



SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y
RECURSOS NATURALES



SADER
SECRETARÍA DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA



Al servicio
de las personas
y las naciones

BUENAS PRÁCTICAS

5 SEPARACIÓN Y DESENSAMBLE



residuoscop
manejo ambientalmente adecuado

A large, bold, red number '5' is positioned on the left side of the page. The background of the page features a pattern of light gray diagonal lines.

BUENAS PRÁCTICAS

**SEPARACIÓN
Y DESENSAMBLE**

MANEJO INTEGRAL Y AMBIENTALMENTE ADECUADO DE RAEE

EL PRESENTE DOCUMENTO FUE DESARROLLADO EN EL MARCO DE LA CONSULTORÍA “ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS DE BUENAS PRÁCTICAS PARA EL MANEJO INTEGRAL Y AMBIENTALMENTE ADECUADO DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS”, PARA EL PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) Y LA SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT), CON EL COFINANCIAMIENTO DEL FONDO PARA EL MEDIO AMBIENTE MUNDIAL (GEF POR SUS SIGLAS EN INGLÉS), REALIZADO POR KURADZO INGENIERÍA AMBIENTAL.

SEMARNAT

Rafael Pacchiano Alamán

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Marta Garcíaarivas Palmeros

Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental

Miguel Ángel Espinosa Luna

*Director General de Gestión Integral de Materiales
y Actividades Riesgosas*

CONSULTORÍA KURADZO INGENIERÍA AMBIENTAL

Mtro. Luis Rubén Sánchez Cataño

Jefe de Proyecto

Ing. Lourdes Cázares Chávez

Desarrollo de Capacidades y Enlace Administrativo

Ing. Talia Paulina Martínez Pérez

Especialista en Logística y Facilitación

Ing. Karina del Rosario Santomé Garnica

*Especialista en Gestión de Residuos y Desarrollo
de Proyectos*

Mtro. Gustavo Solórzano Ochoa

*Asesor Técnico Especialista en Residuos
y Convenios Multilaterales Ambientales*

Mtra. Nadya Selene Alencastro Larios

Especialista en Gestión de Residuos

Mtra. Alejandra Joy Campos Rivera

Especialista en Gestión de Residuos

Ing. Carlos Yedra Aceves

Especialista en Gestión y Mejora de Procesos

Ing. Omar Alejandro Martínez Cazares

*Apoyo Técnico en Ingeniería de Procesos
y Procesos Participativos*

Ing. Arturo Ruíz Gómez

Apoyo General

PNUD

Antonio Molpeceres

*Coordinador Residente del Sistema de Naciones
Unidas en México y Representante del PNUD en
México*

Katyna Argueta

Directora de País del PNUD en México

Edgar González

Director del Programa de Desarrollo Sustentable

Alejandra Cerna

Gerente de Desarrollo

UNIDAD COORDINADORA DE PROYECTO

Erick Felipe Jiménez Quiroz

Coordinador del Proyecto

Gabriela López Haro

Especialista Técnico

Mónica Jacqueline Hernández Jiménez

Asistente Técnico

Fátima López Solana

Especialista en Monitoreo y Evaluación

Itzel Vargas Rodríguez

Especialista en Comunicación

Guillermo López Escobedo

Administrador del Proyecto

COLABORACIÓN TECNOPEDAGÓGICA Y EDITORIAL KD KONTENIDOS DIGITALES

Mtra. Karla Pedroza Rodríguez

Coordinación Pedagógica

Prog. Daniel B. Rodríguez Barranco

Asesor Tecnológico

D.G. Sofía Sauer Lerín

Diseño Gráfico

Lic. Edson Canales Urbina

Edición Tecnopedagógica

Prog. Daniel Mújica López

Apoyo Técnico

FOTOGRAFÍAS

Thinkstock®, iStockphoto®, Proyecto Residuos
COP, Kuradzo Ingeniería Ambiental y KD
Kontenidos Digitales

Si desea más información sobre ésta y otras publicaciones del proyecto “Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos Persistentes” (ResiduosCOP), diríjase a:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental
Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas
Ejército Nacional 223, Piso 15, ala A
Colonia Anáhuac, Delegación Miguel Hidalgo
C.P. 11320, Ciudad de México, México.
Tel. +52(55) 5624 34 00

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Montes Urales 440, Col. Lomas de Chapultepec,
Delegación Miguel Hidalgo
C.P. 11000, Ciudad de México, México.
Tel. +52(55) 4000 9701

Las opiniones, análisis y recomendaciones aquí expresadas, no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, de su Junta Ejecutiva o de sus Estados miembros.

Citar documento como:

SEMARNAT, 2018. *Buenas prácticas para el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Separación y Desensamble*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Proyecto #92723 “Manejo Ambientalmente Adecuado de Residuos con Contaminantes Orgánicos Persistentes” (ResiduosCOP). México.

Redes sociales:



@ResiduosCOPmx

CONTENIDO

| | |
|---|----|
| Acrónimos | 5 |
| Introducción | 6 |
| 1. Contexto de la etapa | 8 |
| 2. Diagrama | 10 |
| 3. Buenas prácticas de separación y desensamble | 11 |
| SyD-1 Condiciones mínimas del área donde se realiza separación y desensamble | 12 |
| SyD-2 Planeación y logística para el desensamble | 16 |
| SyD-3 Procedimientos para el Desensamble | 19 |
| Procedimientos para el desensamble | 26 |
| SyD-4 Identificación y manejo de sustancias, materiales y componentes considerados Residuos Peligrosos | 29 |
| Materiales peligrosos contenidos en los RAEE | 33 |
| SyD-5 Identificación y categorización de materiales para potencializar su valorización | 36 |
| Materiales valorizables contenidos en los RAEE | 40 |
| SyD-6 Identificación y categorización de no valorizables (Residuos de Manejo Especial) | 44 |
| Identificación y técnicas de clasificación de plásticos con retardante de flama bromados | 47 |
| SyD-7 Procedimientos de Trituración para su valorización | 51 |
| SyD-8 Trazabilidad para Separación y Desensamble | 53 |
| Indicador | 56 |
| Glosario | 57 |
| Referencias | 62 |
| Anexos | 65 |
| Anexo 1. Marcas de separación visual de plásticos | |
| Anexo 2. Códigos de la Norma ISO 1043 para los retardantes de flama | |
| Anexo 3. Acrónimos de los tipos de polímeros utilizados en los RAEE. | |

■ ■ ACRÓNIMOS

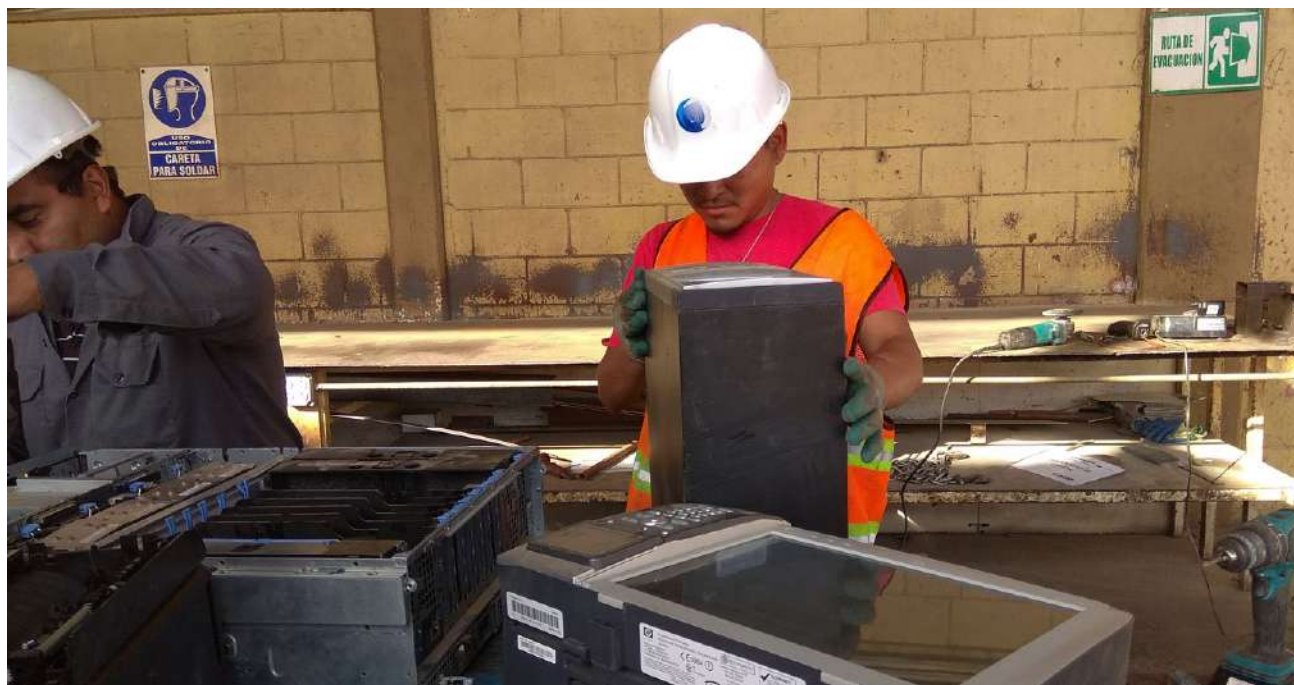
| | |
|---------------|---|
| AEE | Aparatos eléctricos y electrónicos |
| BFRs | Retardantes de Flama Bromados |
| BP | Buenas Prácticas |
| BPB | Bifenilos Polibromados |
| BPC | Bifenilos policlorados |
| CPU | Unidad Central de Procesamiento |
| IyR | Ingreso y Recepción |
| LCD | Pantallas de Cristal Líquido, por sus siglas en inglés |
| LED | Diodos emisores de luz, por sus siglas en inglés |
| LGPGIR | Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos |
| PyMES | Pequeñas y Medianas Empresas |
| RP | Residuos peligrosos |
| RME | Residuos de Manejo Especial |
| RSU | Residuos Sólidos Urbanos |
| RAEE | Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos |
| RyR | Reúso y Reacondicionamiento |
| SyD | Separación y Desensamble |
| TCI | Tarjetas de circuito impreso |
| TRC | Tubos de rayos catódicos |
| STPS | Secretaría del Trabajo y Previsión Social |
| TCI | Tarjetas de Circuito Impreso |
| TRC | Tubos de Rayos Catódicos |

INTRODUCCIÓN

La Separación y Desensamble (SyD) de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) es la etapa donde se potencializa la valorización de los RAEE mediante procesos de separación manuales, mecánicos, de fragmentación o triturado obteniendo así diferentes materiales y fracciones que por sus características son susceptibles a aumentar su vida útil como refacciones a través del reacondicionamiento o su posterior transformación mediante distintos procesos que permiten restituir su valor económico, evitando su disposición final. Asimismo, durante esta etapa también se separan los materiales, residuos o sustancias que, por sus características, son considerados como residuos peligrosos y que requieren un manejo diferenciado.

ALCANCE

Proporcionar buenas prácticas para orientar a las diferentes personas físicas o morales relacionadas con la SyD que permitan mejorar sus procesos y actividades actuales con el fin de lograr un manejo integral y ambientalmente adecuado de RAEE.





CONTEXTO DE LA ETAPA

1. CONTEXTO

En la etapa de Separación y Desensamble se realiza la separación de componentes que pueden tener características de residuos peligrosos, los cuales de no ser manejados adecuadamente se convierten en un riesgo para la salud de los trabajadores y el medio ambiente. Por ello, es fundamental que al interior de la planta de tratamiento de RAEE se brinde la información y se reconozca la importancia de las Buenas Prácticas durante el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos.

En general, los componentes que pueden contener sustancias peligrosas deben ser extraídos mediante desensamble manual, promoviendo que se mantengan completos y sin rupturas evitando así la contaminación de otros componentes del RAEE.

Durante el desensamble se potencializa la recuperación de residuos a través de la valorización de materiales, el cual se debe realizar en particular cuando el proceso posterior sea el desensamble mecánico o disposición final.

Los materiales inherentes a los RAEE dependen del tipo de tecnología, país de origen y del fabricante, los cuales incluyen compuestos que tienen valor en el mercado de materiales secundarios pero que a la vez tienen características de peligrosidad. Algunos de los materiales que se pueden recuperar de los RAEE son oro, plata, paladio y cobre, así como el plomo, cadmio, mercurio y arsénico. En el caso de estos últimos existen riesgos que deben reconocerse y manejarse a fin de evitar que sus compuestos se puedan liberar al medio ambiente.

Los componentes que pueden contener sustancias peligrosas deben ser extraídos mediante desensamble manual, promoviendo que se mantengan completos y sin rupturas evitando así la contaminación de otros componentes del RAEE.

Derivado del desensamble se tienen dos maneras de proceder a la separación: gruesa y selectiva.

Separación gruesa

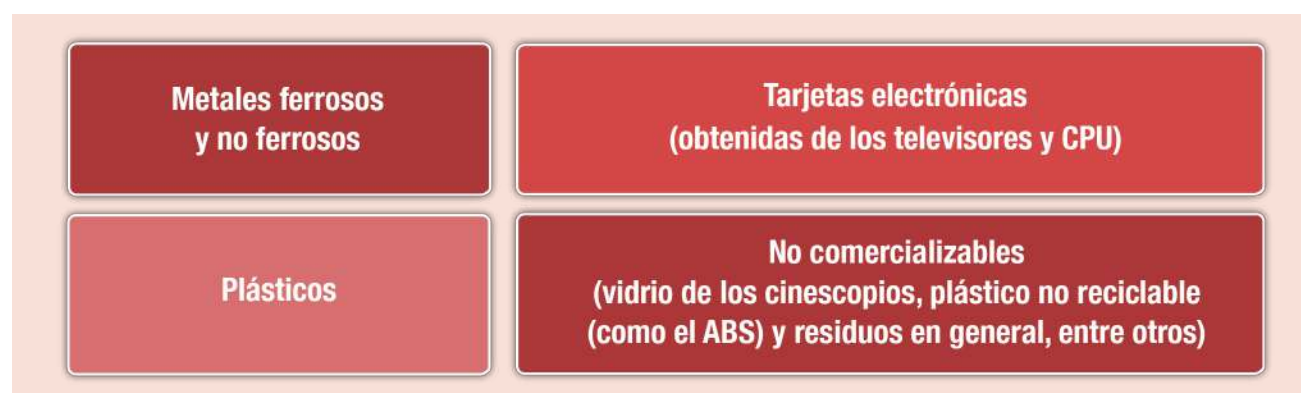
La separación gruesa consiste en desensamblar los componentes del RAEE de mayor tamaño, como la carcasa principal, baterías, pantallas etc., obteniendo como resultado componentes internos los cuales pasan a separación selectiva.

