

Guía para la gestión integral de PCB

TOMO 6: ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB Y ETIQUETADO

Créditos Institucionales

Entidad Coordinadora:

Departamento de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
7 avenida 03-67, zona 13, Ciudad Guatemala, Guatemala.

Entidad Implementadora

Organización de Las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial -ONUDI-

Proyecto GEF 5816/UNIDO 140298:

“Manejo y Disposición Ambiental de Equipos Contaminados con Bifenilos Policlorados PCB y Desechos del Plaguicida DDT y Creación de Capacidad Técnica en Guatemala”

Compilación y Edición Técnica:

Ing. Jefferson Guillermo Santiago Cabrera - Consultor Técnico del Proyecto
Revisión: Ing. Justo Elviz Ajanel Ardón - Coordinador Nacional de Proyecto
Ing. Laura Verónica López – Encargada del Convenio de Estocolmo, Departamento de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos en Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Revisión Editorial:

Departamento de Comunicación Corporativa
Instituto Nacional de Electrificación -INDE-
7a Avenida 2-29 zona 9, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Segunda edición: 2018
Impreso en Guatemala.

Esta guía técnica puede ser reproducida total o parcialmente y en cualquier forma con fines

Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y Desechos de DDT y la creación de capacidad técnica en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala



educativos o no lucrativos sin el permiso especial del autor, siempre y cuando se cite la fuente.

El contenido de esta publicación es responsabilidad exclusiva del autor. Las opiniones expresadas no representan necesariamente la decisión o la política de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

Contenido

1	RESUMEN	5
2	INTRODUCCIÓN	5
3	ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB.....	7
3.1	Escala de autoridad de los resultados de análisis.....	9
3.2	Análisis cualitativos	9
3.3	Análisis semicuantitativo de PCB.....	11
3.4	Análisis cuantitativo de PCB	13
4	REGISTROS DE LOS ENSAYOS ANALÍTICOS.....	14
5	SEÑALIZACIÓN Y ETIQUETADO	15
6	DIAGRAMA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PCB Y CLASIFICACIÓN	18
7	RESIDUOS Y MATERIAL CONTAMINADO	20
7.1	Desechos de los análisis de Colorimétrico Clor-N-Oil y L2000.....	20
8	ANEXOS	22
	Anexo 1: Método de detección y análisis cualitativo de PCB Clor-N-Oil.....	22
	Anexo 2: Métodos de detección y análisis semicuantitativo con el equipo L2000 DX.....	28
	Anexo 3: Diseños de etiquetas según resultados de análisis.....	35
	Anexo 4: INSTRUCCIONES PARA COLOCAR ETIQUETAS.....	38

Índice de tablas

Tabla 1	Clasificación de los métodos de determinación de PCB según la normativa ambiental vigente.	7
Tabla 2	Lista de métodos disponibles para realizar con el equipo L2000.	28

Índice de ilustraciones

Ilustración 1	Kit Clor-N-Oil.....	9
Ilustración 2	Kit Clor- N -Soil.....	10
Ilustración 3	Resultado negativo de análisis colorimétrico con kit Clor-N-Oil.	10
Ilustración 4	Resultado positivo de análisis colorimétrico con kit Clor-N-Oil.	11
Ilustración 5	Figura Equipo Analyzer L2000DX	12



Ilustración 6 Laboratorio montado en un sitio cercano a equipo contaminados.	12
Ilustración 7 Análisis cuantitativo de PCB.....	14
Ilustración 8 Etiquetado de equipos según resultados del análisis de PCB.	17
Ilustración 9 Perforado de una etiqueta	18
Ilustración 10. Identificación de PCB.	19
Ilustración 10 Acomodar los tubos.....	22
Ilustración 11 Retirar la tapa	23
Ilustración 12 Comprima los lados del tubo	23
Ilustración 13 Transfiera la solución.....	23
Ilustración 14 Levante el tubo	24
Ilustración 15 Quiebre.....	25
Ilustración 16 Compare con la tabla de colores	25
Ilustración 17 Proceso de análisis cualitativo con el kit Clor-N-Oil.	26
Ilustración 18 Esquema general de realización de análisis con el L2000.	29
Ilustración 19 Ejemplo de calibración para el método 1242 Oil.	30
Ilustración 20 Secuencia para definir o no blanco en uso del equipo L2000DX	30
Ilustración 21 Pasos a seguir para el análisis semicuantitativo de aceite dieléctrico	31
Ilustración 22 Pasos a seguir para análisis semicuantitativo de suelos contaminados.....	32
Ilustración 23 Pasos a seguir para análisis semicuantitativo de agua.....	33
Ilustración 24 Etiqueta para equipos Bajo Nivel de PCB (libre de PCB, menos de 50 ppm).....	35
Ilustración 25 Etiqueta para equipos Contaminado con PCB (igual o mayor a 50 ppm).....	36
Ilustración 26 Etiqueta para equipos DESCONTAMINADOS con PCB ((libre de PCB, menos de 50 ppm, posterior a un proceso de descontaminación).....	37

1 RESUMEN

La presente guía contiene los lineamientos e información necesaria para análisis químicos de tamizaje de equipos susceptibles de contener PCB, la misma se ha alineado con los términos y regulación ambiental vigente en Guatemala. La gestión abarca la realización de la toma de muestras y las actividades posteriores al análisis que incluyen el etiquetado e identificación.

A fin de mantener el enfoque de la temática de la presente guía, en algunos puntos de gestión de PCB, se han realizado referencias a los otros tomos, tal como lo son:

- **TOMO 3: GESTIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS AL PCB**
- **TOMO 4: INVENTARIO DE PCB**
- **TOMO 5: MUESTREO DE EQUIPOS SUSCEPTIBLES DE CONTENER PCB**
- **TOMO 7: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CON ACEITES DIELECTRICOS**

Esta guía finaliza con la descripción paso a paso de algunos de los métodos de ensayo más comunes para la realización de análisis cualitativos y semi cuantitativos.

2 INTRODUCCIÓN

Las guías pretenden tratar la gestión de PCB desde un punto de vista integral por lo que se han estructurado de la siguiente manera.

Las guías presentan la gestión de PCB desde un punto de vista integral por lo que se han estructurado de la siguiente manera:

- **TOMO 1: GUÍA DE BOLSILLO PARA GESTIÓN DE PCB.** Es un documento de consulta inmediata para apreciar de una vista general de la gestión y luego referirse a la guía que contiene la información que el usuario necesite.
- **TOMO 2: GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS DE PCB:** Ha sido diseñada para el entendimiento básico del PCB.
- **TOMO 3: GESTIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS AL PCB.** Aquí se incluyen los elementos de seguridad necesarios para realizar las operaciones de forma segura en las siguientes guías desarrolladas.
- **TOMO 4: INVENTARIO DE PCB.** Ha sido diseñado para permitir al usuario realizar y actualizar su inventario de equipos susceptibles de contener PCB, incluye una sección dedicada al “SISTEMA DE INFORMACIÓN DE PCB” que funciona según la regulación nacional.
- **TOMO 5: MUESTREO DE EQUIPOS SUSCEPTIBLES DE CONTENER PCB.** Indica los lineamientos para la toma de muestra de aceites de equipos en el inventario para su posterior análisis químico.



- **TOMO 6: ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB Y ETIQUETADO.** Esta guía indica los lineamientos para realizar la correcta identificación de PCB cumpliendo con los requisitos de la regulación.
- **TOMO 7: OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CON ACEITES DIELECTRICOS.** Indica todo lo concerniente al uso y mantenimiento de equipos a fin de evitar la contaminación con PCB y los lineamientos para operar y mantener equipos contaminados con PCB.
- **TOMO 8: EMBALAJE, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE EQUIPOS CONTAMINADOS CON PCB.** En esta guía se definen los requisitos, para el correcto embalaje, transporte y almacenamiento de equipos contaminados con PCB.
- **TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB.** Incluye las directrices para el manejo adecuado de los equipos fuera de uso desechos contaminados con PCB.

3 ANÁLISIS QUÍMICO DE PCB

El análisis químico es el proceso que permite determinar el contenido de PCB, por lo que es la actividad clave en la identificación de PCB. El propósito del análisis químico es establecer si un equipo que contiene aceite dieléctrico se encuentra contaminado con PCB y determinar su grado de contaminación o concentración, con ello establecer las alternativas de manejo ambientalmente racional.

Por el principio de prevención todo aceite dieléctrico debe manejarse como si estuviese contaminado hasta que se demuestre lo contrario.

Existen diversos tipos de métodos analíticos a partir de los cuales se puede establecer con mayor o menor certeza la concentración de PCB, según la normativa ambiental vigente se clasifica así:

Artículo 4. DEFINICIONES.

Análisis cualitativo de PCB: Ensayo analítico utilizado para identificar o establecer la existencia de cloro que sugiere la presencia de PCB en diferentes matrices sin cuantificar su concentración.

