manteniendo información actualizada y accesible.

Una desventaja que se presentaba inicialmente en la utilización de códigos QR era que al desactualizarse alguna información en el mismo, éste se debía modificar y por ende la etiqueta quedaba obsoleta. Para enfrentar este problema se encuentran ahora en el mercado los códigos QR dinámicos, que permiten ubicar una URL corta en el código QR, la cual luego redirecciona automáticamente al usuario hacia la URL del sitio web destino, siendo posible cambiar esta última luego de haber sido publicado el código QR. El costo adicional que acarrea esta última opción, es el de mantener el dominio de la URL corta.

#### 3.2.4. Alternativa 4. Código alfanumérico de pintura epóxica o aerosol



La pintura epóxica se conforma por dos componentes: una resina epóxica y un endurecedor o agente de curado (Aguilar Jarrin, 2006). Se recomienda el uso de pintura epóxica o aerosoles sobre la cuba metálica de los equipos sólo si se garantiza una durabilidad igual o mayor a 10 años en la ficha técnica de la misma que

◀ Código alfanumérico de pintura epóxica o aerosol

<sup>14</sup> Para un transformador que se encuentre ubicado en un poste de 8 m de altura, y que se observe desde una distancia de 2 m desde su base, la distancia de escaneo es de aproximadamente 8.25 m, lo cual implica que el código QR debería tener un tamaño de mínimo 82x82 cm, lo cual es más grande que cualquiera de las etiquetas propuestas. Esto haría inviable la lectura directa de estas etiquetas tanto para el propietario como para la autoridad ambiental en los equipos de distribución tipo poste.

entregue el proveedor. En la imagen se presenta un ejemplo de marcado de código alfanumérico de identificación con pintura sobre la cuba de un transformador de distribución.

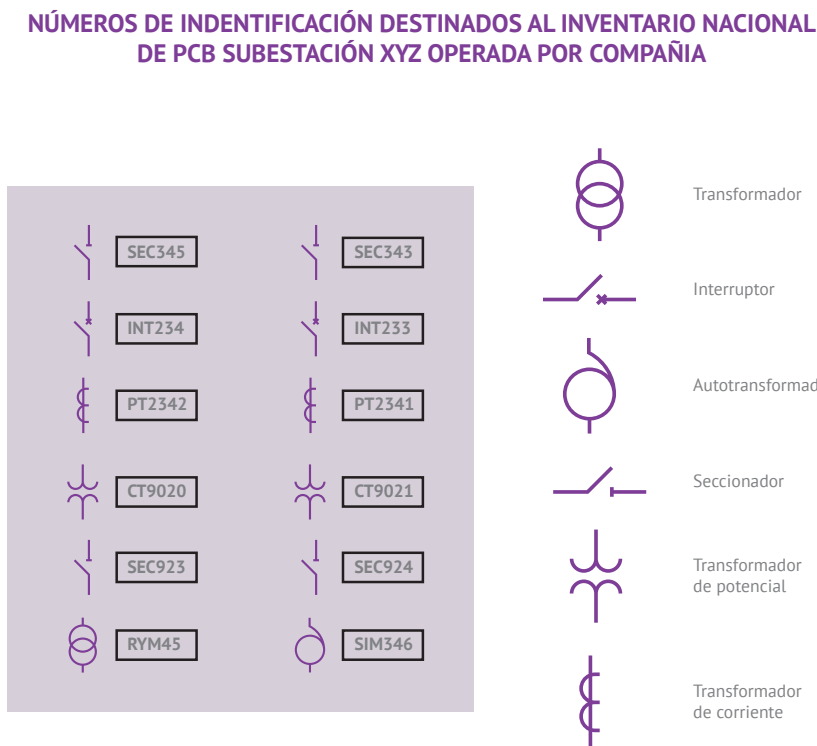
### 3.2.5. Alternativa 5. Diagrama impreso en placa para equipos en subestaciones y otros sitios donde se tiene alto riesgo eléctrico debidamente justificado

Dadas las condiciones de prevención de riesgo eléctrico en los patios de las subestaciones, se recomienda en los casos en que resulte práctico para la empresa a cargo de la subestación, colocar en el exterior de la instalación un mímico o diagrama equivalente en la superficie del mallado u otra ubicación que no contenga el riesgo y sea visible tanto para el propietario como para la autoridad ambiental. Cabe recordar que el mímico

es un diagrama en planta unívoco con la distribución de los equipos con su respectivo número de identificación, sin embargo éste no reemplaza el marcado de los equipos uno a uno. Dado que la subestación contiene diferentes equipos susceptibles de contener PCB (por ejemplo interruptores, PT, CT, condensadores, entre otros), se recomienda indicar en este diagrama la convención por tipo de equipo, tal como se muestra en el ejemplo de la **figura 2**. El material recomendado es película reflectiva microprismática o fibra de vidrio u otro que garantice una durabilidad mayor a 12 años.