Separación selectiva

Posteriormente los materiales pasan a una separación selectiva permitiendo un mayor aprovechamiento de los diversos materiales valorizables al interior de los RAEE, esta separación consiste desensamblar manualmente y con algunas herramientas, como pinzas y desarmadores, con la finalidad de obtener componentes y materiales los cuales se agrupan en las siguientes categorías:

Figura 1.

CATEGORÍAS DE LOS COMPONENTES Y MATERIALES DE LOS RAEE EN LA SEPARACIÓN SELECTIVA

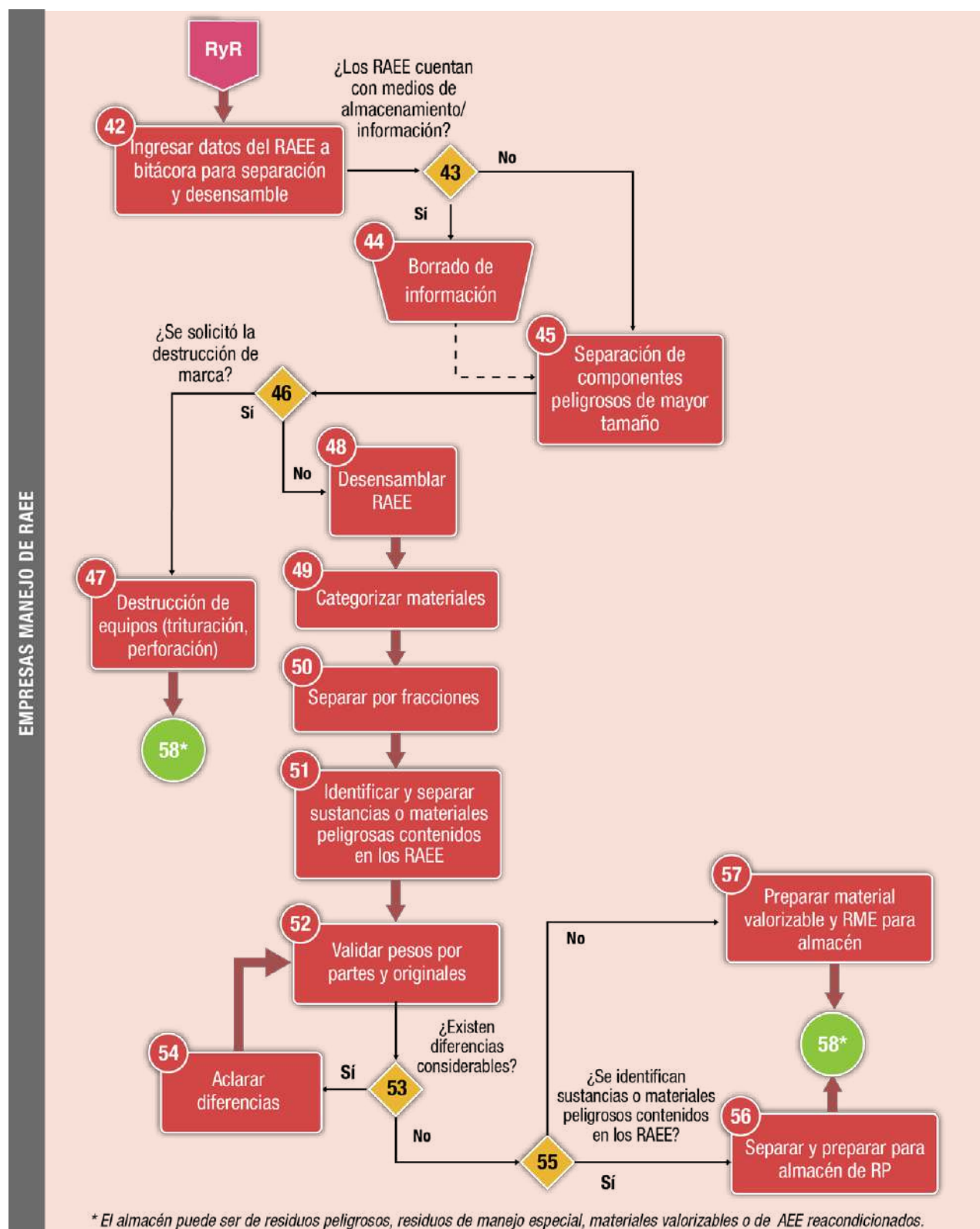


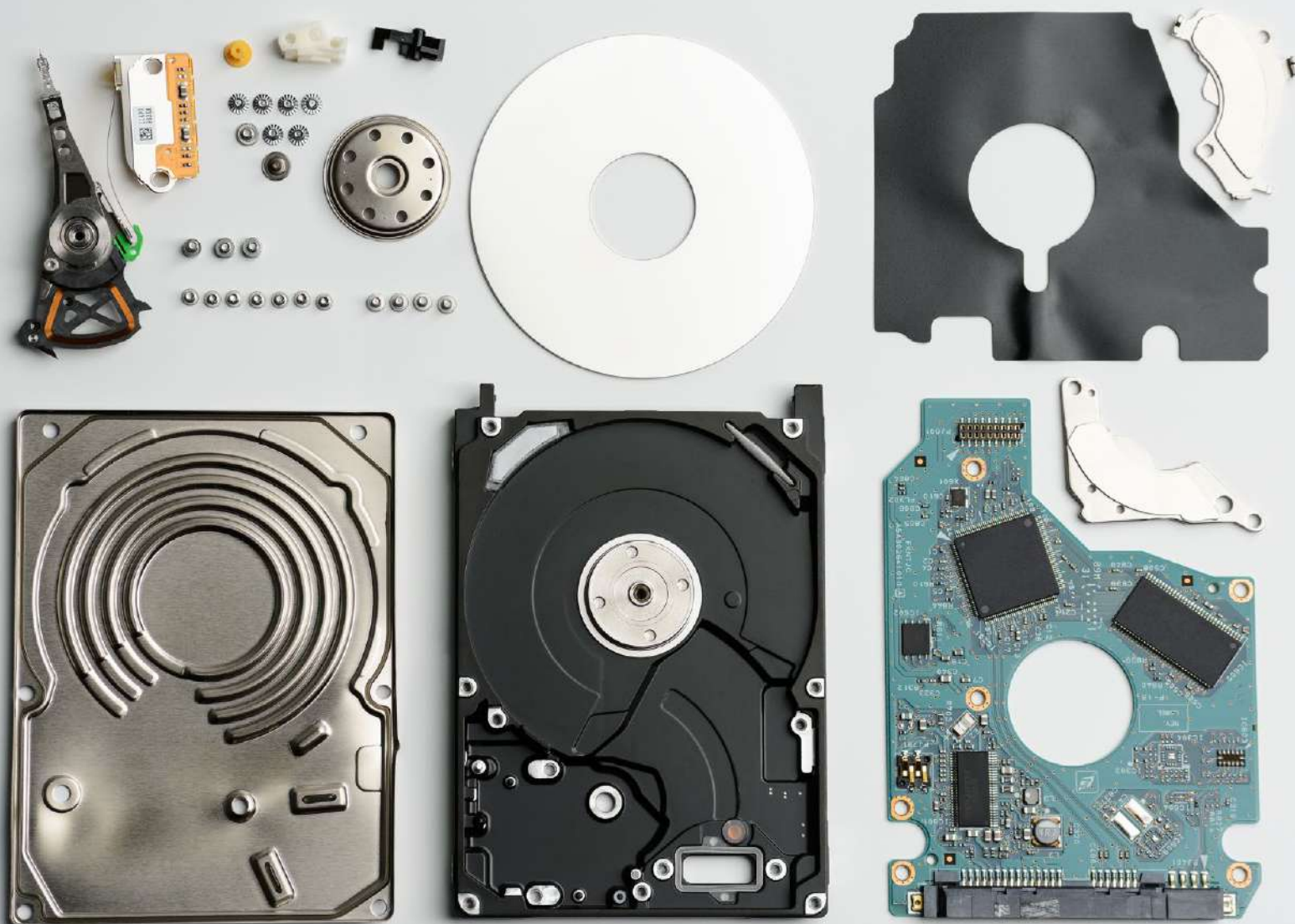
Los procesos que se incluyen como parte de este tomo de Buenas Prácticas (BP) aluden a actividades de manejo de RAEE que actualmente son desarrolladas en México dentro de las plantas de tratamiento de RAEE. Su aplicación comprende aspectos sobre las instalaciones, recomendaciones de organización, planeación, operativas, entre otras.

Se organizan en ocho fichas que abarcan los temas de las diferentes subetapas:

| | | |
|---|---|------|
| 1 | Condiciones mínimas del área donde se realiza separación y desensamble. | SyD1 |
| 2 | Planeación y logística para el desensamble. | SyD2 |
| 3 | Procedimientos para el desensamble. | SyD3 |
| 4 | Identificación y manejo de sustancias, materiales y componentes considerados residuos peligrosos. | SyD4 |
| 5 | Identificación y categorización de materiales para potencializar su valorización. | SyD5 |
| 6 | Identificación y categorización de no valorizables (Residuos de Manejo Especial). | SyD6 |
| 7 | Procedimientos de Trituración para su valorización. | SyD7 |
| 8 | Trazabilidad para separación y desensamble. | SyD8 |

2. DIAGRAMA





BUENAS PRÁCTICAS DE SEPARACIÓN Y DESENSAMBLE

3. FICHAS DE BUENAS PRÁCTICAS



Condiciones mínimas del área donde se realiza separación y desensamble

SyD1

Objetivo: Contar con instalaciones adecuadas, así como una organización mínima recomendada para llevar a cabo las actividades de separación y desensamble.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 1.1 | | Recomendado | | ● | |
| SyD 1.2 | | Recomendado | | ● | |
| SyD 1.3 | | Recomendado | | ● | |
| SyD 1.4 | | Recomendado | | ● | |
| SyD 1.5 | ⚠ | Recomendado | | ● | |
| SyD 1.6 | | Recomendado | | ● | |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| SyD 1.1 | Recomendado | — | Salud Ocupacional | — |
|---|-------------|---|-------------------|---|
| <p>Previo a la separación y desensamble verificar el cumplimiento con relación a las normas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) en materia de Seguridad y Salud en los centros de trabajo.</p> <p>Determinar los espacios del sitio de SyD de tal manera que permita que las mesas de trabajo, equipamiento y personal se encuentren distribuidos y cuenten con el espacio suficiente para llevar acabo las diversas actividades.</p> <p>Cumplir con las condiciones de seguridad de los edificios, locales, instalaciones y áreas en el centro de trabajo para su adecuado funcionamiento y conservación.</p> <p>Pisos</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Mantener en condiciones según el tipo de actividades que se lleven a cabo para prevenir riesgos laborales. b) Para la etapa de SyD el piso de trabajo debe ser impermeable con la finalidad de evitar infiltración y/o contaminación del suelo, de igual manera debe estar siempre seco, evitando la oxidación de los equipos. c) Se recomienda que los sitios donde se realiza SyD sean de colores claros ya que esto permitirá observar con mayor claridad si hay pedacearía de RAEE en el piso, promoviendo una limpieza inmediata. <p>Escaleras, rampas, iluminación y demás condiciones especificaciones de ergonomía que el centro requiera, así como las establecidas en la norma NOM-001-STPS-2008.</p> <p>Protección contra la intemperie</p> <ul style="list-style-type: none"> a) La SyD deberá realizarse con temperatura ambiente y protegido de la intemperie, con especial cuidado en electricidad estática durante desensamble, si es necesario se debe promover el uso de tapetes antiestáticos. b) En caso de ser detectado riesgo de emisión de gases/vapores tóxicos, las áreas de trabajo deben contar con precauciones como ventilación mecánica controlada. | | | | |

Paredes

- a) Deben ser de colores que eviten reflexión y no afecten la visión del trabajador.

Mesas de trabajo

- a) Contar con mesas específicas para SyD y mantener el material de apoyo y herramientas al alcance de los trabajadores.
- b) Se recomienda que sean de un material no permeable y de un color amigable a la vista que evite la mimetización de los componentes desensamblados.
- c) Implementar un sistema interno de señalización que facilite a los trabajadores la identificación de zonas de desensamble, herramientas, maquinaria, material de apoyo, equipo de protección personal y los contenedores de las diferentes corrientes de residuos o materiales, con especial atención en los considerados residuos peligrosos y materiales valorizables.

Complementar esta información con lo establecido en el Marco General de Buenas Prácticas.

SyD 1.2

Recomendado

—

Salud
Ocupacional

—

Implementar:

1. Protocolos de mantenimientos y calibración de maquinaria.
2. Medidas de prevención de riesgos laborales, calidad y medio ambiente.
3. Medidas de seguridad para evitar el daño y robo de fracciones, partes o materiales desensamblados del RAEE.

A la entrada a la planta de tratamiento de RAEE:

1. Clasificar los RAEE con base en la documentación de ingreso y recepción o en reúso y reacondicionamiento. Se sugiere apoyarse en las Buenas prácticas de Ingreso y Reacondicionamiento.
 - Comprobar visualmente los RAEE, asegurarse que no estén rotos o desensamblados ya que los RAEE serán considerados como RME, siempre y cuando los equipos estén completos y no sean sometidos a la separación de sus componentes.
2. Agrupar los RAEE por código de identificación o lote.

Previo al almacenamiento:

1. Determinar la capacidad máxima de almacenamiento de RAEE y no excederla.

Complementar esta información con lo establecido en el Marco General de Buenas Prácticas

SyD 1.3

Recomendado

—

Salud
Ocupacional

—

Promover la identificación y delimitación visual de áreas, a continuación, se enlistan algunas que pueden ser implementadas:

- a) Sitios de desensamble.
- b) Circulación de personal o vehículos.
- c) Zonas de riesgo.
- d) Contenedores para las corrientes separadas
- e) Almacenes.

Se recomienda colocarlos a una altura en la cual sean visibles.

SyD 1.4

Recomendado

—

Salud
Ocupacional

—

Mantener todas las áreas de trabajo, incluyendo los almacenes, limpias y ordenadas.

La limpieza de todas las áreas de la planta deberá planificarse, ejecutarse periódicamente y supervisarse.

SyD 1.5

Recomendado

—

Salud
Ocupacional

—

Evitar ingerir alimentos y bebidas en las zonas donde se realiza separación o en sitios que puedan exponer al trabajador a riesgos de salud, de igual manera evitar fumar, o utilizar flama abierta.