Análisis cuantitativo de PCB: Ensayo analítico cromatográfico utilizado para la determinación y cuantificación de la presencia de PCB y medición de su concentración en diferentes matrices, entre las cuales puede considerarse el aceite dieléctrico.

Análisis semicuantitativo de PCB: Ensayo analítico electroquímico de tamizaje, barrido o prueba de preselección, utilizado para medir la concentración de iones Cloruro, y por ende la posible presencia de PCB, en partes por millón en aceite dieléctrico.

A fin de ampliar la información de los tipos de análisis amplia la información sobre los métodos y sus usos:

Tabla 1 Clasificación de los métodos de determinación de PCB según la normativa ambiental vigente.

Análisis	Métodos incluidos	Uso	Observaciones
Cualitativo	Kit Clor-N-Oil (U.S. EPA SW-846 Method 9079)	Descartar la presencia de PCB.	Puede verse afectada por la presencia de agua u otros elementos en la muestra. Indica la presencia de cloro en la muestra.
Semi Cuantitativo	L2000DX (U.S. EPA SW-846 Method 9079)	Descartar la presencia de PCB, estima el grado de contaminación.	Susceptible a las mismas interferencias que la prueba cualitativa. Se recomienda confirmar casos positivos con cromatografía, especialmente en los casos en los que se sospeche de contaminantes o interferencias a la muestra. Indica la presencia de cloro en la muestra.
Cuantitativo	Cromatografía (ASTM D4059, U.S. EPA SW-846 Method 8082A, etc.)	Descarta o confirma la presencia de PCB, determina el grado de contaminación	Solo es válida si la metodología del análisis está acreditada.



Artículo 19. PROCEDIMIENTO PARA IDENTIFICACIÓN DE PCB. Para identificar la presencia y concentración de PCB en aceite dieléctrico, equipos susceptibles en condición de nuevos, en uso o desuso, residuos y desechos se debe llevar a cabo las siguientes acciones:

- a) A todos los equipos susceptibles en uso y en desuso:
 - 1. Clasificados como sospechosos, se les debe realizar análisis cuantitativo de cromatografía a fin de determinar presencia y concentración de PCB.
 - 2. Clasificados como no inspeccionados, se les podrán aplicar en primer término otros ensayos analíticos cualitativos, semicuantitativos o cuantitativos, en caso de identificar presencia de PCB en concentraciones iguales o mayores a 50 ppm, debe realizar análisis cuantitativo de cromatografía para determinar la concentración.
- b) A los condensadores o capacitores se les debe realizar un análisis de datos técnicos de placa y de no contar con información relativa a la presencia o concentración de PCB, quedarán sujetos al inciso a) 2, mediante la aplicación de un ensayo destructivo al final de su vida útil.
- c) Los equipos nuevos deben contar con información relativa a la concentración de PCB, comprobado mediante ensayos analíticos o certificados de fabricante.
- d) El equipo susceptible y desechos que ha sido clasificado de bajo nivel de PCB, no requerirá de un nuevo proceso de identificación, siempre que no haya sido intervenido o haya sido sujeto de mantenimiento sin control para evitar contaminación cruzada. Caso contrario el equipo susceptible y desechos perderá su clasificación y deberá ser analizado nuevamente.

En cualquiera de los casos, el resultado del procedimiento se debe reportar o actualizar en el inventario respectivo, atendiendo para el efecto las disposiciones que se establezcan.

Artículo 20. DISPOSICIONES PARA EL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE PCB. Se toman válidos los métodos de análisis o ensayos analíticos por cromatografía de gases, los realizados en laboratorios nacionales o internacionales, cuyas metodologías sean validadas o acreditadas por la OGA o reconocidas internacionalmente por la misma, es decir sean firmantes del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) o del IAAC (Inter American Accreditation Cooperation).

Para el resto de los ensayos analíticos, estos deben ser respaldados por un informe de análisis del ensayo realizado, siguiendo para el efecto las directrices establecidas en los manuales, guías o instructivos que determine el MARN

En ese sentido se debe tener en cuenta que en Guatemala para efectos de clasificación de los elementos en el Inventario de PCB, el método cuantitativo es el que considera concluyente o definitivo. No obstante, los métodos cualitativos y semicuantitativos son válidos para el descarte de equipos no contaminados por arriba de las 50 ppm, es decir, un análisis cualitativo o semicuantitativo es confiable

No obstante se debe aplicar el principio de prevención, por lo que se todo aceite dieléctrico se considera contaminado con PCB hasta que demuestre lo contrario: Por ejemplo, un equipo sospechoso se debe considerar contaminado hasta que un análisis químico demuestre lo contrario.

3.1 Escala de autoridad de los resultados de análisis.

Un resultado de análisis cuantitativo (método de cromatografía) tiene prioridad sobre un análisis cualitativo o semicuantitativo.

Un análisis más reciente debe tener prioridad sobre un análisis antiguo.

3.2 Análisis cualitativos

Como su nombre lo indica, consiste en aquellos ensayos analíticos utilizados para descartar o establecer la presencia de PCB en diferentes matrices sin determinar su concentración, es decir, indican la presencia o no de PCB. En este contexto un análisis cualitativo permite descartar o confirmar la presencia de PCB. Dentro de los métodos cualitativos a continuación se amplía los más conocidos o utilizados en el medio.

En el mercado se han identificado los kits Colorimétricos (Clor-N-Oil). Los kits colorimétricos están diseñados para la detección aproximada de PCB en muestras de aceites, siguiendo el método EPA-9097, en concentraciones cercanas a 20, 50, o 500 ppm de acuerdo con el valor establecido para la prueba, en general, estos métodos se basan en la detección de cloro en la muestra. Se debe tomar la precaución de usar los kits de 50 ppm (o menor) cuando se quiera demostrar el cumplimiento legal del aceite.



Ilustración 1 Kit Clor-N-Oil

Existen varios kits para el ensayo rápido y detección de cloro orgánico, entre los que se pueden citar el método Clor-N-Oil® para aceites y Clor-N-Soil® para suelos de la firma

Dexsil®. Para este caso los kits están calibrados con un criterio conservador a un Aroclor 1242.



Ilustración 2 Kit Clor- N -Soil

Son ensayos de descarte, por lo tanto en caso de resultados negativos o ausencia de cloro, son aceptados; pero en caso de detectarse cloro se considera positivo y serán validados por análisis de cromatografía. El análisis de Clor-N-Oil realizado por una persona con las competencias requeridas por el MARN, debe considerarse como válido para el descarte de PCB.



Ilustración 3 Resultado negativo de análisis colorimétrico con kit Clor-N-Oil.



Ilustración 4 Resultado positivo de análisis colorimétrico con kit Clor-N-Oil.

Entre las ventajas de este test se encuentran su bajo costo, su utilidad para realizar una determinación rápida de los equipos contaminados con PCB y que se requiere poca experiencia técnica para el uso de este kit. Sin embargo, una de las principales limitaciones de este test es la obtención de falsos positivos debido a la presencia de compuestos orgánicos halogenados en la muestra. Por eso la *Environmental Protection Agency -EPA-* ha recomendado que solo se use en lugares donde se tenga certeza que este tipo de interferencias no se encuentran presentes. Adicionalmente la titulación utiliza una ampolla con una solución con mercurio la que debe ser desechada de forma ambientalmente racional, en la sección 6 y el **TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB** se indica el manejo de estas sustancias.

En la sección de Anexo 1 se presenta el “Método de detección y análisis cualitativo de PCB - Clor-N-Oil” indicando los pasos para realizar un ensayo analítico cualitativo.

3.3 Análisis semicuantitativo de PCB

Este utiliza el equipo “L2000 DX” bajo los mismos principios que los Clor-N-Oil, la diferencia radica en el uso de un electrodo para medir la concentración de iones Cloruro y permite establecer una lectura numérica; por ende la posible presencia de PCB.



Ilustración 5 Figura Equipo Analyzer L2000DX

Una ventaja de este equipo y método es que permite estimar la cantidad de PCB en la muestra, además, otra ventaja es que al usar un electrodo evita el uso de mercurio lo que permite tener un manejo menos complicado de los desechos.



Ilustración 6 Laboratorio montado en un sitio cercano a equipo contaminados.

En el Anexo 2 se presentan los “Métodos de detección y análisis semicuantitativo con el equipo L2000 DX”, indicando los pasos para realizar un ensayo analítico cualitativo.



3.4 Análisis cuantitativo de PCB

El principal método de análisis cuantitativo de PCB es la cromatografía de gases con detector de captura de electrones, el cual es particularmente sensible a compuestos halogenados. Por lo que puede responder también a otros compuestos orgánicos distintos a los PCB, que contengan cloro u otros halógenos.

Artículo 20. DISPOSICIONES PARA EL ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DE PCB. Se toman válidos los métodos de análisis o ensayos analíticos por cromatografía de gases, los realizados en laboratorios nacionales o internacionales, cuyas metodologías sean validadas o acreditadas por la OGA o reconocidas internacionalmente por la misma, es decir sean firmantes del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de ILAC (International Laboratory Accreditation Cooperation) o del IAAC (Inter American Accreditation Cooperation).