Si no existe modo de implementar este diagrama en un *software* (por ejemplo SCADA o similar), se recomienda una etiqueta física individual por cada equipo en el exterior de la instalación, para que en el caso en que se sustituya un equipo de la subestación no sea necesario cambiar toda la placa de marcado.

**Figura 2. Ejemplo de diseño de placa para equipos ubicados en subestaciones**



Fuente: CIDET, 2014

**N° 4 Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden  
contener PCB y desechos contaminados con PCB**

3. Alternativas para el marcado

Se debe tener en cuenta que las recomendaciones de marcado planteadas en este documento, deben asumirse como mínimas para efectos del Inventario nacional de PCB. Sin embargo, dependiendo de las características operativas de cada empresa con equipos sujetos a ser reportados en el inventario en mención, se podrá incluir información adicional que considere pertinente, así como las convenciones y mecanismos más adecuados para hacerlo, lo cual queda a potestad de cada empresa<sup>15</sup>.

**3.3. Alternativas para el marcado de desechos contaminados con PCB**

Los desechos generalmente se encuentran ubicados en zonas de almacenamiento destinadas para residuos peligrosos con bandejas de contención y demás elementos e infraestructura especializada. Por lo tanto, en muchos casos la distancia de desplazamiento se reduce hasta donde se encuentre ubicada dicha bodega, aunque no se puede descartar que en algunos casos se ubiquen también en zonas alejadas y de difícil acceso como las mencionadas anteriormente para las zonas no interconectadas por lo

que también debe tenerse en cuenta este criterio en la planeación del proceso de marcado.

En cuanto al protocolo de marcado en sitio y dado que se hace necesario realizarlo luego de la toma de muestras y análisis de las mismas<sup>16</sup> (al requerirse información acorde con el grupo correspondiente a su concentración), se recomienda adherir a los contenedores donde se encuentran los desechos contaminados con PCB, una etiqueta adhesiva dejando el espacio para marcar posteriormente el grupo al que pertenece y su concentración (ppm). Una vez se cuente con los resultados de laboratorio para la identificación (análisis), los campos faltantes para el marcado, se pueden complementar con tinta indeleble (por ejemplo con un marcador permanente).

Se sugiere para la etiqueta una forma cuadrada, ya que el contenido de información requerida para los desechos de acuerdo con la normativa vigente es mayor y se adapta mejor a esta configuración. Se recomienda el cumplimiento de las condiciones técnicas especificadas en la **tabla 5**.

**Tabla 5. Ejemplo de marcado de desechos y especificaciones técnicas**

Aspecto	Descripción
Etiqueta	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>Fecha de marcado: 22 de enero de 2015</p> <p><b>RESIDUO CONTAMINADO CON PCB</b></p> <p>Líquido contenido (30 Kg)</p> <p>Clasificación según el artículo 7° de la Resolución 0222 de 2011: <b>Grupo 2</b></p> <p>Concentración de PCB: 870 ppm</p> <p>Generador del Residuo: Compañía XYZ</p> </div>
Material	Poliéster plata mate o cualquier otro material que cumpla con los requisitos técnicos de durabilidad y legibilidad. Se recomienda la protección UV para etiquetas a disponer en exteriores.
Tamaño (cm)	17 x 17 o a discreción
Tipo de elemento al que aplica	Cada uno de los siguientes tipos de desechos deben manejarse en los medios de contención recomendados para cada caso en los capítulos 1 y 2 sobre almacenamiento y transporte de elementos contaminados con PCB del documento N° 6 del presente manual denominado "Manejo ambientalmente racional de equipos y desechos contaminados con PCB".

**15** Se sugiere consultar adicionalmente las recomendaciones dadas en el documento Consideraciones para la implementación del Inventario nacional de PCB -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. (Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB); no. 2).