SyD 1.6

Recomendado

—

Salud
Ocupacional

—

Evitar que el personal operativo de la planta que realiza SyD saque de las instalaciones el equipo de protección personal, evitando así que componentes o partes imperceptibles a la vista salgan de la planta a través de este medio.




Planeación y logística para el desensamble

SyD2

Objetivo: Prever la información necesaria para realizar de una manera ambientalmente adecuada el desensamble para promover la valorización mediante los *downstream vendors*.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 2.1 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 2.2 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 2.3 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 2.4 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 2.5 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 2.6 | | Recomendado | | | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| SyD 2.1 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
|---|-------------|---|---|---------------------|
| <p>Promover el reacondicionamiento mediante la identificación y clasificación de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos susceptibles a reúso, ya que durante la etapa de SyD el RAEE es desensamblado para la separación de sus componentes o partes susceptibles a valorización.</p> <p>Por ello se recomienda promover el reúso mediante el reacondicionamiento y posterior venta.</p> <p><i>Consultar tomo 4 Buenas Prácticas de Reúso y Reacondicionamiento para complementar la información.</i></p> | | | | |
| SyD 2.2  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Revisar las características físicas visibles:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Verificar que el embalaje o empaque no se encuentre roto ya que puede ser una señal de que aloja vectores (roedores, insectos, arácnidos, entre otros), que pueden poner en riesgo la salud de los trabajadores. b) En caso de identificar componentes del RAEE rotos o que tengan algún tipo de líquido derramado tratar como residuo peligroso. | | | | |
| SyD 2.3 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Previo al desensamble realizar un borrado de información, (si no se ha realizado en otra etapa se recomienda realizar en ésta) de igual manera verificar si el RAEE cuenta con una solicitud de protección de datos por parte del fabricante.</p> <p>En caso afirmativo se deberá verificar el borrado y protección de información, o bien, atender las indicaciones de destrucción o trituración previa remoción de componentes peligrosos.</p> | | | | |
| SyD 2.4 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Gestionar los manuales de los equipos que se van a desensamblar con la finalidad de realizar el desensamble conforme a las recomendaciones de seguridad del fabricante.</p> | | | | |

| | | | | |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| SyD 2.5 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| Implementar manuales internos de procesos estandarizados para realizar el desensamble de los RAEE, los cuales permitirán potencializar la identificación de materiales valorizables y separar los residuos peligrosos para su posterior disposición. | | | | |
| SyD 2.6 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Se recomienda no comenzar el desensamble o separación de componentes sin antes haber establecido una planeación de la metodología para realizar dicha actividad o llevar a cabo una capacitación sobre el correcto desensamble del RAEE.</p> <p>Esto con la finalidad de identificar con anticipación los elementos considerados residuos, materiales o sustancias peligrosas, y los materiales valorizables o reutilizables.</p> | | | | |





Procedimientos para el Desensamble


SyD3


Objetivo: Contar con procedimientos que promuevan buenas prácticas para el desensamble.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 3.1 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.2 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.3 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.4 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.5 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.6 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.7 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.8 | | Recomendado | | | ● |

| | | | | | |
|----------|--|-------------|--|--|---|
| SyD 3.9 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.10 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.11 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.12 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.13 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.14 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.15 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 3.16 | | Recomendado | | | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| | | | | |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| SyD 3.1 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| En caso de realizar desensamble mecánico, previamente se debe realizar una separación manual de los componentes peligrosos que puedan estar presentes en los RAEE para evitar la mezcla con las fracciones valorizables y así facilitar su manejo posterior. | | | | |
| SyD 3.2  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| Se recomienda dar capacitaciones internas sobre el desensamble de los RAEE basándose en la metodología establecida en los manuales de los productores o los protocolos estandarizados realizados internamente en planta. | | | | |
| SyD 3.2 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| Se recomienda establecer las siguientes categorías para las corrientes de separación: | | | | |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Residuos peligrosos. 2. Materiales valorizables. 3. Residuos de Manejo Especial (RAEE desensamblado sin residuos peligrosos ni Materiales valorizables). | | | | |

| | | | | |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| SyD 3.4 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Promover mejores prácticas de desensamble; se sabe que el desensamble manual depende de los materiales y componentes a ser extraídos, sin embargo, se recomienda promover prácticas de desensamble que no dañen los componentes del RAEE, como pueden ser la fractura mediante martillos o presión, ya que estas prácticas pueden provocar la ruptura de componentes peligrosos poniendo en riesgo la salud del trabajador y propician el desorden en los espacios destinados para el desensamble con partes rotas o pedacería de RAEE.</p> | | | | |
| SyD 3.5 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Se recomienda que durante la separación selectiva los trabajadores puedan separar los componentes desensamblados en contenedores, cajas o directamente en los embalajes donde estarán contenidos en los almacenes y cumplan con las características según su uso, de igual manera deberán estar correctamente identificados con un rótulo o cartel que permita al trabajador la pronta separación y categorización del material o residuo.</p> | | | | |
| SyD 3.6  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Como un mecanismo de separación se recomienda desensamblar los materiales del RAEE entre los que destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cubiertas plásticas de televisores y equipos de cómputo. • Cables. • Etiquetas y elementos de fijación. • Plásticos periféricos que contienen retardantes de flama. • Tarjetas de circuito impresas (printed writing board PWB). • Metales ferrosos y no ferrosos. • Vidrio con Plomo o bario. • Cañón de electrones con bario. • Disipadores de calor que contengan bifenilos policlorados. • Tarjetas de circuitos impresos con soldaduras de plomo. <p><i>Ver figuras sobre los elementos valorizables y peligrosos de los RAEE.</i></p> | | | | |
| SyD 3.7 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Promover la venta o reúso de materiales valorizables mediante el desensamble manual y/o procesamiento mecánico de los componentes que no hayan sido canalizados a reutilización o reacondicionamiento, previa remoción de los materiales peligrosos.</p> | | | | |

| SyD 3.8 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
|---|-------------|---|---|---------------------|
| <p>Los materiales valorizables se deberá enviar a centros de procesamiento, recuperación o tratamiento que cumplan con todos los requisitos normativos para recibirlos y que utilicen tecnología diseñada para procesarlos en forma segura y efectiva.</p> <p>Esto incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el caso de artículos que contienen mercurio: envasado de mercurio u otros métodos legales, excluyendo la incineración. • Para las tabletas de circuitos: remoción de las baterías y el mercurio y procesamiento para la recuperación de metales. • En el caso de artículos que contienen bifenilos policlorados (BPC): tecnología específicamente diseñada para la destrucción de BPC, en centros que cumplan con todos los requisitos normativos para recibir el equipo o los componentes que contienen estos materiales valorizables y que utilicen tecnología diseñada para procesarlos en forma segura y efectiva. <p><i>Consultar el tomo de Buenas Prácticas de Aprovechamiento y Disposición para complementar la información.</i></p> | | | | |
| SyD 3.9 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Se recomienda no canalizar los materiales a plantas de incineración, recuperación de energía o eliminación de residuos, a menos de que no existan opciones de reutilización o reciclaje.</p> | | | | |
| SyD 3.10 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Gestionar tanto en su planta como en la selección de receptores secundarios los materiales valorizables que pasen por sus instalaciones o estén bajo su control, de forma que se proteja la salud y la seguridad de sus trabajadores, la salud pública y el medio ambiente.</p> <p>También deberá realizar la debida diligencia con los gestores fuera de la planta a los cuales envíe estos materiales.</p> | | | | |

| SyD 3.10 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| <p>Gestionar tanto en su planta como en la selección de receptores secundarios los materiales valorizables que pasen por sus instalaciones o estén bajo su control, de forma que se proteja la salud y la seguridad de sus trabajadores, la salud pública y el medio ambiente.</p> <p>También deberá realizar la debida diligencia con los gestores fuera de la planta a los cuales envíe estos materiales.</p> | | | | |
| SyD 3.11 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Analizar, planificar, revisar y actualizar periódicamente, según sea necesario, la forma en que se gestionarán los materiales valorizables que pasen por sus instalaciones o estén bajo su control, tanto en su planta como en las etapas posteriores de la cadena de reciclaje.</p> | | | | |
| SyD 3.12 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>De realizarse un desensamble mecánico o procesamiento que promueva la recuperación de materiales del equipo, deberán extraerse los materiales con características de peligrosidad, que serán gestionados como residuos peligrosos usando un sistema de procesamiento mecánico seguro y efectivo, con especial atención a los componentes que contengan materiales peligrosos.</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Los trabajadores deberán estar protegidos de los riesgos potenciales del manejo de dichos componentes. b) La recuperación de materiales se debe realizar en centros que cumplan con todos los requisitos normativos para recibir y procesar el equipo o los componentes que contengan mercurio y que utilicen tecnología diseñada para procesarlos en forma segura y efectiva. c) Cuidando los componentes demasiado pequeños para extraerse en forma segura y a un costo razonable. | | | | |

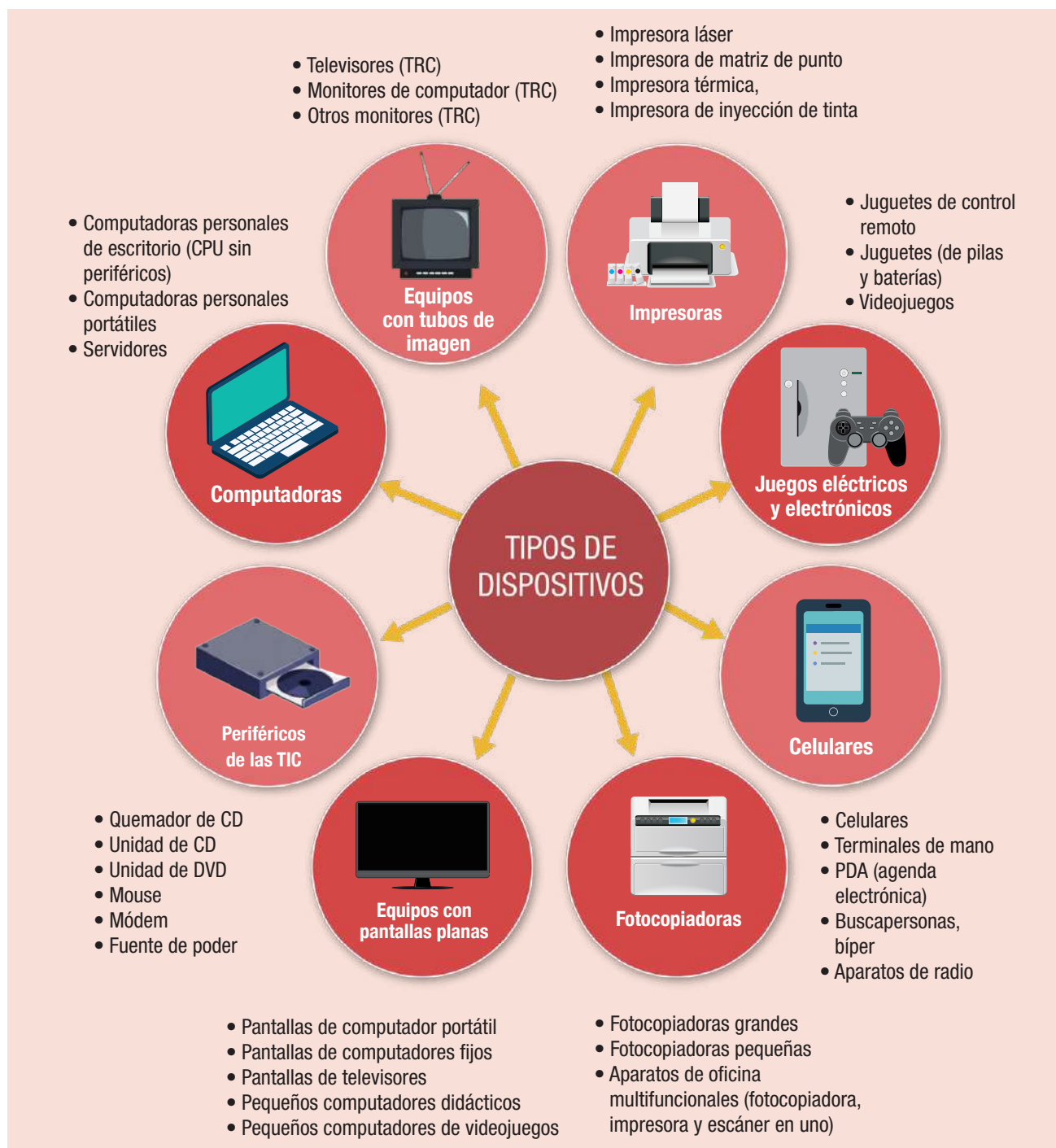
| | | | | |
|---|-------------|---|---|---------------------|
| SyD 3.13 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Todos los TRC, baterías y tabllas de circuitos que contengan equipo o componentes destinados a la recuperación de materiales deberán extraerse previo a la trituración. Sólo quedan excentos los casos en que las plantas de procesamiento cumplan con los requisitos normativos que utilicen tecnología diseñada para recibir los materiales valorizables y procesarlos de forma segura y efectiva.</p> | | | | |
| SyD 3.14 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Herramientas y equipos auxiliares para el desensamble</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Molino: el molino se utiliza para la trituración de las partes de plástico de los RAEE. Este proceso facilita y reduce el volumen de los materiales para el transporte. 2. Herramientas: destornilladores, alicates, punzones, estiletes, martillos, etc., son de vital importancia para el desensamble de las piezas. 3. Destornilladores eléctricos: para destornillar carcasas y componentes. | | | | |
| SyD 3.15 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Se deberá promover la separación de los materiales valorizables como componentes eléctricos, electrónicos y electromecánicos, plásticos, metales ferrosos y no ferrosos como cobre y aluminio, la extracción de los materiales de valor, como oro (de los conectores), níquel, cobre, hierro, aluminio e imanes permanentes, que valen la pena recuperar como recursos secundarios.</p> <p>Esta etapa del reciclaje se requiere de tecnología específica y más avanzada para poder realizarla de manera segura y ambientalmente sostenible, además requiere grandes inversiones.</p> | | | | |
| SyD 3.16 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Los componentes que no sean considerados materiales peligrosos ni materiales valorizables, ya que no son aprovechables deben pasar a disposición final mediante un gestor de RME, se deberá verificar que dicho gestor tenga las autorizaciones pertinentes (si aplica, según la entidad federativa) para el reciclaje de los mismos, de igual manera se deberá auditar al gestor y mantener la trazabilidad de los materiales.</p> | | | | |

DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

Para llevar a cabo la separación y desensamble de los aparatos es necesario diferenciar los materiales que contienen según las características de los tipos de dispositivos electrónicos.

Figura 2.