Para el resto de los ensayos analíticos, estos deben ser respaldados por un informe de análisis del ensayo realizado, siguiendo para el efecto las directrices establecidas en los manuales, guías o instructivos que determine el MARN

Para los análisis cuantitativos también existen varios métodos, entre los que se mencionan:

- a. ASTM D4059-2010
- b. EPA Method 8082A (SW-846).
- c. IEC 61619:1997
- d. UNE-EN 12766-2:2001

Para que los arriba indicados u otros métodos sean aceptado para fines de inventario, se deberá solicitar los servicios de los laboratorios que cuenten con la acreditación otorgada por la Oficina Guatemalteca de Acreditación (OGA) de la Dirección del Sistema Nacional de la Calidad del Ministerio de Economía, u otra entidad acreditadora reconocida por el *International Laboratory Accreditation Cooperation* o el *Inter American Accreditation Cooperation* para el método recomendado. En este último el caso la OGA puede validar el método.



Ilustración 7 Análisis cuantitativo de PCB

Debido a la especificidad del detector de captura de electrones, se recomienda el uso de solventes grado pesticida, que garantizan la ausencia de compuestos órgano-halogenados que puedan interferir en el ensayo de los PCB.

Adicionalmente puede presentar interferencias por los ftalatos que se extraen de los plásticos fabricados con este tipo de compuestos. Se debe tener especial cuidado con la eliminación de interferencias.

A partir de la entrada en vigor del reglamento de gestión de PCB, los análisis cromatográficos de PCB deben ser a través de métodos acreditados. Esto con el fin de que dichos resultados sean válidos para efectos de clasificación de los equipos y desechos y su posterior reporte en el Inventario Nacional de PCB.

4 REGISTROS DE LOS ENSAYOS ANALÍTICOS

El llenado del registro es tan importante como la toma de muestra y análisis químico ya que de no contar con ellos, es como si no se hubiese realizado el análisis.

Para todo análisis es necesario generar un reporte o informe que respalde la información., Queda a criterio del analista o laboratorio establecer la presentación de la información en el informe, no hay un formato específico. Es recomendable que contenga como mínimo la siguiente información.

- a. Datos Generales
 - i. Propietario de los equipos
 - ii. Instalación donde se encuentra el equipo analizado
 - iii. Fecha del análisis
 - iv. Nombre del analista
 - v. Método empleado

- b. Datos de las muestras
 - a. Por lo menos alguno de los siguientes:
 - i. Número de serie del equipo
 - ii. Número de identificador del equipo (Ej. Número de Marchamo)
 - iii. Clase de equipo
 - b. Preferiblemente incluir también lo siguiente:
 - i. Marca del equipo analizado
 - ii. Capacidad de referencia del equipo analizado
 - c. Resultados en PPM

Es importante que el informe permita la trazabilidad de los resultados hasta llegar al equipo.

A continuación se muestra un ejemplo con fines ilustrativos:

Empresa: *El Rayo Eléctrico*

Instalación: *Bodega Central del Municipio de Guatemala, Departamento de Guatemala*

Fecha toma de muestras: *22 de julio de 2018, Fecha de análisis:* *23 de julio de 2018.*

Analista: *Toma de muestras por Jorge López, Análisis químico por Ana Basso.*

Método: *L2000DX (U.S. EPA SW-846 Method 9079)*

Resultados:

No.	No. de serie	Identificador	Clase de Equipo	Marca	Capacidad	Resultado en PPM de PCB
1	9720474015	MARN ROJO 2957	Transformador de Distribución	Westing House	25 KVA	2300
2	----	MARN ROJO 2959	Tonel con aceite	N/D	200 LT	650
3	J15H25189	MARN VERDE 31844	Transformador de Distribución	COOPER	10 KVA	7
n...	98A481649	MARN VERDE 31843	Transformador de Potencia	ABB	15000 KVA	2

5 SEÑALIZACIÓN Y ETIQUETADO

El etiquetado de los equipos, materiales y desechos contaminados con PCB, es vital para el éxito de los inventarios y es un aspecto de seguridad básico de cualquier Sistema de Gestión Ambientalmente Racional.



Artículo 21. RESPONSABILIDAD DE ETIQUETADO. Los propietarios de equipo susceptible y desechos que contienen o estén contaminados con PCB, deben etiquetar los equipos, recipientes o contenedores donde se encuentren sus existencias para efectos de planear y ejecutar medidas necesarias para la gestión ambientalmente racional, de conformidad con los requisitos que para el efecto establezca el MARN. Los equipos, aceites y contenedores descontaminados deben ser reclasificados y re-etiquetados.

Artículo 22. DE LAS ETIQUETAS. Las etiquetas deben ser redactadas en idioma español, sin perjuicio de cualquier otra disposición regulada en los convenios internacionales ratificados por Guatemala. En todo caso, siempre debe contener la indicación de presencia o no de PCB. El MARN establecerá las características específicas y sus respectivos requisitos, por medio de manuales, guías o instructivos.

El MARN, podrá autorizar a los propietarios utilizar un sistema de identificación distinto al regulado en este reglamento, siempre y cuando cumpla con las disposiciones técnicas necesarias para su etiquetado, establecidos en los manuales, guías o instructivos, que para efecto autorice el MARN.

Dependiendo del resultado del análisis, se tiene tres tipos de etiquetas, según la clasificación del equipo:

- a. Equipos contaminados con PCB (etiqueta amarilla): Esta etiqueta se utiliza cuando se determina que el equipo tiene 50 ppm o más de PCB y por tanto se declara como "Contaminado con PCB", cuando se considera que el equipo es Sospechoso de Contener PCB o el resultado del análisis no fue concluyente.
- b. Equipos con Bajo Nivel PCB o no contaminados (etiqueta azul): Se utiliza cuando se determina que el equipo tiene menos de 50 ppm de PCB y por tanto se declara como "Bajo Nivel de PCB".
- c. Equipos descontaminados de PCB (etiqueta verde): Esta se utiliza para equipos que se encontraban contaminados con PCB y que pasaron por un proceso de descontaminación.



Ilustración 8 Etiquetado de equipos según resultados del análisis de PCB.

Los diseños a detalle se encuentran en el Anexo 3: Diseños de etiquetas según resultados de análisis.

Deben ser fabricadas con autoadhesivo y resistentes a rayos ultravioleta y lluvia. El tamaño mínimo recomendado es de 15 x 15 cm con los diseños siguientes.

Artículo 23. PLAZO PARA ETIQUETADO. El etiquetado del equipo susceptible; debe estar terminado a más tardar el 31 de diciembre de 2022.

En este sentido del etiquetado incluye: Un identificador, la etiqueta de contenido de PCB y su respectivo registro en el inventario.

Artículo 24. FALTA DE ETIQUETADO. El equipo susceptible que no posea etiqueta de concentración de PCB, se presume que está contaminado y debe ser gestionado como equipo o desecho contaminado con PCB, dentro de los plazos establecidos en el presente reglamento.

Se deben ser fabricadas de un material que pueda ser perforado, (minimizando el uso de lapiceros o marcadores, estos se pueden borran con el tiempo), a fin de marcar la información y quede grabada en los campos más importantes como lo son: “Mes”, “Año” y “Método”:



Ilustración 9 Perforado de una etiqueta

El resultado obtenido en el ensayo analítico, se debe colocar la etiqueta. En este aspecto se debe indicar que la función de los “identificadores” (como el marchamo) sirve únicamente para dejar evidencia de que el equipo se ha registrado en el inventario nacional. Siendo la etiqueta necesaria para indicar su estatus con respecto al contenido de PCB y control visual.

6 DIAGRAMA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PCB Y CLASIFICACIÓN

La identificación de PCB, es un proceso donde se determinación de la presencia o ausencia de PCB, para proceder la clasificación y etiquetado.