**16** Se sugiere consultar el documento Muestreo, toma de muestras, análisis e identificación de equipos y desechos contemplados en la normativa ambiental de PCB -- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. (Manual para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB); no. 3)

Aspecto	Descripción
Tipo de elemento al que aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equipos desechados</li> <li>Superficies no porosas de equipos (cubeta o carcasa metálica, el núcleo de acero magnético y bobinas de cobre entre otras) en los medios de contención recomendados.</li> <li>Líquidos contenidos en los medios de contención recomendados.</li> <li>Suelo contenido en recipientes en los medios de contención recomendados.</li> <li>Material de muestreo.</li> <li>Ropa contaminada (guantes, mangueras y accesorios).</li> <li>Cualquier otro elemento que entre en contacto con el fluido o aceite contaminado con PCB.</li> </ul>
Temperatura mínima que debe soportar	Temperatura ambiente
Forma	Cuadrada
Color de letra y fondo	Letra: color negro. Fondo: a discreción del generador siempre y cuando exista contraste con la cuba del equipo o color del contenedor del desecho que permita una adecuada lectura.
Durabilidad	Mínimo 3 años (sin degradación, sin decoloración con condiciones ambientales extremas)
Adherencia	Adhesivo que garantice las condiciones de durabilidad y temperatura anteriores

Fuente: Adaptado de CIDET, 2014.

El material de las etiquetas para los desechos se deja a discreción del propietario o generador de los mismos, siempre y cuando cumpla con los requisitos técnicos de durabilidad y legibilidad.

### 3.4. Criterios de selección de alternativas

Para la selección de la alternativa más adecuada para el marcado de equipos y desechos, el propietario podría tener en cuenta aspectos como:

#### Beneficios de las alternativas

Teniendo en cuenta la oferta de etiquetas y de servicio de marcado en el territorio nacional, se recomienda solicitar a los proveedores los beneficios de las alter-

nativas ofrecidas, soportándolos con fichas técnicas cuando aplique, teniendo en cuenta variables de comparación como:

- ✓ Durabilidad del material en condiciones de operación
- ✓ Resistencia a la máxima temperatura en operación
- ✓ Duración de la actividad de marcado (mientras menos dure será mayor beneficio)
- ✓ Número de equipos marcados hasta el momento por el proponente con dicha alternativa (experiencia)

**N° 4 Marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden  
contener PCB y desechos contaminados con PCB**

3. Alternativas para el marcado

- ✓ Otros beneficios (por ejemplo etiquetas que tengan elementos de sujeción, etc.)

- ✓ Costo (\$) de desconexión (si se requiere de acuerdo al análisis del operador)

**Costos**

Para realizar un análisis de costo beneficio de cada alternativa, se deben conocer los costos de cada una. Algunas de las variables que se deben tener en cuenta son:

- ✓ Costo (\$) de material de la etiqueta
- ✓ Costo (\$) del servicio de etiquetado (viáticos y personal especializado)

- ✓ Costo (\$) de divulgación de la actividad a la comunidad.

**3.5. Síntesis de las alternativas de marcado de equipos y desechos**

En la **tabla 6** se resumen las alternativas aplicables para el marcado de equipos y desechos expuestas en los numerales anteriores, presentando a su vez algunas de sus ventajas y desventajas.

**Tabla 6. Resumen de las alternativas de marcado recomendadas a nivel nacional**

N°	Material y sujeción	Tamaño sugerido (cm)	Temperatura máxima que soporta el material	Tipo de equipo o desecho en que se recomienda su aplicación	Ventajas	Desventajas
1	Acero inoxidable adosado permanentemente	Variable de acuerdo con el equipo	120°C	Todos los equipos en uso y desuso	Durabilidad mayor a 10 años. El diseño de la placa proviene desde el diseño del activo mismo	El número de serie puede resultar difícil de visualizar debido a su tamaño. En este caso el propietario debe otorgar las herramientas necesarias para que la autoridad ambiental o su propio personal puedan realizar la lectura del código.
2a	Plaquetas de acrílico con letra en vinilo negro	22 x 6	Hasta 86°C	Equipos en subestaciones, tales como: transformadores de corriente o CT, transformadores de potencial o PT, reconectores e interruptores	Su temperatura máxima supera los 70°C lo que es una ventaja respecto a otras alternativas en esta característica	Mayor costo / cm <sup>2</sup> respecto a cualquier otra alternativa a 2014. (Ejemplo: 540% del costo de placas en fibra de vidrio).
2b	Placas en resina poliéster reforzadas con fibra de vidrio y material reflectivo grado diamante	a) 22 x 6 b) 50 x 15 De acuerdo al área marcable del equipo	Hasta 65°C (sin fibra de vidrio) hasta 110°C (incluyendo fibra de vidrio)	Transformadores de distribución (tipo poste o pedestal)	Puede durar hasta 12 años. Bajo costo / cm <sup>2</sup> respecto a otras alternativas similares. Para una empresa con un alto número de activos, el marcado con esta alternativa puede convertirla en una alternativa atractiva, respecto a sus buenas condiciones de durabilidad.	