TIPOS DE DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS¹



PROCEDIMIENTOS PARA EL DESENSAMBLE

A continuación, se presentan los procedimientos a seguir para el desensamble de los RAEE, según el tipo de dispositivo¹.

Computadoras



Procedimiento para el desensamble

1. Remoción de la carcasa y de la fuente de poder.
2. Remoción de los dispositivos como disco duro, A-drive y CD-drive.
3. Remoción de las TCI.
4. Identificación y remoción de disipadores de calor grandes (mayor al tamaño de un pulgar).
5. Identificación y remoción de componentes con mercurio (switches).
6. Identificación y remoción de pilas y baterías (en las TCI y la parte trasera del equipo).
7. Identificación y remoción de pequeñas pantallas LCD y LED.

Periféricos de las TIC



Procedimiento para el desensamble

1. Controlar si el periférico es inalámbrico.
2. Sacar pilas y baterías.
3. Abrir el equipo, identificar y extraer disipadores de calor grandes.
4. Extraer pilas de respaldo.
5. Sacar los tubos fluorescentes de los escáneres.
6. Identificar y extraer pantallas LCD y LED (si se encuentran).
7. Plóter.
8. Escáner.
9. Teclados.

¹ Adaptado de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bogotá, Colombia, Centro Nacional de Producción más Limpia.

Equipo con pantallas planas



Procedimiento para el desensamble

1. Examinar las TCI y extraer posibles contenidos de componentes peligrosos.
2. Extraer las pilas, baterías de los compartimentos correspondientes.
3. Desensamblar el resto del equipo, teniendo en cuenta que debido al tamaño pequeño de los aparatos, muchas veces resulta difícil y lleva mucho tiempo para el desensamble adecuado de las pantallas LCD.

Equipo con tubo de imagen



Procedimiento para el desensamble

1. Destornillar la parte trasera de la carcasa.
2. Abrir la carcasa de TRC (varias TRC montadas en uno o varios bastidores de metal).
3. Airear el tubo. Para este paso existen las siguientes dos posibilidades:
 - a) Primero se desmantela el contacto de alto voltaje de la parte superior del cono. Entonces, el tubo puede ser aireado con una herramienta aguda (por ejemplo, una lezna) golpeándola suavemente con un martillo contra el área donde se ubicaba el contacto de alto voltaje (en esta sección el vidrio es más frágil).
 - b) La alternativa que se considera más segura es desmantelar las TCI de la unidad de desviación y desmantelar la unidad de desviación misma, entonces se rompe el zócalo de evacuación en el cuello del tubo con golpes prudentes de martillo.
4. Sacar el cañón de electrones del cuello del tubo. Separar los *getter pills*, es decir, los recolectores o “captadores” (generalmente de bario) que están en el cañón de electrones, y guardarlos por separado.
5. Desmantelar el cable envolviendo el tubo de rayo catódico y guardarlo por separado.
6. Desmontar las TCI y retirar componentes como Disipadores de calor grandes y pantallas LCD.
7. Destornillar y sacar el tubo de rayo catódico.
8. Los tubos deben ser guardados en una caja hasta que siga el tratamiento adecuado.
9. Quitar otras unidades como parlantes, componentes de control, etc.
10. Separar las diferentes partes de la carcasa.
11. Las válvulas termoiónicas en televisores viejos deben ser desmontadas.
12. Metales de calidad superior pueden ser recuperados de estos tubos.

Impresoras



Procedimiento para el desensamble

1. Abrir el equipo y desensamblarlo hasta encontrar la tarjeta de circuito impreso. Identificar y extraer los disipadores de calor grandes (fuente de poder/tarjeta).
2. Sacar las pilas de respaldo y las baterías.
3. Sacar los tubos fluorescentes.
4. Sacar tóner y cartuchos sobre todo cuando la impresora es a color.
5. También se recomienda sacar los tóner y cartuchos que solamente contienen tinta negra.
6. Sacar posibles pantallas LCD.

Celulares



Procedimiento para el desensamble

1. Sacar y separar los componentes mencionados (pantalla LCD/LED y TCI).
2. Descontaminar la TCI si contiene componentes con sustancias peligrosas.

Fotocopiadoras



Procedimiento para el desensamble

Se recomienda verificar el manual de usuario ya que estos dispositivos son específicos.



Identificación y manejo de sustancias, materiales y componentes considerados Residuos Peligrosos



SyD4





Objetivo: Apoyar al usuario en la correcta identificación y manejo de materiales con características de peligrosidad considerados residuos

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 4.1 | | Normado | ● | | |
| SyD 4.2 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.3 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.4 | | Recomendado | | ● | |
| SyD 4.5 | ⚠ | Recomendado | | ● | ● |
| SyD 4.6 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.7 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.8 | ⚠ | Recomendado | | | ● |

| | | | | | |
|----------|--|-------------|--|---|---|
| SyD 4.9 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.10 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.11 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 4.12 | | Recomendado | | ● | ● |
| SyD 4.13 | | Recomendado | | ● | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| | | | | | |
|---|---|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 4.1 | | Normado | Administrativo | — | — |
| <p>Se deberá verificar que se cuente con todos los trámites como generador de residuos peligrosos.</p> <p><i>Consultar Marco General de Buenas Prácticas para complementar la información.</i></p> | | | | | |
| SyD 4.2 |  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Durante la separación y desensamble primero retirar los materiales peligrosos de mayor tamaño mediante desensamble manual y almacenarlos como residuos peligrosos (pilas, lámparas fluorescentes, etc.).</p> | | | | | |
| SyD 4.3 |  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Mediante el desensamble manual retirar los elementos de menor tamaño que puedan ser caracterizados como residuos peligrosos y almacenar como residuos peligrosos (aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo).</p> | | | | | |
| SyD 4.4 | | Recomendado | — | Salud Ocupacional | — |
| <p>Realizar capacitaciones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sobre tareas manuales que puedan involucrar residuos peligrosos durante la separación con la finalidad de evitar dañar los demás componentes y proteger la salud de los trabajadores. 2. Sobre la Identificación de materiales, sustancias o residuos peligrosos que pueden estar contenidos en los RAAE. | | | | | |

| | | | | |
|--|-------------|---|-------------------|---------------------|
| SyD 4.5  | Recomendado | — | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
| <p>Todos los productos identificados como peligrosos tendrán procedimientos operativos para su manejo, de emergencia y de primeros auxilios.</p> <p>Tanto el gestor como el generador deberán conocer los procedimientos y su aplicación.</p> | | | | |
| SyD 4.6  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Tener especial cuidado durante la manipulación de RAAE que contengan Residuos Peligrosos evitando dañar, romper o manejar sus componentes sin equipo de protección personal.</p> | | | | |
| SyD 4.7  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Manejar de manera separada los residuos peligrosos y no mezclar aquéllos que sean incompatibles entre sí, ni con residuos peligrosos reciclables o que tengan un poder de valorización para su utilización como materia prima o como combustible alternativo, o bien, con residuos sólidos urbanos o de manejo especial.</p> <p>Referirse a la NOM-054-SEMARNAT-1993 que establece la incompatibilidad de los Residuos Peligrosos.</p> | | | | |
| SyD 4.8  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>En caso de tener contaminación o derrame en materiales con residuos o sustancias peligrosas manejar como Residuo Peligroso.</p> | | | | |
| SyD 4.9 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Una vez separados los residuos peligrosos, se deberán embalar previo al ingreso al almacén temporal de residuos peligrosos, dependiendo del residuo y de su estado físico.</p> <p>Dicho embalaje se puede realizar en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tambores • barriles • bidones • cajas • bolsas transparentes • envases compuestos | | | | |

Los residuos separados deben ser colocados en recipientes cuyas dimensiones, formas y materiales reúnan las condiciones de seguridad.

Por ningún motivo se pueden emplear los envases y embalajes que contuvieron materiales o residuos peligrosos para almacenar agua, alimentos o productos de consumo humano o animal, de igual manera no almacenar residuos peligrosos en contenedores que puedan ser confundidos con alimentos o con materiales que puedan causar una reacción química.

SyD 4.10

Recomendado

—

—

Procesos operativos

Se deberán rotular o marcar con etiquetas los envases que contienen residuos peligrosos, señalando el nombre del generador, nombre del residuo peligroso, características de peligrosidad y fecha de ingreso al almacén.

SyD 4.11

Recomendado

—

—

Procesos operativos

Previo al ingreso al almacén temporal de residuos peligrosos se deben registrar en la bitácora para mantener la trazabilidad.

Consultar el Marco General de Buenas Prácticas para complementar la información.

SyD 4.12

Recomendado

—

Salud Ocupacional

Procesos operativos

Los componentes que sean considerados materiales peligrosos deben pasar a disposición final mediante un gestor de residuos peligrosos autorizado, se deberá verificar que dicho gestor tenga las autorizaciones en materia de residuos peligrosos para la disposición de los mismos, de igual manera se deberá auditar al gestor y mantener la trazabilidad de los residuos hasta su disposición.

Ver Anexo 1. Marcas de Separación Visual de Plásticos.

SyD 4.13

Recomendado

—

Salud Ocupacional

Procesos operativos

Se recomienda que las plantas de tratamiento de RAEE no reciban equipos eléctricos como capacitores, transformadores y balastras que contienen BPCs en concentración igual o superior a 50 ppm o 100 µg/100 cm².

En caso de contar con las instalaciones y permisos para recibir equipos BPCs deberán ser manejados como residuos peligrosos conforme la Norma Oficial Mexicana NOM-133-SEMARNAT-2015, Protección ambiental-Bifenilos Policlorados (BPCs)-Especificaciones de manejo.

MATERIALES PELIGROSOS CONTENIDOS EN LOS RAEE

En la figura 3 se presentan los principales materiales peligrosos que se pueden encontrar en los RAEE. Estos componentes pueden cambiar según los avances tecnológicos y/o la implementación de normas que prohíban diversos elementos.

Figura 3.

MATERIALES PELIGROSOS EN LOS RAEE²



Para mayor información para su identificación se presenta el desglose de los materiales peligrosos contenidos en los RAEE, según el tipo de dispositivo. Se recomienda buscar los manuales de los equipos para tener un panorama más amplio sobre esta temática².

Computadoras



Materiales peligrosos:

- **Disipadores de calor** grandes mayores a 25mm (sobre todo en la TCI de la fuente de poder).
- **Componentes con mercurio.** Los componentes con mercurio (switches) Se pueden encontrar por lo general en las TCI.
- **Pequeñas pantallas de LCD.** Las pequeñas pantallas de LCD sirven como elementos de visualización o para controlar el funcionamiento. Se ubican normalmente en la parte delantera del equipo (en la capa de plástico); sin embargo, a veces también se encuentran en las TCI.
- **Tarjetas de circuito impreso (TCI).** Éstas representan la verdadera parte electrónica de un equipo y son un compuesto de diferentes sustancias y elementos.
- **Baterías de respaldo.** Éstas se encuentran por lo general en equipos nuevos en la tarjeta de circuito impreso.

Periféricos de las TIC



Materiales peligrosos:

- **Pantallas LCD.** En particular los equipos periféricos de las tecnologías de la información y la comunicación más nuevos pueden contener pantallas LCD para el control de funcionamiento.
- **Tarjetas de circuito impreso.**
- **Disipadores de calor electrolíticos grandes,** los cuales se pueden encontrar en la tarjeta de circuito de equipos antiguos y grandes; cerca de la fuente de poder en el caso de los escáneres y plotters antiguos.
- **Tubos fluorescentes** encontrados en los escáneres debajo del vidrio de escaneo.
- **Pilas o baterías** de aparatos como ratones o teclados inalámbricos normalmente ubicadas en un compartimento de pilas en la parte inferior del equipo.
- **Relés con mercurio** de los módems grandes procedentes de empresas cuyo negocio central es la transferencia de datos.

² Adaptado de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bogotá, Colombia, Centro Nacional de Producción más Limpia.

Equipos con tubos de imagen



Materiales peligrosos:

- **Tubos de rayos catódicos TRC.** Tarjetas de circuito impreso TCI. En los monitores, normalmente están instaladas en la carcasa de TCI, que es un bastidor de metal.
- **Disipadores de calor grandes.** Ubicados normalmente cerca de la fuente de poder o en la carcasa de TCI.
- **Pantallas LED o LCD.**
- **Getter pills.** Se encuentran normalmente detrás del cañón de electrones o en el cono.
- **Baterías de respaldo.** Las baterías de respaldo se encuentran cerca del receptor (en caso de aparatos con control remoto) o en la TCI (por ejemplo, aparatos con función “modo en espera”).

Impresoras



Materiales peligrosos:

- **Tarjetas de circuito impreso.** Se encuentran, dependiendo del modelo de la impresora, en diferentes posiciones, por ejemplo, en las partes laterales o detrás de los elementos de mando.
- **Disipadores de calor electrolíticos grandes.** En particular en equipos antiguos y grandes, las tarjetas de circuito impreso pueden tener disipadores de calor electrolíticos grandes, ubicado normalmente en cerca de la fuente de poder o en la tarjeta de circuito actualmente son menores de 25mm de diámetro.
- **Pilas de respaldo** de las tarjetas de equipos nuevos.
- **Tubos fluorescentes y pantallas LCD.** Contenidas usualmente en las impresoras láser Pantallas LCD empleadas para el menú de control.

Equipos con pantallas planas



Materiales peligrosos:

- **Pantallas LCD de todos tamaños.** La parte principal de los monitores y televisores de pantallas planas es la pantalla LCD como tal. En computadores didácticos y portátiles la pantalla LCD también representa una alta proporción del dispositivo.
- **Tarjetas de circuito impreso.** Los portátiles contienen tarjetas de circuito impreso. Dado el tamaño pequeño de los dispositivos, estos suelen ser muy difíciles de desensamblar, sin embargo, es necesario realizar este proceso.
- **Baterías.** Los dispositivos portátiles cuentan con baterías. Dependiendo de la edad de los equipos, estos pueden ser de níquel-hidruro metálico, de iones de litio, o baterías de otro tipo.

En computadores didácticos y de entretenimiento se encuentran más bien pilas o baterías recargables que se ubican en los respectivos compartimentos.

Juegos eléctricos y electrónicos



Materiales peligrosos:

- **Pilas y baterías.** Por lo general se encuentran en un compartimento de pilas. Dependiendo del tipo, este compartimento puede ser ubicado en diferentes lugares del equipo.
- **Pequeñas pantallas LCD** (eventualmente). En los videojuegos se encuentran también pantallas LCD de diferentes tamaños.
- **Tarjetas de circuito impreso** (eventualmente).