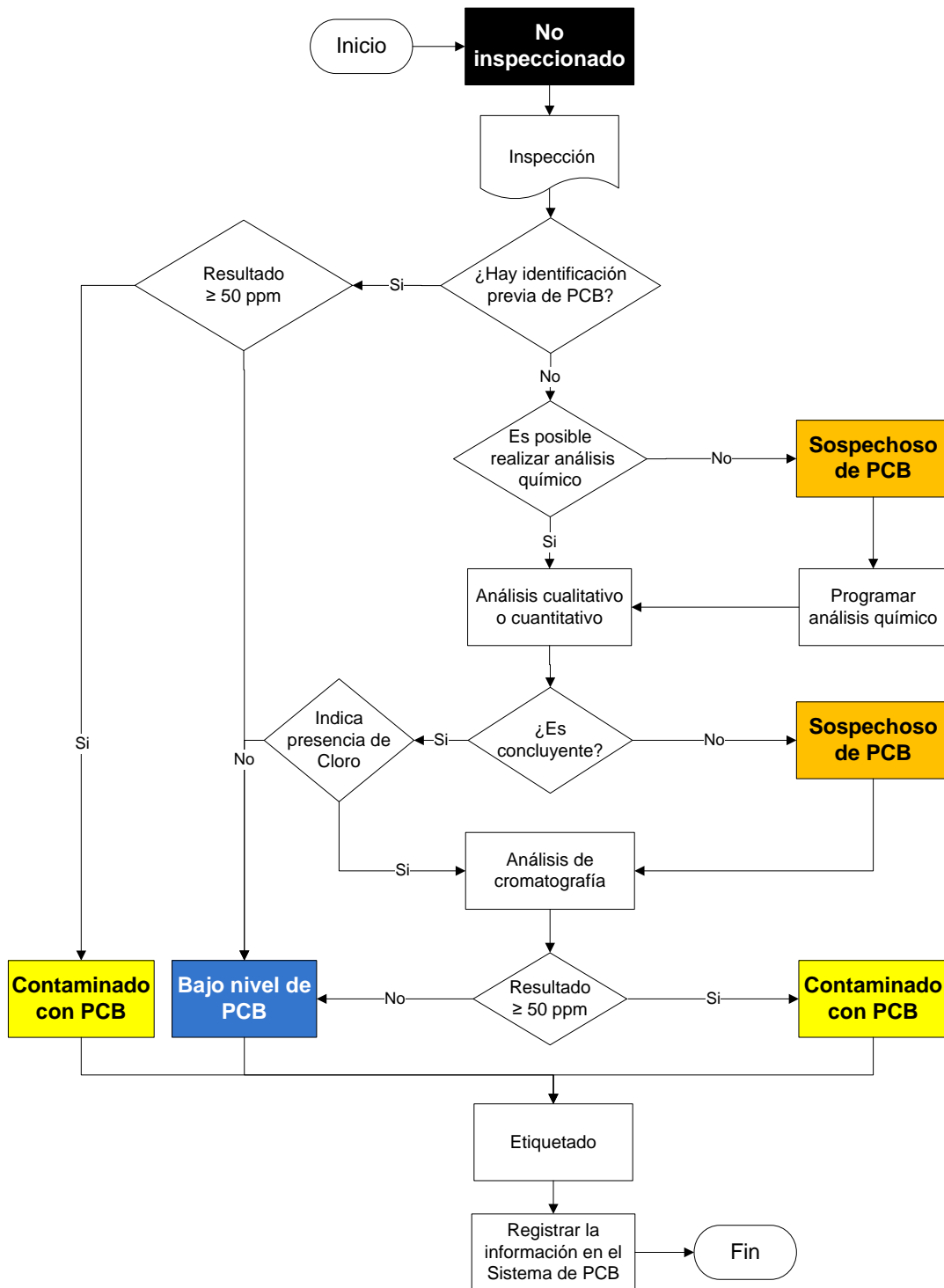


Ilustración 10. Identificación de PCB.

7 RESIDUOS Y MATERIAL CONTAMINADO

Todos los residuos generados en esta actividad, que tan tenido contacto con aceite se deben clasificar como peligrosos y adicionalmente como medida preventiva, como contaminados con PCB, por lo tanto, se deben manejar como tales, hasta que se determine la presencia o no de PCB en los mismos.

El laboratorio que realiza ensayos debe contar con un plan de gestión adecuado para el manejo de residuos, por lo que solamente se hará énfasis en los residuos especiales de los ensayos de tamizaje.

7.1 Desechos de los análisis de Colorimétrico Clor-N-Oil y L2000.

- a. **Tubo con tapa negra y materiales que estuvieron en contacto con aceite dieléctrico:**
 - i. En caso de resultado negativo (Bajo Nivel de PCB) se deben colocar en una bolsa de plástico resistente, y descartar como desecho peligroso con un gestor local de residuos peligrosos con licencia ambiental vigente para tal operación.
 - ii. En caso de resultado positivo (Contaminado con PCB) se deben colocar en una bolsa de plástico resistente, que a su vez debe ser colocada en un tonel metálico de tapa “tipo cabeza abierta” y descartar como desecho con PCB, con un gestor con licencia ambiental vigente para tal operación. Ver **TOMO 9: MANEJO AMBIENTALMENTE RACIONAL DE EQUIPOS Y DESECHOS CONTAMINADOS CON PCB.**
 - iii. **CASO ESPECIAL:** Para los tubos de tapa negra que solo tienen aceite en la parte interior, (excluye el resto materiales) y el resultado arrojó menos de 5000 ppm, se puede considerar que el aceite fue descontaminado y se puede disponer como residuo peligroso con un gestor local.
- b. **Tubo tapa blanca con ampolla de encapsulamiento de mercurio:** Estos deben ser descartados en criptas de concreto en un relleno de seguridad con licencia ambiental vigente para tal operación.
- c. **Desechos de los botes de enjuague, líquido de electrodo, extracto y calibración:** Cuando se trata de cantidades pequeñas menores a 3 litros, estos deben ser depositados en un bote de polipropileno, y neutralizados con bicarbonato de sodio, una vez estabilizado se pueden descartar con los residuos comunes.



8 ANEXOS

Anexo 1: Método de detección y análisis cualitativo de PCB Clor-N-Oil

A continuación, se describe el método de detección por medio del método EPA 9019 (Clor-N-Oil).

Cada Kit Clor-N-Oil 50 de la compañía Dexsil contiene:

- a. Tubo #1 – Un tubo de ensayo de plástico, de tapa negra con válvula, contiene una ampolla incolora con una marca azul (inferior) y una ampolla gris (superior).
- b. Tubo #2 – Un tubo de ensayo de tapa blanca, conteniendo 7 ml. de una solución buffer, una ampolla incolora con una marca blanca (inferior) y una ampolla verde roja (superior). Este tubo contiene una ampolla con un compuesto de mercurio.
 - a. Una pipeta desechable de plástico.
 - b. Una ampolla de vidrio embalada en un tubo de cartón, designado como ampolla de eliminación (para encapsular el mercurio).

Los pasos para seguir para asegurar el correcto análisis de detección de PCB con el kit Clor-N-Oil son:

- 1) Remueva el contenido de la caja. Verifique si el contenido está correcto e intacto. Coloque los dos tubos de ensayo en los soportes frontales de la caja.

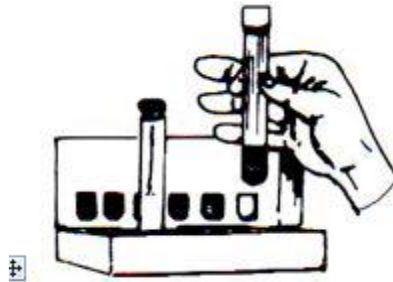


Ilustración 11 Acomodar los tubos.

- 2) Retire la tapa negra del tubo #1. Utilizando la pipeta desechable, transfiera exactamente 5 ml de aceite del transformador (hasta la línea) para el tubo de tapa negra. Cierre bien el tubo.

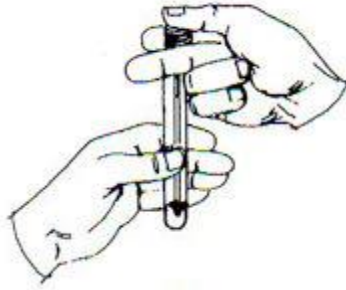


Ilustración 12 Retirar la tapa

- 3) Quiebre la ampolla con la marca azul (inferior) comprimiendo los lados del tubo. Agite vigorosamente durante 10 segundos. Quiebre la ampolla gris del tubo #1 y agite bien durante 10 segundos (asegúrese de que la ampolla incolora es la primera a ser quebrada). Espere 50 segundos para que los reactantes reaccionen agitando intermitentemente.

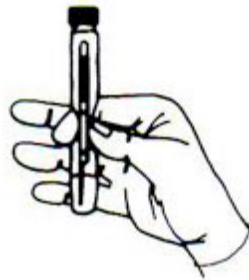


Ilustración 13 Comprima los lados del tubo

- 4) Remueva las tapas de ambos tubos y transfiera la solución buffer (solución incolora) del tubo #2 (tapa blanca) para tubo #1 (tapa negra).

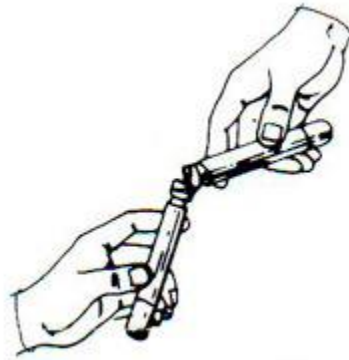


Ilustración 14 Transfiera la solución

- 5) Cierre el tubo# 1 y agite vigorosamente durante 10 segundos. Ventile el tubo #1 con cuidado (abra la tapa apenas media vuelta) para aliviar la presión dentro del tubo. Agite 10 segundos más y ventile nuevamente el tubo. El aceite ya no debe estar grisáceo.
- 6) Coloque el tubo #1 bien cerrado con la tapa hacia abajo en una superficie plana y espere 2 minutos para que la solución acuosa se separe de la solución orgánica (aceite). Si el aceite queda por debajo de la solución acuosa, el aceite es PCB puro (Askarel). Si el aceite se encuentra sobre la fase acuosa continúe con el test.
- 7) Si el aceite se encuentra por encima de la solución acuosa, levantar el tubo #1 (invertido como está) con cuidado y transferir a través de la válvula del tubo #1, 5 ml de la solución acuosa para el tubo #2 (hasta la marca de los 5 ml).