N°	Material y sujeción	Tamaño sugerido (cm)	Temperatura máxima que soporta el material	Tipo de equipo o desecho en que se recomienda su aplicación	Ventajas	Desventajas
2c	Película retroreflectiva: etiquetas microprismáticas de alta densidad de cubo completo	a) 22 x 6 b) 50 x 15 De acuerdo al área marcapable del equipo	65°C	Transformadores de distribución (tipo poste o pedestal)	Puede durar hasta 12 años. Mayor costo/cm <sup>2</sup> (a 2014) respecto a etiqueta 2a en 22 x 6 pero menor en las demás dimensiones. Para una empresa con un alto número de activos, el marcado con esta alternativa puede convertirla en una alternativa atractiva, respecto a sus buenas condiciones de durabilidad.	Su límite de temperatura hace que requiera vigilancia para condiciones de temperatura extrema del transformador(70°C).
3	Poliéster plata mate (polipropileno plata mate). Con protección UV.	a) Para equipos: de acuerdo al área marcapable del equipo b) Para desechos: 17 cm x 17 cm	140°C (ensayo en 24 horas de operación)	Transformadores de potencia (tales como elevadores de tensión) Equipos desechados y otros desechos (líquidos y sólidos contenidos)	Bajo costo/cm <sup>2</sup> para cualquier cantidad de equipos (a 2014)	Tienen sólo 3 años de garantía. Se tiene actualmente un límite fijo de hasta 35 cm para el ancho de la etiqueta.
4	Pintura epóxica	De acuerdo al área marcapable del equipo	120° C en seco y hasta los 80° C en inmersión aproximadamente.	Para equipos en uso y desuso	Alta durabilidad con una mezcla correcta (superior a 10 años) Alta resistencia a temperatura	Si se prepara incorrectamente la mezcla de sus componentes tiene baja resistencia a la corrosión en la intemperie
5	Diagrama en planta para subestaciones sobre placa	Según el número de equipos y la superficie en exterior de la subestación	Temperatura ambiente	Equipos en subestaciones en exterior y otras donde se identifique alto riesgo para la supervisión por parte de la autoridad ambiental o el propietario.	Ofrece la información para auditoría de inventario, mitigando el riesgo eléctrico.	La etiqueta no se encuentra directamente en el equipo

Fuente: CIDET, 2014

# Glosario

- Bancos de condensadores:** son arreglos o agrupaciones de condensadores eléctricos aptos para su utilización en sub-estaciones de baja y media tensión donde se desee compensar la energía reactiva (o factor de potencia) que consumen los motores eléctricos y las demás cargas.
- Desecho o residuo con PCB:** todos aquellos elementos, sustancias, fluidos, materiales y equipos que se descartan, rechazan o entregan, entre otros, en cualquier estado que contengan PCB en una concentración igual o superior a 50 ppm, así como cualquier otro material o elemento que entre en contacto directo con estos en alguna actividad, incluida la ropa de trabajo (MinAmbiente, 2011). Se considerarán igualmente las superficies no porosas de los equipos como la cubeta o carcasa metálica, el núcleo de acero magnético y bobinas de cobre entre otras, los cuales se considerarán con PCB cuando presenten una concentración igual o mayor a 10 microgramos / dm<sup>2</sup> (con base en EPA, 2007).
- Equipo:** dispositivo que contiene o ha contenido fluido dieléctrico en estado líquido.
- Equipos desechados o dados de baja:** aquellos equipos que no pueden volver a ser utilizados para el fin con el que fueron fabricados, debido a que sus características técnicas no lo permiten o que se ha tomado la decisión de descartarlos, rechazarlos o entregarlos.
- Equipos en desuso:** aquellos equipos que en la actualidad no están conectados a ninguna red eléctrica o no están en funcionamiento (pueden estar en mantenimiento o almacenados), pero se tiene prevista su utilización futura.
- Equipos en uso:** son aquellos equipos que se encuentran conectados a una red eléctrica y en pleno funcionamiento.
- Marcado:** procedimiento mediante el cual se asigna un distintivo (rótulo, etiqueta o placa) que permita tener trazabilidad de aquellos equipos que hayan contenido o contengan fluidos aislantes en estado líquido como los transformadores eléctricos, condensadores eléctricos, interruptores, reguladores, reconectores u otros dispositivos, para ser identificados y reportados por sus propietarios en el Inventario nacional de PCB con el fin de facilitar las actividades de vigilancia y control por parte de las autoridades ambientales competentes o seguimiento periódico por parte del propietario. El marcado debe realizarse sobre el equipo, pero en casos debidamente sustentados puede ser situado en un punto visible del área donde se encuentre ubicado.
- Mímico:** diagrama digital o análogo, en la sala de control de una subestación, donde se visualizan los equipos tal como se encuentran distribuidos en el patio de una subestación.
- Transformador de corriente (CT):** transformador de medida diseñado para tener su devanado primario conectado en serie con el conductor que lleva la corriente a ser medida o controlada. (ICONTEC, 1998). Son equipos destinados a alimentar los instrumentos de medida y control; por lo que reducen la tensión a valores no peligrosos y normalizados según las características de intensidad de una red eléctrica (ABB, 2009).
- Transformador de distribución:** transformador para transferir energía de un circuito de distribución primario a un circuito de distribución secundario o circuito de servicio al consumidor.