Fotocopiadoras



Materiales peligrosos:

- **Disipadores de calor.** Los disipadores de calor normalmente están ubicados cerca de la fuente de poder.
- **Pantallas LCD.** Las pantallas de LCD sirven como pantalla táctil y se ubican en la parte delantera del equipo.
- **Tambores fotoconductores.** Se encuentran en la parte superior del equipo o integrados al cartucho de tóner; en aparatos viejos y de alto rendimiento, tambores fotoconductores con selenio y cadmio. Mientras que en los aparatos más actuales se trata de tambores fotoconductores tipo OPC (organic photo conductor) que no contienen componentes peligrosos. Son ubicados debajo del vidrio de escaneo.
- **Baterías de respaldo.** A veces se encuentran como componentes pequeños encima de las tarjetas de circuito impreso.
- **Disipadores de calor con bifenilos policlorados (PCB).**
- **Tubos fluorescentes.**

Celulares



Materiales peligrosos:

- **Pantalla LCD o LED.** La pantalla LCD o LED está en la parte delantera del celular.
- **Baterías.** La batería se encuentra en la parte trasera del celular.
- **Tarjetas de circuito impreso.**

Ver Anexo 2. Códigos de la Norma ISO 1043 para los Retardantes de Flama.



Identificación y categorización de materiales para potencializar su valorización

SyD5

Objetivo: Establecer Buenas Prácticas de manejo que potencialicen la valorización de los Residuos y minimicen su disposición como parte de la economía circular.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 5.1 | | Recomendado | ● | | |
| SyD 5.2 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 5.3 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 5.4 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 5.5 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 5.6 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 5.7 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 5.8 | | Recomendado | | | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| | | | | |
|--|-------------|----------------|---|---------------------|
| SyD 5.1 | Recomendado | Administrativo | — | — |
| <p>Realizar todos los trámites administrativos requeridos por los <i>downstream vendors</i>, esto incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Permisos. b) Constancias. c) Acuerdos de compra-venta. d) Descripción de la calidad entregada. | | | | |
| SyD 5.2 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Promover la identificación, clasificación y limpieza o preprocesamiento del material a comercializar.</p> | | | | |
| SyD 5.3 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Determinar la cadena de valor y el formato comercial del material reciclable, para maximizar su venta y minimizar su disposición final.</p> | | | | |
| SyD 5.4 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Promover la valorización de elementos o componentes del RAEE mediante la búsqueda de empresas o mercados nacionales o internacionales dedicadas a la valorización, reciclaje o reutilización.</p> | | | | |
| SyD 5.5 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Realizar capacitaciones sobre las características de los RAEE que se van a desensamblar para poder identificar lo susceptible a valorización por los <i>downstream vendors</i>.</p> | | | | |
| SyD 5.6 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Seleccionar e identificar el procedimiento de desensamble para poder obtener los componentes susceptibles a valorización, posterior a ello, separar los materiales a modo de cumplir las especificaciones de forma y/o grado y/o el contenido de metal o función, según lo acordado por el comprador y el vendedor.</p> | | | | |

SyD 5.7

Recomendado

—

—

Procesos
operativos

Preparar los materiales con base en las características solicitadas por los *downstream vendors* mediante la organización, acomodo, preparación y/o empaquetado o embalaje de los materiales previo a su salida de la planta de tratamiento de RAEE.

SyD 5.8

Recomendado

—

—

Procesos
operativos

Acondicionar los materiales conforme a las necesidades de los *downstream vendors* para el uso como insumos de nuevos procesos industriales.

Se puede hacer en recipientes plásticos o metálicos (bins), bolsones o cajas con chatarra electrónica que se mantendrán en palletes y en forma segura para evitar incendios o emisión de sustancias contaminantes.

Consultar Marco General de Buenas Prácticas para complementar la información.

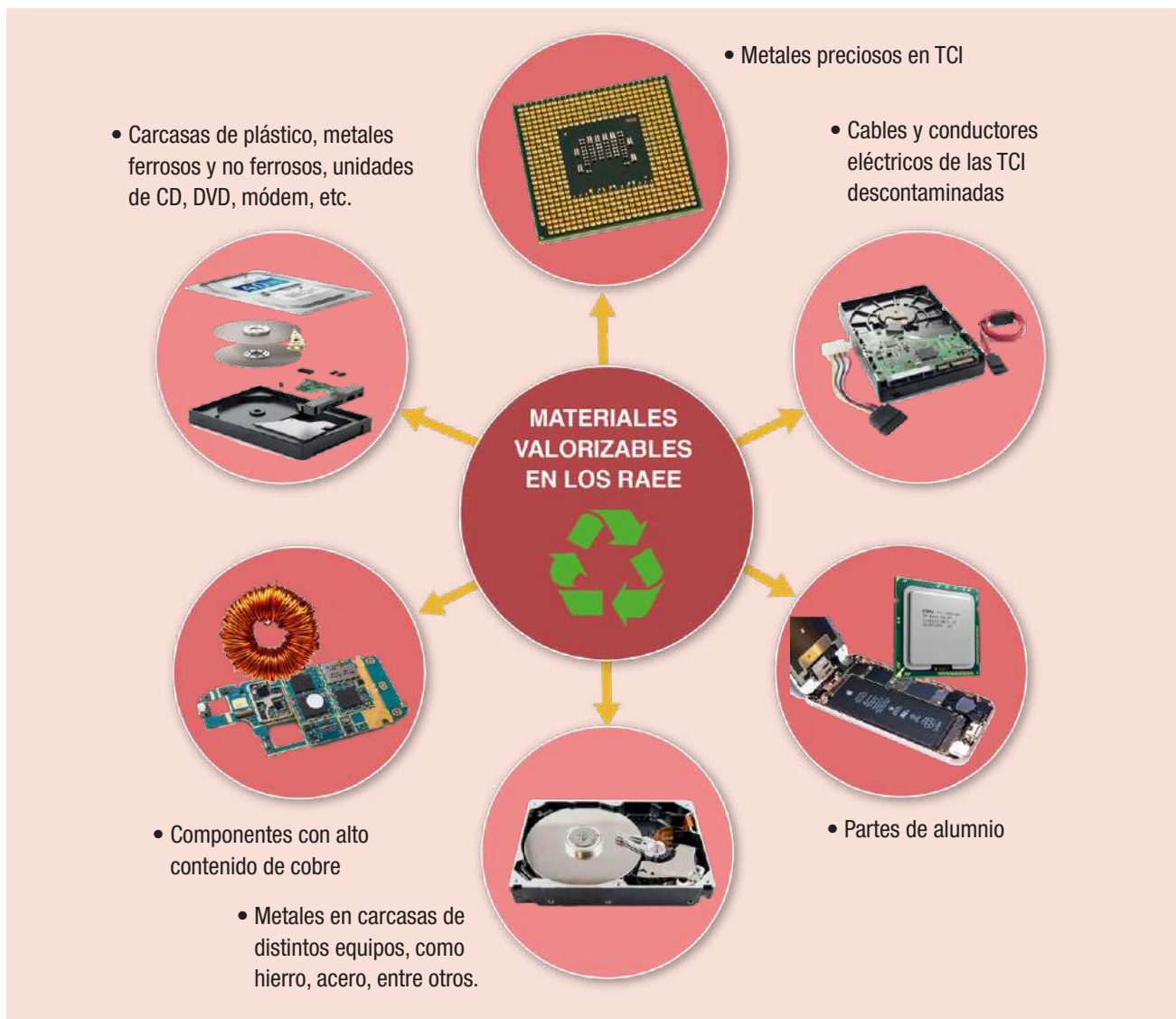


MATERIALES VALORIZABLES CONTENIDOS EN LOS RAEE

Revise la figura 4 para identificar algunos de los posibles materiales valorizables presentes en los RAEE. Estos pueden cambiar como resultado del avance tecnológico y normativa.

Figura 4.

MATERIALES VALORIZABLES CONTENIDOS EN LOS RAEE³



Debido a la diversidad de AEE que una planta puede procesar, se recomienda buscar información especializada sobre los equipos que se desensamblarán para reconocer con mayor facilidad aquellos materiales valorizables, además de tener un panorama más amplio sobre esta temática.

A continuación, se enlistan los principales elementos valorizables contenidos en los diferentes tipos de dispositivos³.

Computadoras



Los materiales valiosos dentro de una computadora son:

- Hierro/acero de las carcasas de metal y de partes del marco aluminio de los disipadores de calor.
- Cobre que se encuentra en las TCI y sus componentes (por ejemplo, en transformadores y bobinas).
- Las TCI por su lado, contienen una serie de metales preciosos como oro, plata, platino y paladio dentro de los contactos y los materiales conductores.
- También los componentes y piezas de un computador que sirven para el reúso son materiales valiosos que por lo general pueden ser separados fácilmente del resto de componentes.

Periféricos de las TIC



Los materiales valiosos son:

- Carcasas y elementos de tracción obtenidos de escáneres y plotters contienen metales.
- Carcasa de plástico y de una TCI con cobre como material de conducción eléctrica obtenidas de Los ratones y teclados.
- Metales ferrosos y no ferrosos, plásticos, tarjetas y otros componentes y materiales, obtenidos de periféricos más complejos como unidades de CD, unidades de DVD, módem, etc.

Celulares



Se tiene como material valorizable:

- Cobre contenido en Los conductores eléctricos de las TCI descontaminadas.

³ Adaptado de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2009). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bogotá, Colombia, Centro Nacional de Producción más Limpia.

**Equipos con
tubos de imagen**



Los principales materiales valiosos de este tipo de aparatos son:

- Cobre que no requiere un proceso de limpieza (estampado o combinado con otro material), usado como conductor eléctrico.
- Las TCI descontaminadas inclusive los bastidores (carcasa) pueden ser suministrados al tratamiento ulterior con los demás metales.
- Cañón de electrones: consiste en acero aleado con níquel de calidad superior.
- Vidrio del tubo de rayo catódico: el vidrio del tubo de rayo catódico puede ser suministrado a un tratamiento posterior.
- Metales ferrosos y no ferrosos (obtenidos de bastidores y elementos de refrigeración) como cables de cobre y aluminio.
- Transformadores.
- Componentes de control.

**Equipos con
pantallas planas**



Los principales materiales valiosos de este tipo de aparatos son:

- Metales preciosos contenidos en las diferentes tarjetas de circuito impreso.
- Componentes con alto contenido de cobre.
- Partes de aluminio y de metales ferrosos.

**Juegos eléctricos
y electrónicos**



Los materiales de valor contenidos en los juegos eléctricos y electrónicos son:

- Elementos de tracción.
- Transformadores pequeños.
- Tarjetas de circuito impreso (compuestos de metales ferrosos y no ferrosos).

Impresoras



Las impresoras en general contienen:

- Metales ferrosos y no ferrosos en las carcasas y en los componentes, sobre todo los equipos antiguos y grandes.
- Plástico obtenido del procesamiento mecánico.

Fotocopiadoras



Los principales materiales valiosos de este tipo de aparatos son:

- Diferentes metales como cobre, latón, aluminio (por ejemplo, en bastidores, elementos de refrigeración, cables, etc.) o hierro/acero (por ejemplo, piezas de carcasas o elementos de accionamiento).
- Metales preciosos contenidos en los TCI.



Identificación y categorización de no valorizables (Residuos de Manejo Especial)

SyD6


Objetivo: Promover la identificación de los Residuos de Manejo Especial que no son susceptibles a valorización ni Residuos Peligrosos.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 6.1 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 6.2 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 6.3 | ⚠ | Recomendado | | | ● |
| SyD 6.4 | | Recomendado | | | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| | | | | |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| SyD 6.1 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| Los RAEE serán considerados como RME, siempre y cuando los equipos estén completos y no sean sometidos a la separación de sus componentes ⁴ . | | | | |
| SyD 6.2 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| Los resultantes de la separación y desensamble del RAEE que no cuentan con las características para ser materiales valorizables ni residuos con características de peligrosidad, deberán ser manejados como residuos de manejo especial. | | | | |

⁴ Respuestas oficiales de SEMARNAT.

| SyD 6.3  | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| <p>Actualmente algunos de los plásticos se disponen como RME, y al no estar identificados mediante la marca o tatuaje sobre el contenido de retardante de flama pueden contener retardantes de flama bromados (BFRs) siendo fuente de contaminación en la cadena de reciclaje, así como en rellenos sanitarios, por lo que se recomienda implementar medidas de apoyen a la identificación de estos.</p> <p>Los retardadores de flama bromados se usan como aditivos en los plásticos y pueden ser utilizados en los compuestos siguientes⁵:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tabla de circuitería de TV 2. Chasis de Plástico de TV 3. Carcasas de monitores de TRC 4. Chasis de Monitor en PC 5. Tarjeta de circuitos en Monitor 6. Plásticos y tarjetas de circuitos de teclado y ratón de una PC 7. Gabinete plástico en PC 8. Tarjeta madre en PC 9. Pasta de adhesión en el microprocesador de PC 10. Memoria en PC 11. Plásticos de equipo de videojuego 12. Microprocesador de videojuego 13. Tarjetas de circuitos de VCR 14. Microcontroladores de VCR 15. Chasis de VCR 16. Cables y conectores | | | | |
| SyD 6.4 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>El almacén de RME deberá contar con lo considerado en el Marco General de Buenas Prácticas.</p> | | | | |

⁵ Román, G. (2007). Diagnóstico sobre la Generación de Basura Electrónica en México. México: Instituto Nacional de Ecología Sitio. Recuperado de: http://www.residuoselctronicos.net/archivos/lineas_base/LINEA_BASE_MEXICO_ROMAN.pdf [consultado: 25 de octubre de 2018]








TIPOS DE PLÁSTICO Y CÓDIGO DE RECICLAJE

Existe un gran número de tipos de plásticos, es por esto que la asociación de industria plástica desarrolló el Código de Reciclaje (CR). La idea es que todos los productos hechos de este material lleven el símbolo correspondiente para que puedan ser identificados y separados fácilmente.

Para esto los productos se graban con la banda de Möbius, un símbolo en forma de triángulo con tres flechas. Dentro de este triángulo se encuentra un número identificando el tipo de plástico permitiendo así la clasifica en siete categorías.

Tabla 1.