Ilustración 15 Levante el tubo

- 8) Tener cuidado para no introducir ninguna gota de aceite que se encuentra por encima de la solución acuosa. Cierre bien el tubo. #2.
- 9) Quiebre la ampolla incolora (inferior) del tubo #2 y agite durante 10 segundos (esta ampolla es la que contiene el nitrato de mercurio al 3%). Quiebre la ampolla de color (superior) del tubo #2 y agite durante 10 segundos.

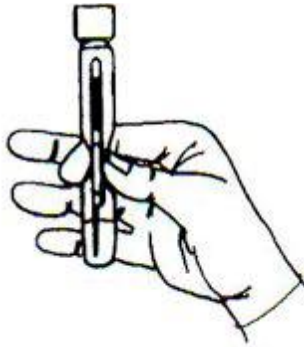


Ilustración 16 Quiebre

- 10) Observe el color resultante y compare con la tabla de colores. Si la solución tuviera un color púrpura, el aceite contiene menos de 50 ppm de PCB. Si la solución tuviera un color amarillo o incoloro, el aceite podría tener más de 50 ppm de PCB. En seguida, se debe hacer un análisis a través de un método específico (cromatografía gaseosa) para la identificación y cuantificación de PCB.

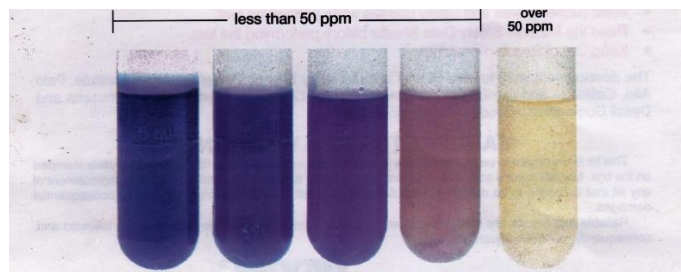


Ilustración 17 Compare con la tabla de colores

- 11) Abra la ampolla “ampolla de eliminación” e introdúzcala en el tubo #2. Cierre el tubo, quiebre la ampolla y agite durante 5 segundos. Esta reacción es necesaria para neutralizar el mercurio, de tal forma que se cumple los requisitos del test TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) de la EPA (*Environmental Protection Agency* o Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América).

En las siguientes imágenes se muestran los pasos de la detección de PCB con los kits en aceite dieléctrico.

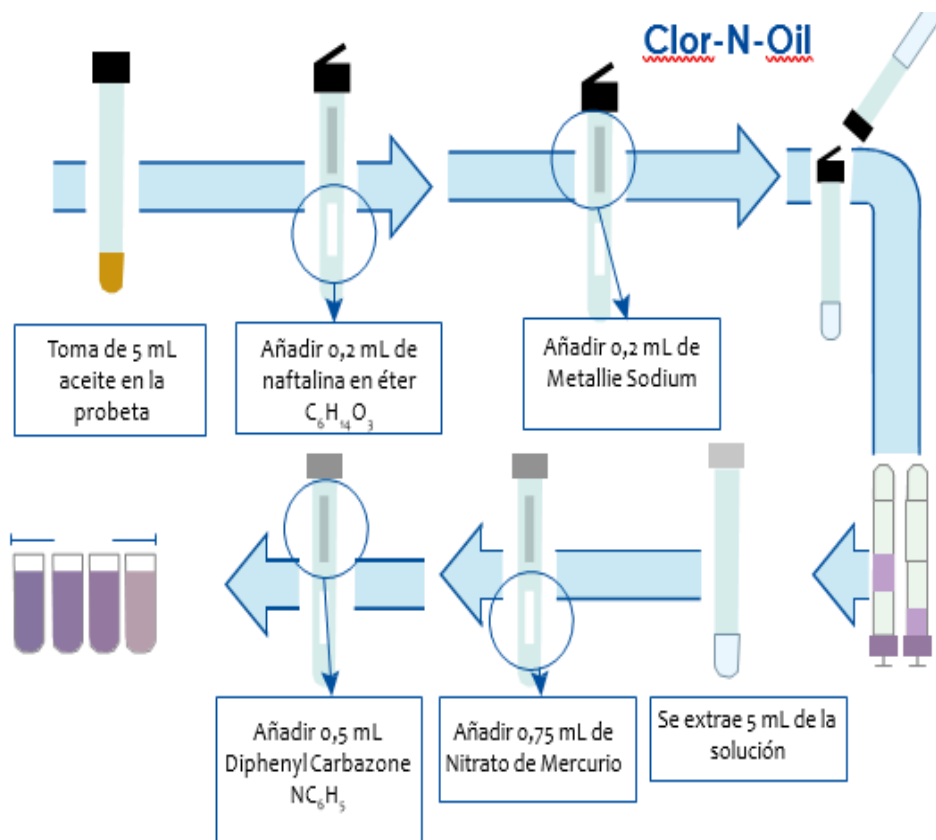


Ilustración 18 Proceso de análisis cualitativo con el kit Clor-N-Oil.

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Observaciones importantes sobre el kit:

- El kit Clor-N-Oil determina la presencia de los átomos de cloro.
- El kit puede ser afectado por otras fuentes de cloro como sal (cloruro de sodio), agua del mar, transpiración, etc.
- Nunca tocar las ampollas en el interior de los tubos de ensayo, o en la punta de la pipeta, pues la sal de su transpiración podrá contaminar el test.
- El kit debe ser examinado cuando es abierto, para certificar que está completo, sin haber derrame alguno.
- El kit Clor-N-Oil no funciona en muestras que contienen agua. Si en el paso tres (3) del procedimiento, el tubo quedara razonablemente caliente, con presión o perdiendo el color gris, la muestra probablemente contiene agua y el test no se deberá continuar. Podrá intentar repetir el test si la muestra de aceite fuera previamente seca.



- f. Efectuar el test en un local adecuado, seco y con luz apropiada. Si el clima estuviera frío, la cabina de un camión será adecuado para poder realizar el test.
- g. Si no estuviere disponible ningún local apropiado, el paso 3 deberá ser efectuado en cuanto el tubo #1 es calentado con las palmas de las manos.
- h. Cuando esté llena la pipeta con el aceite de la muestra, no deberá sumergir demasiado la punta de la pipeta pues eso podrá hacer que la pipeta gotee aceite.
- i. Cuando inserte la pipeta en el tubo de ensayo, insértela hasta la línea que marca los 5 ml, evitando así dejar aceite en las paredes del tubo y en el soporte de las ampollas, que escurrirá para el fondo del tubo haciendo con que se tenga más de 5 ml de aceite.
- j. Quebrar siempre primero la ampolla incolora (inferior) en ambos tubos. Si esto no sucediera, parar el test inmediatamente y comenzar el test utilizando un nuevo kit. Cuando ocurre un procedimiento errado, puede resultar un falso resultado negativo, permitiendo que una muestra contaminada pase sin ser detectada.
- k. En el paso cuatro (4), inclinar el tubo #2 a un ángulo de 45 grados. Este procedimiento evitará que el soporte de las ampollas del tubo #2 se deslice para afuera.
- l. Los kits usados se deberán disponer como residuos peligrosos.
- m. La fiabilidad de este kit está altamente dependiente del cuidado en el manipuleo y, consecuentemente, no puede ser garantizada

Instrucciones especiales en la indicación de Askarel durante la decantación.

- a. En el paso cuatro (4), si el aceite está en el fondo en lugar de presentarse por encima de la solución (como se muestra la figura), no continúe con el test ya que se considera que es PCB puro (Askarel).
- b. La fase de askarel puede tener un color amarillo o ser incoloro, pero si las dos fases fuesen incoloras también indicará la presencia de Askarel puro y en este caso el test se debe parar inmediatamente, pues podrá dar resultados falsos.

Cuidados especiales a considerar:

- a. Cuando se quiebre las ampollas de vidrio, comprima firmemente en el centro de esta una sola vez. Nunca intente quebrar una ampolla ya quebrada, pues el vidrio podrá cortar el tubo de ensayo de plástico y cortar los dedos.

- b. En caso de derrame accidental en la piel o la ropa, lavar con gran cantidad de agua. Todas las ampollas son venenosas y no deben ser ingeridas.
- c. No enviar este kit en aviones de pasajeros.
- d. Disponga los kits adecuadamente. Los tubos 1 y 2 pueden contener residuos de PCB y deben ser tratados como residuo con PCB, en el caso que el ensayo diera positivo.
- e. La ampolla gris en el tubo de ensayo de tapa negra contiene sodio metálico. El sodio metálico es un sólido inflamable y reactivo en agua.
- f. Usar siempre guantes de goma (nitrilo) y gafas de seguridad.
- g. Consultar las normas de seguridad del material antes de proceder con el test.
- h. Mantener fuera del alcance de los niños.