**Transformador de potencia:** transformador que transfiere energía eléctrica en cualquier parte del circuito entre el generador y los circuitos de distribución primaria.

**Transformadores de tensión o de potencial (PT):** transformador de medida diseñado para tener su devanado primario conectado en derivación con una fuente de potencia, cuya tensión será medida o controlada. (ICONTEC, 1998).

## Acrónimos – Siglas

<b>ACIEM:</b>	Asociación Colombiana de Ingenieros	<b>Minambiente:</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>ANSI:</b>	American National Standards Institute	<b>Mintrabajo:</b>	Ministerio de Trabajo
<b>CIDET:</b>	Centro de Investigación y Desarrollo del Sector Eléctrico	<b>NTC:</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>CONALTEL:</b>	Consejo Profesional Nacional de Tecnólogos en Electricidad, Electromecánica, Electrónica y Afines	<b>PCB:</b>	Bifenilos Policlorados
<b>CONTE:</b>	Consejo Nacional de Técnicos Electricistas.	<b>PT:</b>	Transformador de potencia
<b>COPNIA:</b>	Consejo Profesional Nacional de Ingeniería.	<b>QR:</b>	Código de respuesta róida o Quick Response Code
<b>CREG:</b>	Comisión Reguladora de Energía y Gas	<b>RETIE:</b>	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
<b>CT:</b>	Transformador de corriente	<b>SCADA:</b>	Supervisión, Control y Adquisición de Datos o Supervisory Control And Data Acquisition
<b>EPA:</b>	Environmental Protection Agency	<b>URL:</b>	Identificador de Recursos Uniforme o Uniform Resource Locator ZI: Zona Interconectada
<b>ICONTEC:</b>	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación	<b>ZNI:</b>	Zona No Interconectada
<b>IEC:</b>	International Electrotechnical Commission		



# Referencias

**ABB Group (2009).** Equipamiento para subestaciones, productos de media y alta tensión. Recuperado el 26 de septiembre de 2014 de [http://www02.abb.com/global/boabb/boabb011.nsf/0/d3c76fa21ad68648c12575a-80008b097/\\$file/myat.pdf](http://www02.abb.com/global/boabb/boabb011.nsf/0/d3c76fa21ad68648c12575a-80008b097/$file/myat.pdf)

**ABB Group (2011).** Reactores de potencia. Recuperado el 26 de septiembre de 2014 de [http://www05.abb.com/global/scot/scot252.nsf/veritydisplay/8f8ba96d6cfd4f06c1257b130057e166/\\$file/1ZSE954001-011ES.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot252.nsf/veritydisplay/8f8ba96d6cfd4f06c1257b130057e166/$file/1ZSE954001-011ES.pdf)

**ABB Group (2014).** Reclosers. Recuperado el 26 de septiembre de 2014 de <http://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/reclosers>

**Aguilar Jarrin, E. P. (2006).** Evaluación de pinturas anticorrosivas de nanocompuestos a base de resinas epóxicas y nanoarcillas. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador. Recuperado el 26 de septiembre de 2014 de [http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D\\_Tesis\\_PDF/D-34830.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-34830.pdf)

**CFS. (2014).** Pruebas y puesta en servicio a equipo de alta tensión de subestaciones. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.cfscr.com/servicios/pruebas-y-puesta-en-servicio-a-equipo-de-alta-tension-de-subestaciones/>

**Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico - CIDET (2014).** Guía para el marcado de equipos eléctricos que consisten, contienen o pueden contener bifenilos policlorados (PCB) y desechos contaminados con PCB. Medellín, Colombia.: CIDET & Minambiente

**Chile. Instituto Nacional de Estadística - INE. (2007).** Metodología energía eléctrica. Santiago de Chile, Chile.: INE.