CATEGORÍAS DE PLÁSTICOS

| Símbolo | Acrónimo | Nombre |
|---|----------|------------------------------|
|  | PET | Tereftalato de polietileno |
|  | PE-HD | Polietileno de alta densidad |
|  | PVC | Cloruro de polivinilo |
|  | PE-LD | Polietileno de baja densidad |
|  | PP | Polipropileno |
|  | PS | Poliestireno |
|  | O | Otros |

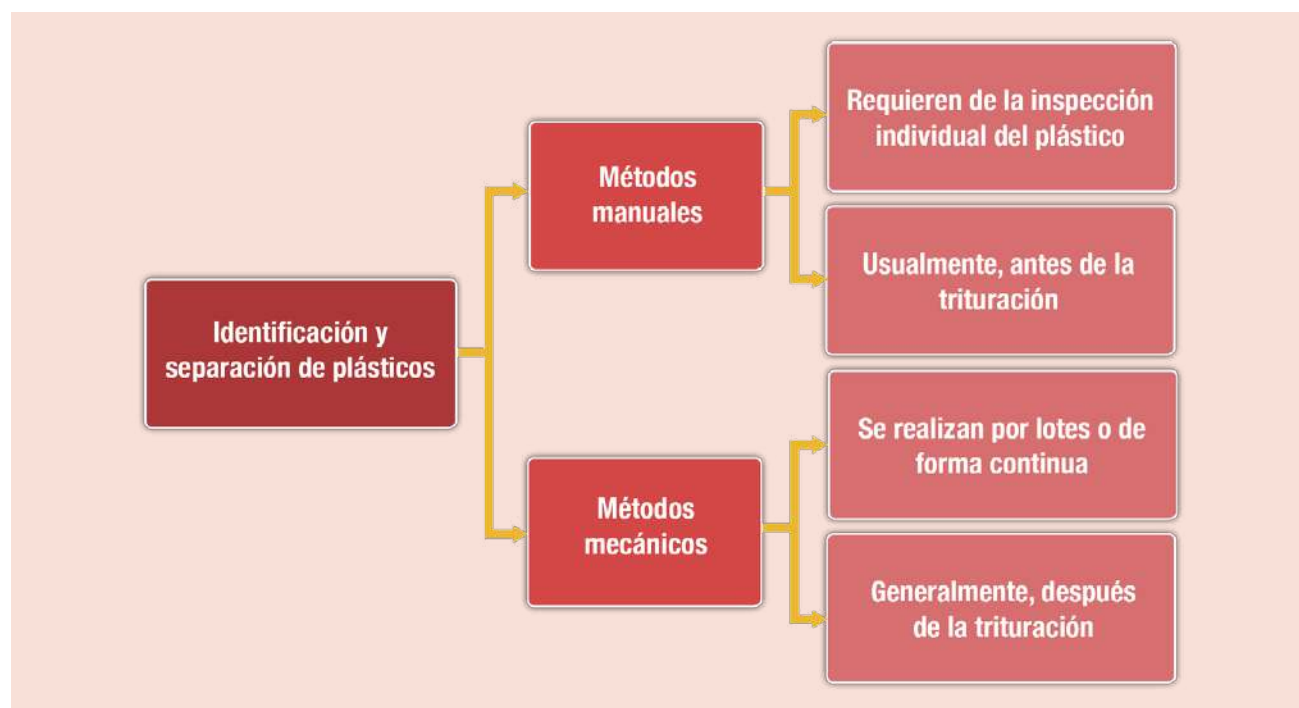
IDENTIFICACIÓN Y TÉCNICAS DE CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS CON RETARDANTE DE FLAMA BROMADOS

En la etapa de Separación y Desensamble se identifican los materiales y componentes de los RAEE, entre los que se encuentran los plásticos.

Durante las operaciones de reciclado de plásticos, varios métodos pueden usarse para la identificación y separación de los plásticos ricos en bromo. Estos pueden dividirse entre métodos manuales o mecánicos.

Figura 5.

TIPOS DE MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN Y SEPARACIÓN DE PLÁSTICOS BFR⁶



Algunas plantas de tratamiento de RAEE en México identifican la presencia de retardantes de flama mediante el quemado parcial del plástico, esta práctica no se debe realizar ya que puede provocar daños a la salud humana y al medio ambiente.

En la tabla 2, se muestran ocho métodos diferentes, tanto manuales como mecánicos, que se consideran potencialmente efectivos para separar los plásticos con retardante de flama bromados. Los diferentes métodos se pueden combinar para mejorar la eficiencia de la separación.

⁶ Adaptado de Haarman, A., & Gasser, M. (2016). Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector. *A study on applicable identification & separation methods. Sustainable Recycling Industries, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology*, ISBN, 978-3.

Tabla 2.

MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN Y SEPARACIÓN PARA PLÁSTICOS BFR⁷

| Método | Razón fundamental | Detecta | Precisión | Precio (Dólares) | Aplica en sector informal | Preocupaciones EHS |
|---|---|-----------------------------|----------------------------|------------------|---------------------------|--|
| Visual (marcas) | Indicación de retardante de flama en las piezas | - | Insuficiente | Gratis | Sí | Ninguna |
| Segregación en la fuente | Algunas corrientes de los RAEE son libres de retardante de llama bromados | - | Media | Gratis | Sí | Ninguna |
| Prueba de Beilstein | Alambre de cobre caliente forma halógenos de cobre que emiten una llama verde | Halógenos (Cl, Br, I, no F) | Desconocida | ~ 10 | Sí | Formación de potenciales gases potenciales |
| Espectro de chispa deslizante | La chispa evapora el plástico que libera espectros ópticos | Br, Cl, otros | Suficiente para clasificar | ~ 6,000 | No | Formación de potenciales gases potenciales |
| Fluorescencia de rayos- X | Los rayos-x absorbidos se reemiten de acuerdo a las líneas espectrales | Br, Cl, metales pesados | Muy alta | ~ 30,000-50,000 | No | Uso indebido del dispositivo |
| Espectroscopia de plasma inducida por láser | Un láser elimina el material superficial que se analiza mediante espectrometría óptica o de masas | Br, Cl | Muy alta | ~35,000 | No | Uso indebido del dispositivo |
| Transmisión por rayos-X | Los elementos absorben el espectro de los rayos-x, la presión de aire dirigida elimina las partículas | Br, Cl, otros | Muy alta | ~500,000 | No | Ninguna |
| Flotación y sumidero | Los plásticos que contienen Br tienen una mayor densidad | Br, Cl, otros | Depende de la alimentación | 10-100,000 | Sí | Ninguna |

Ver Anexo 3. Acrónimos de los tipos de polímeros utilizados en los RAEE.

⁷ Traducido de Haarman, A., & Gasser, M. (2016). Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector. A study on applicable identification & separation methods. Sustainable Recycling Industries, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, ISBN, 978-3.

SEPARACIÓN VISUAL

Como parte del método de la separación visual existen estándares internacionales (normas ISO 11469 y 1043) para el marcado de todas las piezas con productos plásticos, según las especificaciones del material y tipo de compuestos que contienen, como se muestra en la tabla 3 (Ver Anexo 3. Acrónimos de los tipos de polímeros utilizados en los RAEE).

Sin embargo, estos **estándares son de carácter voluntario**, por lo que no necesariamente se aplican en todos los casos, lo que puede llegar a repercutir en el manejo adecuado de RAEE en las plantas recicladoras.

Tabla 3.

IDENTIFICACIÓN DE PLÁSTICOS SEGÚN NORMA ISO

| Norma | Nombre | Especificación |
|--|---|---|
| ISO 11469⁸ | Identificación general y marcaje de productos plásticos | Los componentes poliméricos con un peso mayor a 100 gramos deben marcarse según su tipo y su contenido en rellenos, plastificantes y retardantes de flama, con el fin de facilitar su identificación, separación y proceso de reciclaje al final de su vida útil. |
| ISO 1043 Parte 1: Polímeros básicos y sus características especiales ⁹ | Símbolos y términos abreviados | Define los símbolos que se deben de emplear dependiendo del tipo de plástico. |
| ISO 1043 Parte 2: Rellenos y materiales de refuerzo ¹⁰ | | |
| ISO 1043 Parte 3: Plastificantes ¹¹ | | |
| ISO 1043 Parte 4: Retardantes de flama ¹² | | |

⁸ ISO, 2000a. ISO 11469: Plastics -- Generic identification and marking of plastics products.

⁹ ISO, 2011a. ISO 1043-1: Plastics – Symbols and abbreviated terms – Part 1: Basic polymers and their special characteristics.

¹⁰ ISO, 2000b. ISO 1043-2: Plastics – Symbols and abbreviated terms – Part 2: Fillers and reinforcing materials.

¹¹ ISO, 2011b. ISO 1043-3: Plastics – Symbols and abbreviated terms – Part 3: Plasticizers.

¹² ISO, 1998. ISO 1043-4: Plastics – Symbols and abbreviated terms – Part 4: Flame retardants.

En México, se cuentan con normas nacionales (NMX) elaboradas por el Centro de Normalización y Certificación de Productos, A. C. (CNCPP), un Organismo de Certificación de Producto, para la identificación de plásticos del sector¹³:

- NMX-E-232-CNCPP-2014-Simbología para identificación de plásticos
- NMX-E-233-CNCPP-2014-Plástico reciclado
- NMX-E-060-CNCPP-2010-Terminología de plásticos
- NMX-E-057-CNCPP-2004-Abreviaturas de plásticos

Ver Anexo 1. Marcas de Separación Visual de Plásticos.



¹³ Estas certificaciones tienen costo. Para mayor información, consultar el sitio oficial: <http://www.cncpp.org.mx/>



Procedimientos de Trituración para su valorización

SyD7

Objetivo: Establecer Buenas Prácticas que permitan la trituración correcta de los residuos.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 7.1 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 7.2 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 7.3 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 7.4 | | Recomendado | | | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| | | | | |
|--|-------------|---|---|---------------------|
| SyD 7.1 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Se recomienda evitar la trituración si existe alguno otro mecanismo al interior de la planta que permita acondicionar los materiales previo al almacenamiento.</p> <p>La trituración es un proceso que genera polvos y adicionalmente debe llevarse a cabo una vez que han sido retirados materiales peligrosos y observando en todo momento los criterios de higiene y seguridad, de lo contrario pueden causar daño a la salud humana, al medio ambiente y desaprovechar materiales valorizables.</p> <p>Referenciar la sección de uso del equipo de protección personal.</p> | | | | |
| SyD 7.2 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>En caso de realizar trituración se deberán remover mediante desensamble manual los componentes de peligrosidad.</p> <p>Los componentes de la figura 3 muestran los principales materiales peligrosos que pueden contener los RAEE.</p> <p>Estos no deben ser procesados en conjunto con el resto de los aparatos y deberán ser manejados a través de otros procesos</p> | | | | |
| SyD 7.3 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>En caso de que se realice trituración se deberá verificar que se cumpla todo lo relacionado con las normas de la STPS, en materia de Centros de Trabajo.</p> <p><i>Consultar Marco General de Buenas Prácticas para complementar la información.</i></p> | | | | |
| SyD 7.3 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>Si se realizara trituración se recomienda el uso de una trituradora de cadena, donde los RAEE serán destruidos mediante en un proceso mecánico.</p> <p>Del proceso de trituración sale una mezcla de diferentes fragmentos de materiales, los cuales posteriormente se recomienda sean separados a través de mecanismos de separación (como por ejemplo la clasificación de aire, criba, ciclón, turbo-rotor, corriente de Foucault o separación magnética, etc.) en diferentes fracciones y corrientes limpias. Las corrientes después entran a su respectivo procesamiento y son puestos a disposición para su comercialización o almacenamiento.</p> <p>De esa manera, los plásticos y demás insumos son triturados y granulados en otra línea de proceso.</p> | | | | |




Trazabilidad para Separación y Desensamble

SyD8

Objetivo: Establecer estándares que permitan al usuario conocer la trazabilidad del RAEE a lo largo del proceso de Tratamiento.

| Pasos | Advertencia | Tipo | Administrativo | Salud Ocupacional | Procesos operativos |
|---------|-------------|-------------|----------------|-------------------|---------------------|
| SyD 8.1 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 8.2 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 8.3 | | Recomendado | | | ● |
| SyD 8.4 | | Recomendado | | | ● |

DESGLOSE DE BUENAS PRÁCTICAS

| SyD 8.1 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
|---|-------------|---|---|---------------------|
| <p>Revisar la documentación o información del AEE o lote:</p> <p>Equipo desensamblado</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Número de lote o equipo designado por la planta de tratamiento de RAEE en el ingreso y recepción, el cual deberá coincidir con el del equipo. b) Fecha de entrada a la etapa de separación. c) Clave o sello de entrada a alguna otra etapa (acopio, almacenamiento, reacondicionamiento, entre otras). d) Clave, sello o documento emitido por otra etapa correspondiente al manejo integral, donde deberán especificar si fue desensamblado previamente. e) Observaciones documentadas emitidas por otra etapa correspondiente al manejo integral, donde se especifique: <ul style="list-style-type: none"> i. Si fue desensamblado previamente. ii. Si fueron removidas piezas, componentes o partes para la etapa de reacondicionamiento. iii. Si fue rechazado como susceptible a reacondicionamiento. | | | | |
| SyD 8.2 | Recomendado | — | — | Procesos operativos |
| <p>La cantidad inicial de RAEE se establecerá mediante el peso total del lote y al final deberá coincidir con las fracciones pesadas a la salida.</p>  | | | | |

Peso del lote a la entrada = (peso de materiales valorizables) + (peso de residuos peligrosos) + (peso de residuos que no son valorizables ni peligrosos)

Este balance deberá considerar un porcentaje de pérdidas y deberá coincidir con los valores de las bitácoras de los almacenes.

SyD 8.3

Recomendado

—

—

Procesos operativos

Mantener seguimiento y control documental, para dar continuidad a la trazabilidad del RAEE una vez que fue separado para su valorización, antes y después de la venta de las partes o componentes, por lo que se recomienda mantener una bitácora con los siguientes elementos:

- a) Número de Identificación, clave del RAEE y/o lote
- b) Fecha de ingreso
- c) Pesaje al ingreso
- d) Fechas de salida
- e) Pesaje de salida

SyD 8.4

Recomendado

—

—

Procesos operativos

El usuario deberá llevar registros comerciales que sean suficientes para comprobar el flujo de los RAEE mediante bitácoras, constancias, contratos comerciales u otra documentación que evidencie la trazabilidad de los residuos aprovechados o llevados a disposición final y guardarlos durante por lo menos **cinco años**.

Consultar Marco General de Buenas Prácticas para complementar la información.

INDICADOR

Nombre: Evaluación de Separación y Desensamble (SyD)

Definición: Medir el grado de cumplimiento en la implementación de las Buenas Prácticas durante la etapa de Separación y Desensamble.

Tipo de valor de la meta: Informativo.

Unidad de medida: Porcentaje de Actividades y especificaciones técnicas implementadas.

Tipo de indicador: Eficacia.

Frecuencia de medición: Mensual, bimestral, trimestral, cuatrimestral, semestral, anual o cada que se realice una nueva implementación.