Anexo 2: Métodos de detección y análisis semicuantitativo con el equipo L2000 DX

Para el análisis con el L2000 se tienen las siguientes operaciones básicas que serán descritas a detalle.

- a. Calibración del electrodo
- b. Determinación de Blanco
- c. Análisis
- d. Otras operaciones y observaciones

Los métodos disponibles con el L2000 son:

Tabla 2 Lista de métodos disponibles para realizar con el equipo L2000.

1242 oil	1242 soil	2 step 1242
1242 wipe	1242 water high	1254 oil
1254 soil	2 step 1254	1254 wipe
1254 water high	1260 oil	1260 soil
2 step 1260	1260 wipe	1260 water high
Askarel a oil	Askarel a soil	2 step Askarel
Askarel a wipe	Askarel a wáter high	DDT soil
Toxaphene soil	Chlordane soil	PCP soil
Trichlor soil	Trichlor water	111 trichl water
Tetrachlor soil	Tetrachlor water	Methchlor water
Vinylchlor water	Dichlor water	Methchlor water

En la presente guía solo se tratarán algunos de los métodos principales. Independientemente del tipo de análisis la secuencia del analizador es la que sigue:

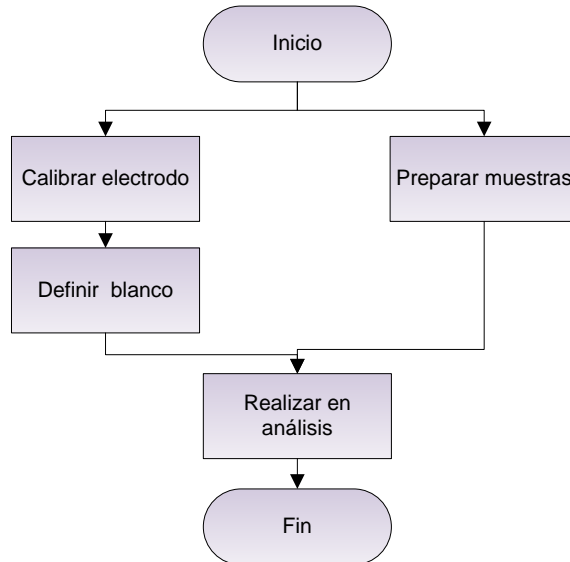


Ilustración 19 Esquema general de realización de análisis con el L2000.

Anexo 2.1: Calibración del electrodo

Esta calibración se debe realizar en los siguientes casos:

- a. Cuando se inicia las mediciones
- b. Cada 10 – 15 mediciones
- c. Cambio de temperatura ambiente de más de 5 °C
- d. Cambio de Método

Para el caso especial cuando se inician las mediciones, y previo a la calibración se debe hacer una verificación del electrodo, en la que se toma en cuenta:

- a. Verificar el nivel de la solución de relleno
- b. Rellenar el electrodo con la solución si es necesario
- c. Diagnóstico (a través del menú de opciones)

Los pasos específicos de calibración se encuentran en el manual de usuario del L2000. De forma ilustrativa se muestran los pasos a seguir en la pantalla del analizador:

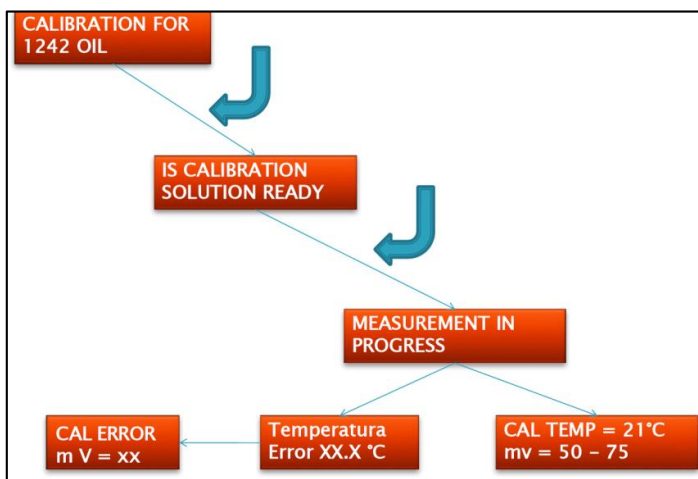


Ilustración 20 Ejemplo de calibración para el método 1242 Oil.

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Anexo 2.2: Determinación de Blanco

El Blanco se refiere a casos en los que puede haber una interferencia en el ambiente que puede alterar los resultados, generalmente no se debe de utilizar blanco.

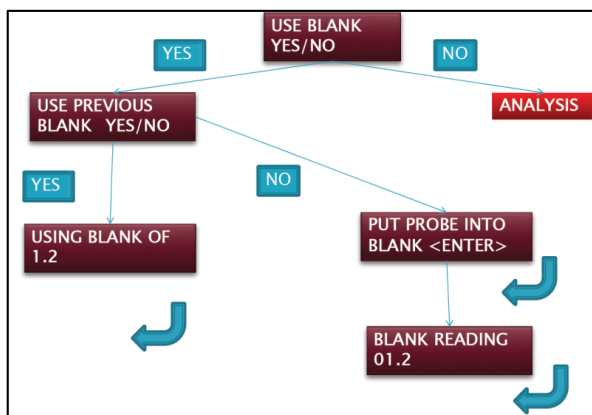


Ilustración 21 Secuencia para definir o no blanco en uso del equipo L2000DX

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Anexo 2.3: Análisis de muestras

Los pasos a seguir análisis dependerán en gran medida de la matriz a realizar, a continuación se ilustran los pasos a seguir según la matriz y tipo de análisis a realizar.

Pasos en aceite dieléctrico:

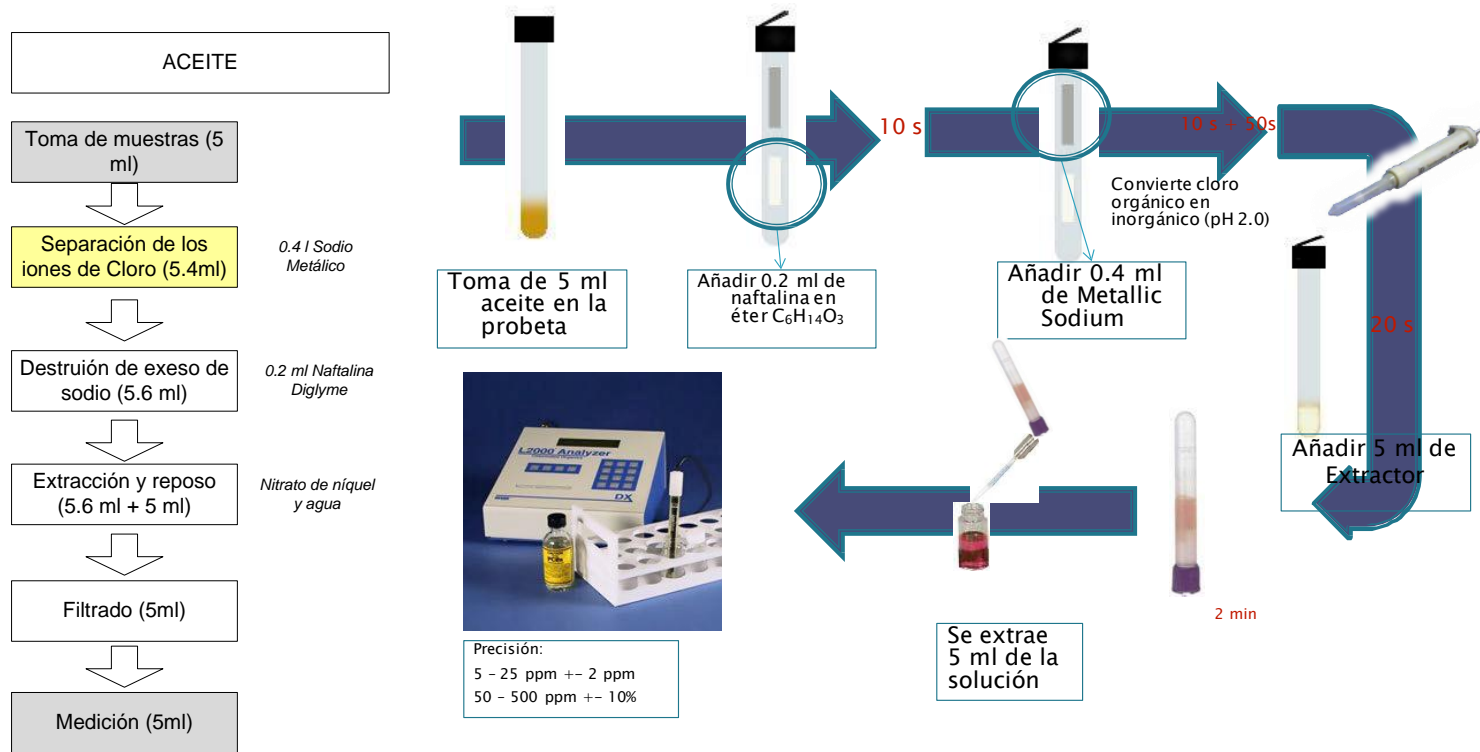


Ilustración 22 Pasos a seguir para el análisis semicuantitativo de aceite dieléctrico