**Colombia. Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG. (2008).** Cartilla Transmisión de Energía Eléctrica. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de [http://www.creg.gov.co/phocadownload/publicaciones/transmision\\_energia\\_electrica.pdf](http://www.creg.gov.co/phocadownload/publicaciones/transmision_energia_electrica.pdf)

**Colombia. Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas - IPSE. (2010).** Presentación Oficial Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas. Bogotá D.C. Recuperado el 5 de noviembre de 2014 de <file:///C:/Users/jcramirez/Downloads/Presentaci%C3%B3n%20Oficial%202010.pdf>

**Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011).** Resolución 222 de 2011. Bogotá, Colombia.

**Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2005).** Decreto 4741 de 2005. Bogotá, Colombia.

**Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (2013).** Resolución 18 0398 de 2004. Bogotá, Colombia. : MinMinas.

**Colombia. Ministerio de Trabajo. (2012).** Resolución 1409 de 2012. Bogotá, Colombia.: Mintrabajo

**Colombia. Sistema de Información Minero Energético Colombiano. (2013).** Sistema de Transmisión Nacional 2013 – 2027. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de [http://www.simec.gov.co/Portals/0/serv\\_sic/Documents/STN\\_2013-2027.pdf](http://www.simec.gov.co/Portals/0/serv_sic/Documents/STN_2013-2027.pdf)

**Electroingeniería ICS S.A. (2014).** Regulador de tensión monofásico. Recuperado el 5 de noviembre de 2014 de <http://www.electroingenieria.com/Archivos/toshiba.pdf>

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** Electrotecnia: transformadores de potencia y distribución. Terminología. Bogotá : ICONTEC, 1998. (NTC 317)

**INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN.** Código eléctrico colombiano. Bogotá, Colombia.: ICONTEC, 1998 (NTC 2050)

**Institute for Electrical and Electronic Engineers. (2014).** IEEE Transformadores. Recuperado el 5 de noviembre de 2014 de <http://www.ieee transformers.com/poste.html>

**INVERSOLAR. (2014).** Corrección del bajo factor de potencia. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.inversolarsolutions.com/bancos-de-capacitores.html>

**Morgue File (2006).** Fotografía reactor de potencia, autor Click. Licencia adquirida por CIDET. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.morguefile.com/archive/display/66075>.

**NOJA Power (R). (2014).** Reconectador. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.nojapower.es/noticias.html>

**PÉREZ G., ISRAEL. (2012).** Interruptores de potencia y extinción del arco eléctrico. Recuperado el 26 de septiembre de 2014 de <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/32514/1/perezguzman.pdf>

**PROMELSA. (2008).** Bancos de Condensadores. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.promelsa.com.pe/bancos-condensadores.htm>

**QR Coded. (2012).** What size should my QR Code be? Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.qrcoded.co.uk/what-size-should-my-qr-code-be/>

**Red Nacional de Laboratorios, RNL. (2012).** Transformador de potencia. Medellín, Colombia. : RNL.

**RYMEL. (2014).** Catálogo productos. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.rymel.com.co/CatalogoProductos.pdf>

**SIEMENS. (2011).** Regulador de tensión. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de [www.siemens.com/download?DLA08\\_1907](http://www.siemens.com/download?DLA08_1907)

**SIEMENS. (2013).** Catálogo transformadores publisher corregido.pub - siemens.pdf. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.cameleco.com.co/siemens.pdf>

**Treetech. (2008).** SDG&E, en los EUA, utiliza sensores y IED's Treetech para monitoreo on-line y control de transformadores y reactores. Recuperado el 20 de agosto de 2014 de <http://www.treetech.com.br/es/viewCase.php?id=1271092344>

**USA. Environmental Protection Agency - EPA (2007).** 40 CFR Part. 761. Polychlorinated Biphenyls (PCB) manufacturing, processing, distribution in commerce, and use prohibitions. USA.: EPA.