Medios de verificación: Las variables de los indicadores pueden ser establecidas conforme las necesidades de la planta de tratamiento de RAEE, el usuario podrá establecer únicamente las BP correspondientes a seguridad y salud en el trabajo, las administrativas, los procesos operativos o un conjunto de las tres para establecer una sumatoria que corresponderá al 100%.

El usuario podrá establecer que BP considera importantes para implementar por colores (normado, recomendado, etc.) y podrá realizar la medición de las mismas teniendo este indicador como apoyo.

Ejemplo de fórmula:

$$G = \frac{(\text{Número de actividades y especificaciones técnicas implementadas}) (100\%)}{(\text{Número total de actividades y especificaciones técnicas implementadas})}$$

Cálculo:

El siguiente indicador atiende únicamente a la implementación de las buenas prácticas por fichas.

1. Condiciones mínimas del área donde se realiza separación y desensamble (6)
2. Planeación y logística para el desensamble (6)
3. Procedimientos para el desensamble (16)
4. Identificación y manejo de sustancias, materiales y componentes considerados residuos peligrosos (12)
5. Identificación y categorización de materiales para potencializar su valorización (8)
6. Identificación y categorización de no valorizables (Residuos de Manejo Especial) (4)
7. Procedimientos de Trituración para su valorización (4)
8. Trazabilidad para separación y desensamble (4)

Fórmula:

Caso ideal en que todas las BP se han atendido.

$$G = \frac{(\text{Número de actividades y especificaciones técnicas implementadas}) (100\%)}{(6+6+16+12+8+4+4+4)}$$

GLOSARIO

Acondicionamiento: Considera el reensamblaje de los equipos, su limpieza y otros procedimientos para que se considere un producto terminado y listo para la comercialización de AEE una vez que ya fueron reacondicionados.

Almacenamiento de residuos peligrosos: Acción de retener temporalmente los residuos peligrosos por no más de seis meses a partir de su generación, en áreas que cumplen con las condiciones establecidas en las disposiciones aplicables para prevenir la generación de lixiviados y su infiltración en los suelos, el arrastre por el agua de lluvia o por el viento de dichos residuos, incendios, explosiones y acumulación de vapores tóxicos, fugas o derrames; en tanto se procesan para su aprovechamiento, se les aplica un tratamiento, se transportan o se dispone finalmente de ellos¹⁴.

Aparatos eléctricos y electrónicos: Dispositivos que dependen de corrientes eléctricas y campos electromagnéticos para que realicen un correcto funcionamiento¹⁵.

Aprovechamiento: Conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundarios o de energía¹⁶.

Bifenilos policlorados o Policlorobifenilos (PCBs): Serie de compuestos organoclorados que constituyen una familia de 209 congéneres, los cuales se forman durante la cloración de diferentes posiciones del bifenilo, 10 en total. Son consideradas de las sustancias químicas orgánicas más estables y tóxicas que se conocen. Su constante dieléctrica baja y su punto de ebullición elevado los hacen ideales como fluidos refrigerantes en condensadores y transformadores eléctricos. Sin embargo, hoy en día las desventajas de los PCB se consideran significativas debido a que no son biodegradables, son persistentes en el ambiente, se acumulan en el tejido graso de seres vivos y son conocidos cancerígenos¹⁷.

Centro de Trabajo: Plantas de tratamiento de RAEE.

Certificación R2 (Reciclaje Responsable): Norma en la que se establecen prácticas de reciclaje responsable para los productos electrónicos a nivel mundial. Los requisitos contenidos en esta norma son integrales y abarcan prácticas ambientales, de salud y seguridad, y de protección de datos¹⁸.

¹⁴ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

¹⁵ International Telecommunications Union (ITU) (2015). *Gestión Sostenible de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina*. Recuperado de: https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/oth/0b/11/T0B110000273301PDFS.pdf [consultado: 14 de noviembre de 2018]

¹⁶ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

¹⁷ Universidad Nacional del Litoral (UNL). Ficha Técnica N° P/001. Bifenilos Policlorados (PCB). Santa Fé, Argentina. Recuperado de: www.fiq.unl.edu.ar/modeladomolecular/Alicia_bd_pcb/www/11-Bifenilos%20policlorados.pdf [consultado: 14 de noviembre de 2018]

¹⁸ Sustainable Electronics Recycling International (SERI) (2013). *La norma de reciclaje responsable ("R2") para recicladores de productos electrónicos*. Recuperado de: https://sustainableelectronics.org/sites/default/files/R2-2013%20Standard%20%5BSPANISH%5D_0.pdf [consultado: 14 de noviembre de 2018].

Constancia de entrega - recepción: Documento en el cual se registran las actividades de manejo de residuos peligrosos, que deben elaborar y conservar los generadores y, en su caso, los prestadores de servicios de manejo de dichos residuos y el cual se debe utilizar como base para la elaboración de la Cédula de Operación Anual.

Criptología: Se encarga del estudio de los algoritmos, protocolos (se les llama protocolos criptográficos), y sistemas que se utilizan para proteger la información y dotar de seguridad a las comunicaciones y a las entidades que se comunican.

Desensamble: Acción de separar / desarmar los componentes de un RAEE con un objetivo específico.

Disposición Final: Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos¹⁹.

Downstream vendors: Literalmente traducido como “aguas abajo”, el término se utiliza en este documento para referirse a los terceros involucrados en procesos posteriores al desensamble y separación de componentes de los RAEE. Esto es, los procesos de reciclaje donde los subproductos provenientes de los RAEE son transformados para restituir su valor económico. Estos procesos tienen lugar fuera de una empresa de tratamiento (reacondicionamiento y separación / desensamble) de RAEE.

Economía Circular: Sistema regenerativo de materiales en el que el ingreso de recursos, así como la generación de residuos, emisiones y energía residuales se minimizan mediante el cerrado y pausado progresivo de los ciclos de materiales y energía. Esto puede ser alcanzado mediante el diseño de productos de uso duradero, así como a través de mantenimiento reparación, reúso, remanufactura, reacondicionamiento y reciclaje²⁰.

Emplayar o embalar: Envolver uno o varios objetos con una película plástica con el fin de proteger, facilitar y disminuir los riesgos en su manejo o traslado.

Exportador: Toda persona que organice la exportación de residuos peligrosos o de otros residuos y esté sometida a la jurisdicción del Estado de exportación²¹.

Fauna nociva: Especies animales potencialmente dañinas para la salud y los bienes, asociadas a los residuos²².

¹⁹ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

²⁰ Ellen MacArthur Foundation (EMF), 2014. *Towards the Circular Economy*, vol. 3. Isle of Wight.

²¹ Convenio de Basilea - Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (2014).

²² NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Generador: Persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo²³.

Generación: Acción de producir residuos a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo²⁴.

Gestor 1: Persona física o moral autorizada que se dedica a la recolección y transporte de los RAEE.

Gestor 2: Persona física o moral autorizada que se dedica al tratamiento de RAEE (ya sea en las etapas de reacondicionamiento y/o separación).

Acopio masivo: Campaña para reunir los RAEE de diferentes fuentes de generación (principalmente hogares) que usualmente es promovida por instituciones públicas.

Manejo Integral y Ambientalmente Adecuado: Adopción de todas las medidas practicables para asegurar que los AEE desechados por su generador o poseedor y que se convierten en RAEE, se manejen de forma tal que se protejan la salud humana y el medio ambiente.

Medios de almacenamiento de datos / información: Cualquier información digital o análoga localizada dentro de un RAEE, dispositivo independiente, o cualquier otro medio incluidos las memorias digitales (ej: disco duro, chips), magnéticas (ej: disquets), discos (ej: CD, MP3) y grabadoras de audio y/o video.

OCP: Los Organismos de Certificación del Producto (OCP) son personas morales que tienen por objeto realizar tareas de certificación, esto significa, evaluar que un producto ajusta a las normas, lineamientos o reconocimientos de organismos dedicados a la normalización nacional o internacional.

Overwrite: Proceso usado para grabar o copiar datos nuevos sobre datos existentes, como cuando se actualiza un archivo o directorio, donde los datos sobrescritos no se pueden recuperar. También hace referencia a un archivo o directorio que se ha sobrescrito.

PCB: Policlorobifenilos (PCB) o bifenilos policlorados son una serie de compuestos organoclorados que constituyen una familia de 209 congéneres, los cuales se forman mediante la cloración de diferentes posiciones del bifenilo, 10 en total, son consideradas de las sustancias químicas orgánicas más estables y tóxicas que se conocen. Su constante dieléctrica baja y su punto de ebullición elevado los hacen ideales como fluidos refrigerantes en condensadores y transformadores eléctricos. Sin embargo, hoy en día las desventajas de los PCB se consideran significativas debido a que no son biodegradables, son persistentes en el ambiente, se acumulan en el tejido graso de seres vivos y son conocidos cancerígenos.

Plan de Manejo: Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico

²³ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

²⁴ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres órdenes de gobierno²⁵.

Reacondicionamiento: Actividades que se realizan para habilitar el reúso de los aparatos. Como parte de esta actividad se lleva a cabo una evaluación de las partes tangibles e intangibles. En la parte tangible, se busca arreglar estéticamente, así como reparar o sustituir aquellos componentes que no estén funcionando de manera adecuada; en la parte intangible se busca la mejor alternativa en software para permitir su reutilización con base en las propiedades y condiciones del equipo.

Reciclaje: Proceso en el que los residuos son transformados en productos nuevos, de tal manera que pierden su identidad original y se convierten en materia prima de nuevos productos²⁶.

Recuperación: Forma parte de las actividades cuyo objetivo es valorar los residuos a través de la reutilización, remanufactura, rediseño, reciclado, entre otras.

Residuo: Material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la LGPGIR y demás ordenamientos que de ella deriven²⁷.

Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos: aparatos eléctricos y electrónicos, sus materiales, componentes y piezas que forman parte de los mismos y que el generador o poseedor desecha.

Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos²⁸.

Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio²⁹.

Residuos Sólidos Urbanos: Generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias³⁰.

²⁵ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

²⁶ Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco (2007).

²⁷⁻³⁰ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

Retardante de flama: Conjunto de compuestos químicos utilizado en diferentes materiales o productos como textiles, plásticos, madera, entre otros; con el fin de retrasar la propagación de la flama³¹.

Reutilización: El empleo de un material o residuo sin que medie un proceso de transformación³².

Separación: Etapa de manejo que se realiza con el objetivo de segregar los diferentes materiales provenientes en una corriente de residuos y/o los componentes o partes que conforman un RAEE y categorizarlos de acuerdo a sus características físicas y químicas. Como parte de estas actividades se realiza la segregación de diferentes residuos / materiales con o sin la necesidad de realizar desarmado o desensamble.

Tarjetas o circuitos impresos: Término utilizado en la electrónica para definir a las placas encargadas de sostener y conectar eléctricamente los componentes electrónicos mediante materiales conductores.

Tratamiento: Procedimiento mecánico, físico, químico, biológico o térmico, mediante el cual se cambian las características de los residuos sólidos, con la posibilidad de reducir su volumen o peligrosidad³³.

Valorización: Principio y conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos, mediante su reincorporación en procesos productivos, bajo criterios de responsabilidad compartida, manejo integral y eficiencia ambiental, tecnológica y económica³⁴.

³¹ Barrera, J. Castro, J. & Gavilán, A. (2004). *Los retardantes de flama polibromados ¿nuevas sustancias de prioridad ambiental?* Gaceta Ecológica, 72, pp.45-52.

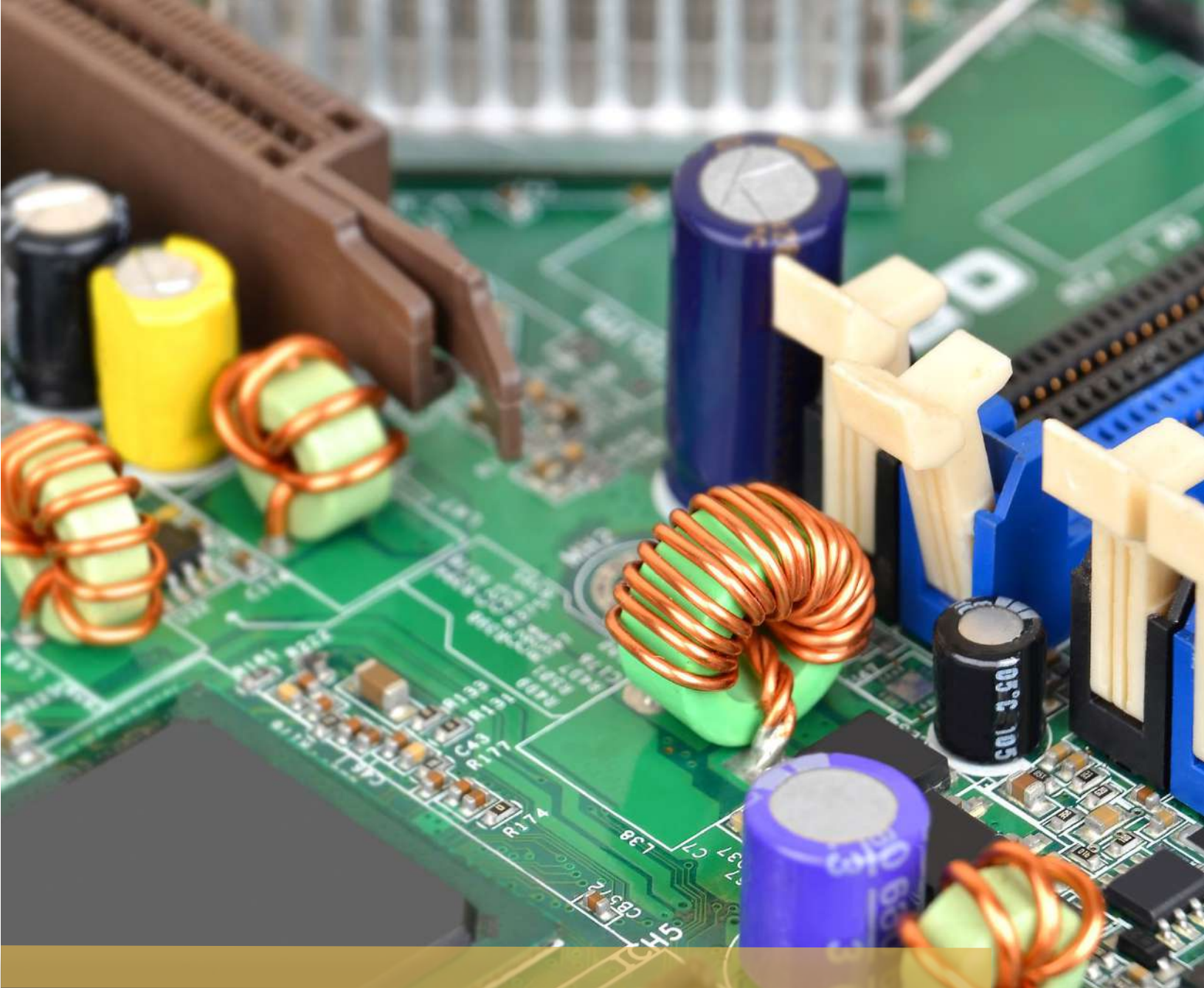
³²⁻³⁴ Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2003).