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Pasos en suelos contaminados:

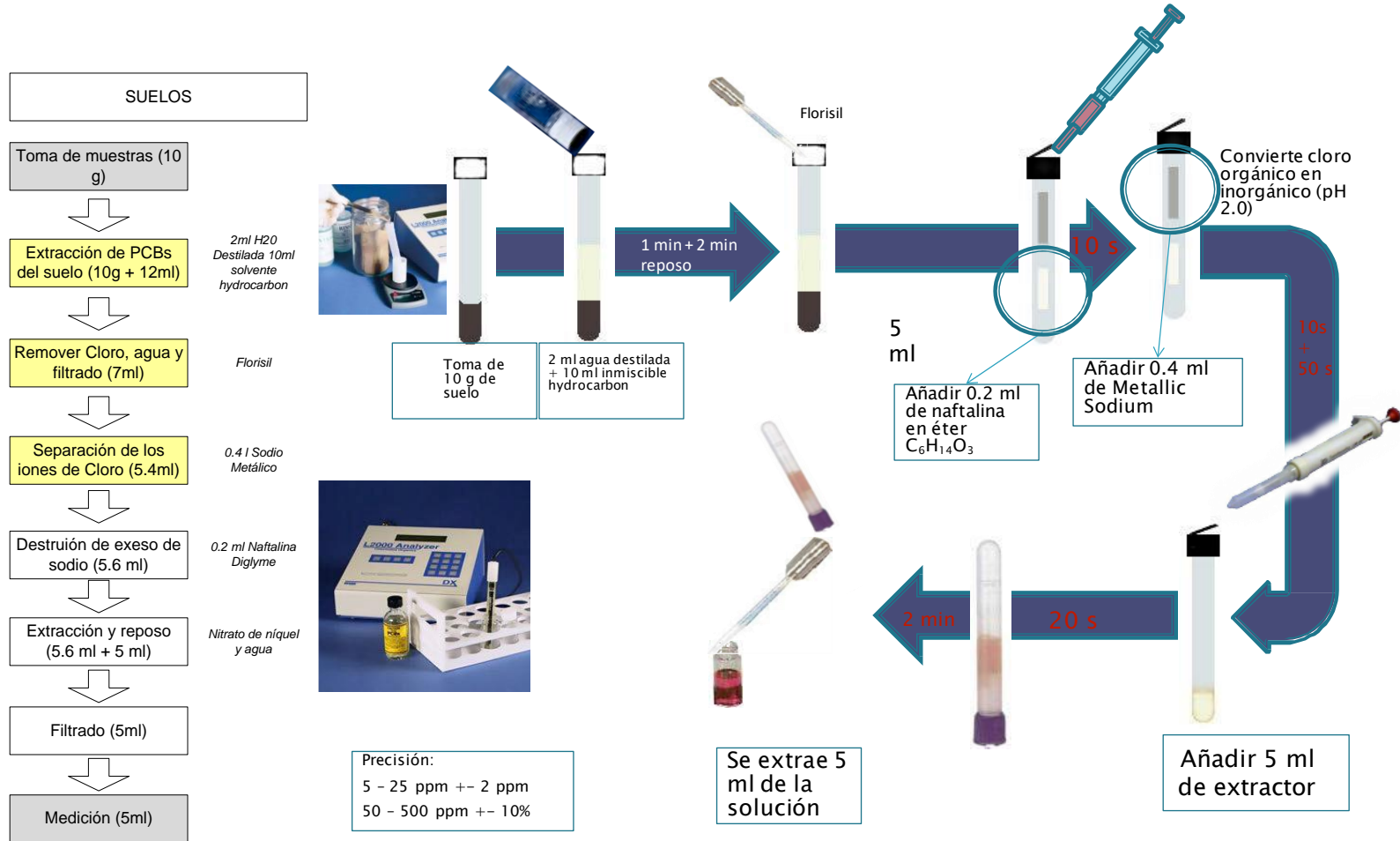


Ilustración 23 Pasos a seguir para análisis semicuantitativo de suelos contaminados

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y Desechos de DDT y la creación de capacidad técnica en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala

Pasos en agua:

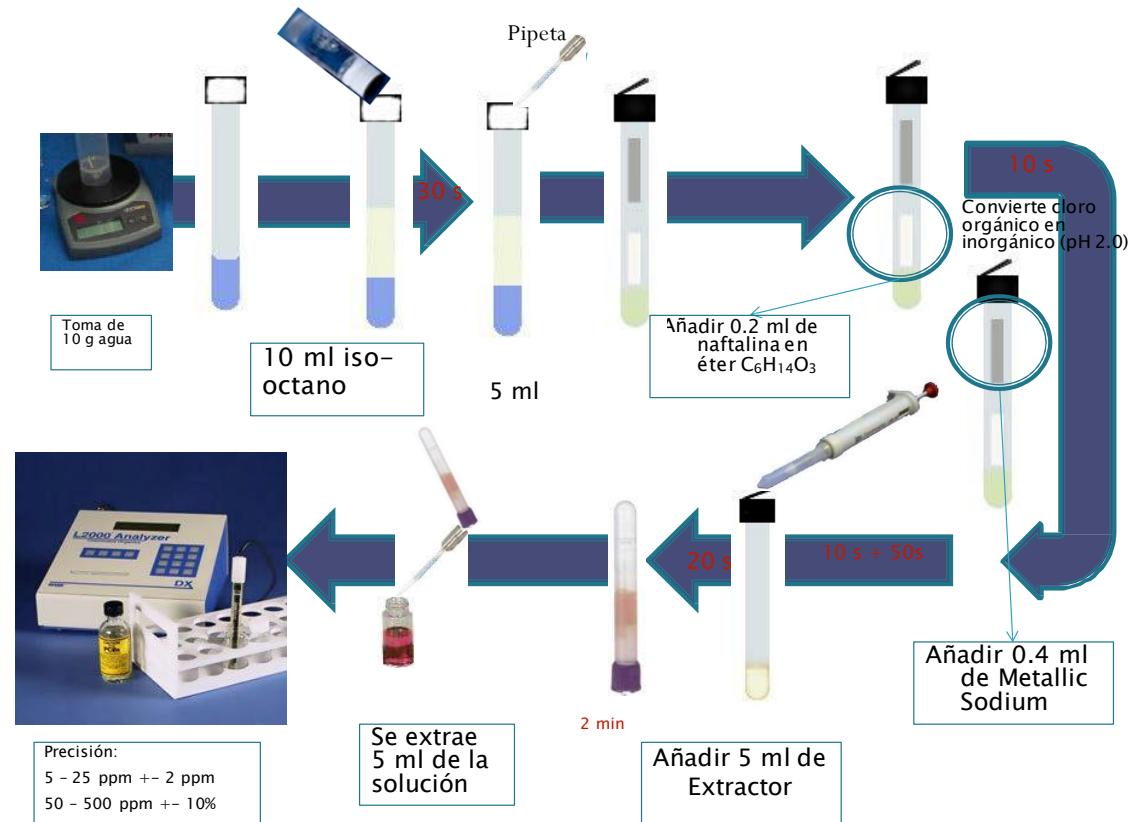
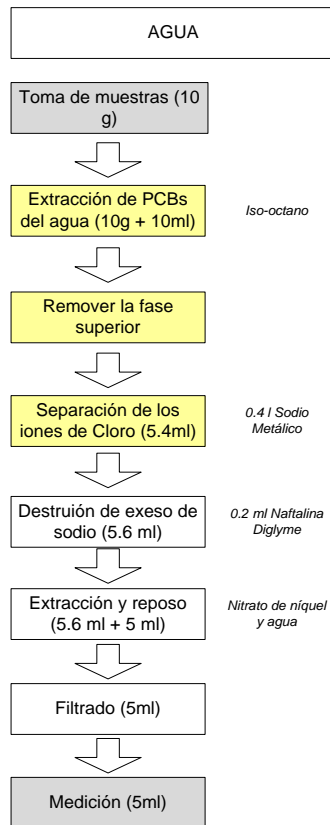


Ilustración 24 Pasos a seguir para análisis semicuantitativo de agua

Fuente: Proyecto PCB Perú.

Anexo 2.4: Otras operaciones y observaciones

Entre las observaciones para el uso del equipo se mencionan:

- a. Los reactivos no requieren refrigeración.
- b. Mediciones continuas de muestras por encima de 100 ppm provoca la pérdida de calibración.
- c. La sensibilidad del L2000DX es de 2 ppm – 2000 ppm
- d. Se recomienda la calibración del electrodo cada 10 medidas y mantener el electrodo en solución Rinse para su mejor conservación.
- e. Falsos positivos cuando hay interferencia con otras fuentes de cloro orgánico como: Solventes Clorinados, Pesticidas clarinados, Triclorobencenos (transformadores de tensión) y componentes halogenados.
- f. Puede darse falsos positivos en muestras con Arocloros 1254 y 1260.
- g. Puede darse falsos negativos en muestras con Arocloros 1016, 1221, 1232.

Es importante verificar el riesgo de los reactivos a utilizar:

- a. Naftalina Diglyme es solvente inflamable
- b. El Sodio Metálico puede reaccionar violentamente con el agua (por tanto, en caso de incendio debe utilizarse polvo seco ABC y nunca agua.
- c. El Florisil es irritante a los ojos y la piel.
- d. Reactivos como el Rinse y Extractor contienen ácido sulfúrico
- e. Reactivos como el Rinse y Extractor.
- f. contienen Níquel que es oxidante (utilizar ropa resistente y lentes de protección).



Anexo 3: Diseños de etiquetas según resultados de análisis

A continuación se presentan las etiquetas a utilizar según el resultado del análisis químico u operación de descontaminación siendo:

- Etiqueta azul de equipos con bajo nivel de PCB.
- Etiqueta amarilla de equipos contaminados con PCB.
- Etiqueta verde de equipos descontaminados con bajo nivel de PCB.

Bajo Nivel de PCB

Menos de 50 P.P.M.

Analizado para determinar la presencia de PCB, a la fecha indicada.

Método:

Información de respaldo

CLOR-N-OIL

L2000DX

Cromatografía

Otro: _____

Identificador:

Mes				Año: 20__			
1	2	3	4	17	18	19	20
5	6	7	8	21	22	23	24
9	10	11	12	25	26	27	28

Ilustración 25 Etiqueta para equipos Bajo Nivel de PCB (menos de 50 ppm)

Tamaño mínimo: 15cm x 15cm.

Código de colores RGB: Rojo: 0. Verde: 110. Azul: 180

Manejo y disposición ambiental de equipos contaminados con PCB y Desechos de DDT y la creación de capacidad técnica en Guatemala. Ciudad de Guatemala, Guatemala

PCB

PRECAUCIÓN

Mayor o igual a 50 P.P.M.

Analizado para determinar la presencia de PCB, a la fecha indicada y se clasifica como Contaminado con PCB.

Método:	Concentración (en P.P.M.):
<input type="checkbox"/> Revisión de información	50 a 499 <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> CLOR-N-OIL	500 a 4999 <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> L2000DX	Mayor a 5000 <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Cromatografía	No determinado <input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Otro: _____	Otro: _____ <input type="checkbox"/>

Identificador: _____

Mes		Año: 20			
1	2	17	18	19	20
5	6	21	22	23	24
9	10	25	26	27	28

Ilustración 26 Etiqueta para equipos Contaminado con PCB (igual o mayor a 50 ppm)

Tamaño mínimo: 15cm x 15cm.

Código de colores RGB: Rojo: 255. Verde: 242. Azul: 0

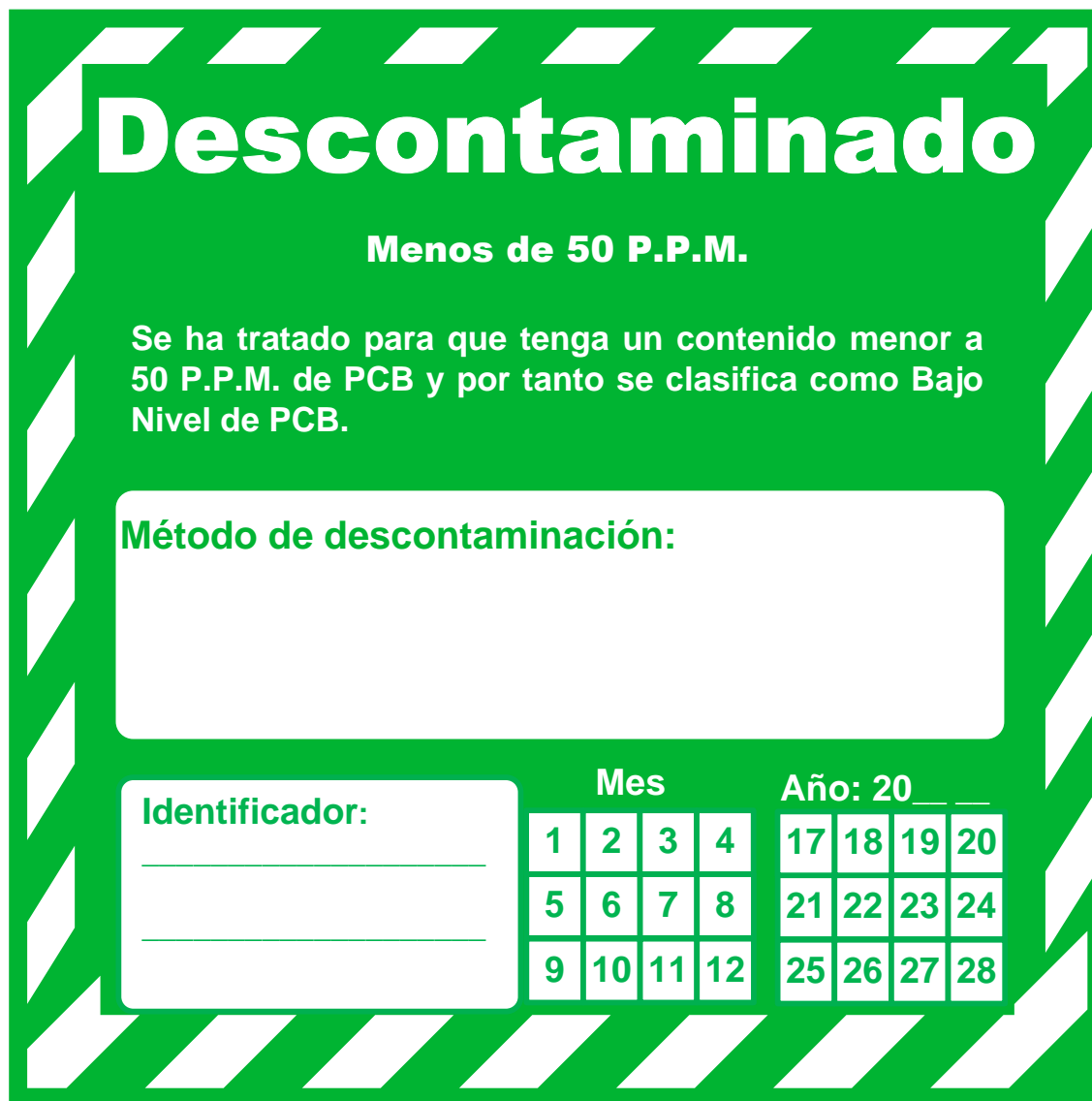


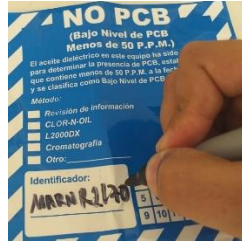
Ilustración 27 Etiqueta para equipos DESCONTAMINADOS con PCB ((libre de PCB, menos de 50 ppm, posterior a un proceso de descontaminación).

Tamaño mínimo: 15cm x 15cm.

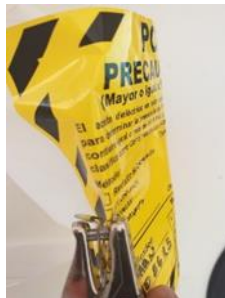
Código de colores RGB: Rojo: 0. Verde: 180. Azul: 50

Anexo 4: INSTRUCCIONES PARA COLOCAR ETIQUETAS

1. Identificar el equipo, confirmar con número de serie o marchamo.
2. Seleccionar la etiqueta adecuada: amarilla para equipos contaminados con PCB y azul para Equipos con Bajo Nivel de PCB (menor a 50 ppm)
3. Colocar el número de identificador (marchamo) en la etiqueta.



4. Identificar en la etiqueta el método de análisis empleado. Se recomienda usar un perforador, pero puede usar un marcador indeleble/permanente.



5. Identificar el mes y año del análisis.
6. Para el caso de la etiqueta de “PCB PRECAUCIÓN”, indicar el grado de contaminación.



Consejo: Puede doblar la etiqueta para troquelar los números alejados del borde.

7. Verificar que toda la información este correctamente indicada en la etiqueta (puede ser troquelado o marcador)



(Vista de etiqueta llenada manualmente o troquelada)

- Limpiar con un waype la superficie del equipo donde se colocará la etiqueta. Es recomendable usar guantes de nitrilo para evitar contaminarse con aceite dieléctrico.



- Retirar el adhesivo y colocar la etiqueta de una sola vez. Presionar la etiqueta para sacar burbujas de aire, asegurarse que los bordes están bien adheridos.



- Lavarse las manos con agua y jabón (aunque haya usado guantes).