■ ■ REFERENCIAS

1. **Asociación de Ciudades y Regiones para el Reciclaje (ACRR)** (2010). *La gestión de residuos de aparatos eléctrico y electrónicos, Guía dirigida a las autoridades locales y regionales*. Jean-Pierre Hannequart. ACRR - Gulledele 100 - 1200 Bruselas – Bélgica.
2. **Barrera, J. Castro, J. & Gavilán, A.** (2004). Los retardantes de flama polibromados ¿nuevas sustancias de prioridad ambiental? *Gaceta Ecológica*, 72, pp.45-52.
3. **Carrillo G. G.** (2013). *La ecología industrial en México*. México DF: UAM-X, CSH; 2013, 1a. edición, ISBN: 9786072800557.
4. **Confederación de la Pequeña y Mediana Empresa Aragonesa, CEPYME ARAGÓN** (2002). *Manual para elaborar estudios de minimización de residuos peligrosos*. España.
5. **Convenio de Basilea - Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (PNUMA)** (2014). *Protocolo Sobre Responsabilidad e Indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*. Textos y Anexos.
6. **Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Colombia** (2009). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Bogotá, D.C.
7. **e-Stewards** (2013). *The e-Stewards® Standard for Responsible Recycling and Reuse of Electronic Equipment* © Review Version 2.0.
8. **El Mercado Común del Sur, MERCOSUR** (2014). *Buenas Prácticas para la Gestión Sostenible de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)*.
9. **Haarman, A., & Gasser, M.** (2016). Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector. *A study on applicable identification & separation methods*. *Sustainable Recycling Industries, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology*, ISBN, 978-3.
10. **Holcim-GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit)** (2006). *Guía para el Co-Procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento*.
11. **International Organization for Standardization** (2006). *Norma Internacional ISO 14040:2006. Principios y marco de referencia para la evaluación del Análisis de Ciclo de Vida*.
12. **International Telecommunications Union, ITU** (2017). *Estrategias y políticas para la eliminación o reutilización adecuadas de residuos generados por las telecomunicaciones/TIC*.
13. **Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco** (2007). Gobierno de Jalisco. Poder Ejecutivo. Secretaría General de Gobierno. Decreto núm. 24018/LIX/12.
14. **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)** (2003). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Última Reforma DOF 19-01-2018.
15. **Martínez, J.** (2005). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos*. Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y El Caribe.

16. **Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente - Convenio de Basilea (PNUMA)** (2014). *Protocolo Sobre Responsabilidad e Indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*. Textos Et Anexos.
17. **Real Decreto 208/2005, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.**
18. **Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (RLGPGIR)** (2006). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Última Reforma DOF 31-10-2014.
19. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (1993). Norma Oficial Mexicana NOM-054-SEMARNAT-1993. Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. México.
20. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (1993b). Norma Oficial Mexicana NOM-058-SEMARNAT-1993. Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos. México.
21. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-040-SEMARNAT-2002. Protección ambiental-Fabricación de cemento hidráulico-Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera, y su modificación del 20 de abril de 2004. México.
22. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-098-SEMARNAT-2002. Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes. México.
23. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (2003). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. México.
24. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (2005). Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005. Características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. México.
25. **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT** (2011). NOM-161-SEMARNAT 2011. Criterios para clasificar a los Residuos de Manejo Especial y determinar cuáles están sujetos a Plan de Manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo. México.
26. **Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)** (2008). NOM-001-STPS-2008 Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad. México.
27. **The Swedish Environmental Protection Agency, SEPA** (2011). *Recycling and disposal of electronic waste*.
28. **Swarr T.E., Hunker D., Klöpffer W., Pesonen H., Ciroth A., Brent, A., Pagan R.,** (2011). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Volume 16, Issue 5, pp 389–391.

29. **United Nations Environment Programme (UNEP)** (2007). *E-waste, Volume II: E-waste Management Manual*. Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre Osaka/Shiga.
30. **United Nations Environment Programme (UNEP)** (2012). *Application of the sustainability assessment of technologies methodology: guidance manual*.
31. **United Nations Environment Programme (UNEP-BC)**, (2012). *Technical guidelines on the environmentally sound co-processing of hazardous wastes in cement kilns*.
32. **United Nations Environment Programme (UNEP-BC)** (2015). Directrices técnicas sobre la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en bifenilos policlorados, terfenilos policlorados o bifenilos polibromados, incluido el hexabromobifenilo, que los contengan o estén contaminados con ellos. *Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación 12ª reunión*.
33. **United Nations Environment Programme (UNEP-SC)**, (2008). UNEP- Stockholm Convention. *Guidelines on best available techniques and provisional guidance on best environmental practices relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Section V.A. Waste incinerators*.
34. **United Nations Environment Programme (UNEP-BC-PEACE)** (2013). UNEP-Basel Convention- Partnership for Action on Computing Equipment. *Guideline on environmentally sound material recovery and recycling of End-of -Life computing equipment*.
35. **United Nations Environment Programme (UNEP-SC)**, (2017). UNEP- Stockholm Convention. *Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of wastes containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants*.
36. **Valero, D. A., Gil U. S.** (2011). *Ecología Industrial: cerrando el ciclo de materiales*. Pag.14-15. Prensas Universitarias de Zaragoza.



ANEXOS

ANEXO 1. MARCAS DE SEPARACIÓN VISUAL DE PLÁSTICOS¹

De acuerdo con la ISO 11469, los componentes poliméricos con un peso mayor a 100 gramos deben marcarse según su tipo y su contenido en rellenos, plastificantes y retardantes de flama, esto con el fin de facilitar su identificación, separación y proceso de reciclaje al final de su vida útil. La serie asociada de normas ISO 1043 especifica los símbolos que se deben de usar dependiendo del tipo de plástico:

- ISO 1043 parte 1: componente base del polímero
- ISO 1043 parte 2: rellenos y materiales de refuerzo
- ISO 1043 parte 3: plastificantes
- ISO 1043 parte 4: tipo de retardante de flama

Es por eso que una marca se debe añadir a cada polímero durante su manufactura, dando información sobre su contenido. Un ejemplo, un componente hecho de polipropileno (PP), reforzado al 30% de fibra de vidrio, a la que se le agrego aceite de linaza epoxidado (ELO) como plastificante y fosforo rojo como retardante de llama debería de tener la siguiente marca (*figura 3*).

Ejemplo de marca de un polímero

>PP-GF30-P(ELO)FR(52)<

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| ISO 1043 | ISO 1043 | ISO 1043 | ISO 1043 |
| Parte 1 | Parte 2 | Parte 3 | Parte 4 |

Todos los plásticos que contengan retardante de flama que **excedan el 1% del peso se deben incluir en el código de retardante de flama**. El código de los retardantes de flama más comunes se retoman de la norma ISO 1043 para identificar mediante la marca en las piezas el tipo de retardante de flama utilizado.

¹ Traducido de Haarman, A., & Gasser, M. (2016). Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector. *A study on applicable identification & separation methods. Sustainable Recycling Industries, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology*, ISBN, 978-3. Switzerland.

ANEXO 2. CÓDIGOS DE LA NORMA ISO 1043 PARA LOS RETARDANTES DE FLAMA².

| Tipo | Código | Descripción |
|--|--------|--|
| Compuestos Halogenados | 14* | Compuestos bromados alifáticos / alicíclicos |
| | 15* | Compuestos bromados alifáticos / alicíclicos combinados con compuestos de antimonio |
| | 16* | Compuestos bromados aromáticos (excluyendo éter difenilico bromado y bifenilos) |
| | 17* | Compuestos bromados aromáticos (excluyendo éter difenilico bromado y bifenilos) combinados con compuestos de antimonio |
| | 18* | Éter difenilico poli bromado |
| | 19* | Éter difenilico poli bromado en combinación con compuestos de antimonio |
| | 20* | Bifenilos poli bromados |
| | 21* | Bifenilos poli bromados combinados con compuestos de antimonio |
| | 22* | Compuestos Alifático / alicíclico clorado y bromado |
| | 25 | Compuestos fluorados alifáticos |
| Compuestos de nitrógeno | 30 | Compuestos de nitrógeno (confinado con melanina, cianuro de melanina, urea) |
| Compuestos de fosforo orgánico | 40 | Compuestos de fosforo orgánico libres de halógenos |
| | 41 | Compuestos de fósforo orgánico clorado |
| | 42* | Compuestos de fosforo orgánico bromado |
| Compuestos de fosforo inorgánico | 50 | Orto fosfatos de amonio |
| | 51 | Poli fosfatos de amonio |
| | 52 | Fosforo rojo |
| Óxidos de metal, hidróxidos de metal y sales metálicas | 60 | Hidróxido de aluminio |
| | 61 | Hidróxido de magnesio |
| | 62 | Óxido de antimonio (III) |

* Códigos que indican BFR

■ (14 y 15) Códigos que pueden contener POP-BFR no son comunes en RAEE (HBCD)

■ (18, 19, 20, y 21) Códigos que puede contener RoHS / POP-BFR

² Traducido de Haarman, A., & Gasser, M. (2016). Managing hazardous additives in WEEE plastic from the Indian informal sector. *A study on applicable identification & separation methods. Sustainable Recycling Industries, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology*, ISBN, 978-3. Switzerland.

ANEXO 3. ACRÓNIMOS DE LOS TIPOS DE POLÍMEROS UTILIZADOS EN LOS RAE

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|---|
| FR | Retardante de Llama |
| NHFR | Retardante de Llama sin Halógeno |
| ABA | Poli Acrilonitrilo Butadieno Acrilato |
| ABS | Poli Acrilonitrilo Butadieno Estireno |
| ACM | Poli caucho de Éster de Ácido Acrílico |
| ACS | Termopolímero de Polietileno-Estireno Clorado con Acrilonitrilo |
| AES | Poli (Acrilonitrilo Etileno Estireno) o Poli (Acrilonitrilo Etileno Propileno Estireno) |
| AMMA | Poli Metil Metacrilato de Acrilonitrilo |
| AN | Acrilonitrilo |
| AO | Antioxidante |
| APET | Tereftalato de Polietileno Amorfo |
| ARP | Copoliéster de Poli Ariltereftalato |
| AS | Anti Estático |
| ASA | Poli Estireno Acrilonitrilo Acrílico |
| BDMA | Benzyl Dimethyl Amine (Epoxy Cure Accelerator) |
| BGE | Butil Glycidyl Ether |
| BIIR | Goma de Bromobutilo |
| BMC | Compuesto de Moldeo a Granel |
| BMI | Bismaleimide |
| BOPP | Polipropileno Biaxialmente Orientado (película) |
| BR | Caucho de Polibutadieno |
| BRF | Retardantes de Llama Bromados |
| CA | Acetato de Celulosa |
| CAB | Butirato de Acetato de Celulosa |
| CAP | Propionato de Acetato de Celulosa |
| CF | Cresol Formaldehyde |
| CGE | Cresol Glycidyl Ether |
| CHDM | Ciclohexanodimetanol |

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|---|
| CIIR | Goma de Clorobutilo |
| CM | Caucho de Polietileno Clorado |
| CMC | Carboximetilcelulosa |
| CN | Nitrato de Celulosa |
| CO | Epiclorohidrino de Caucho (homopolímero) |
| CP | Propinato de Celulosa |
| CPE | Polietileno Clorado |
| CPVC | Cloruro de Polvinilo Clorado |
| CR | Caucho Policloropreno |
| CS | Caseína |
| CSM | Goma Depolietileno Clorosulfonado |
| CTFE | Chlorotrifluoroethylene |
| DAP | Ftalato de Dialilo |
| DDS | Diaminodiphenyl Sulfone (agente de curado epoxi) |
| DGEBA | Diglycidyl Ether of Bisphenol A |
| EAA | Copolímero de Etileno / Ácido Acrílico |
| EBAC | Poli Etileno Acrilato de Butilo) |
| EC | Etil Celulosa |
| ECN | Epoxy Cresol Novolac |
| ECO | Caucho de Epiclorhidrina (copolímero de óxido de etileno) |
| ECTFE | Poli Etileno Clorotrifluoroetileno (también conocido como Halar) |
| EEA | Poli Etileno Acrilato de Etilo |
| EMAAA | Termopolímero de Ácido de Etileno |
| EMAC | Poli Etileno Acrilato de Metilo |
| EMCM | Etileno Acrilato de Metilo Ciclohexeno Acrilato de Metilo |
| EP | Epoxy; Epoxide |
| EPDM | Caucho Termopolímero de Etileno Propileno |
| EPM | Copolímero de Etileno Propileno |
| EPN | Epoxy Phenol Novolac |
| EPS | Poliestireno expandido |
| ETFE | Poli Tetrafluoroetileno de Etileno (también conocido como Tefzel) |

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|--|
| ETPU | Poliuretano Termoplástico de Ingeniería |
| EVA | Copolímero de Etileno Vinil Acetato |
| EVAC | Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo |
| EVAL | Poli Etileno-Alcohol Vinílico |
| EVOH | Poli Etileno-Alcohol Vinílico |
| FEP | Propileno Etileno Fluorado |
| FF | Furan Formaldehído |
| FMQ | Fluorosilicona Caucho |
| FPM | Caucho Fluorocarbono |
| FPVC | Cloruro de Polvinilo Flexible |
| FVMQ | Fluorosilicona Caucho |
| FZ | Caucho Depolifosfaceno Fluorado |
| GFR | Fibra de Vidrio Reforzada |
| GPO | Cauchode Óxido de Propileno |
| GPPS | Poliestireno de Uso General |
| HFP | Hexafluoropropileno |
| HIPS | Poliestireno de Alto Impacto |
| HNBR | Caucho de Nitrilo Hidrogenado |
| LCP | Polímero de Cristal Líquido |
| LDPE | Polietileno de Baja Densidad |
| LLDPE | Polietileno Lineal de Baja Densidad |
| LMDPE | Polietileno Lineal de Mediana Densidad |
| MEKP | Próxido de Metil Etil Acetona (agente de curadotermoestable) |
| MF | Melamina-Formaldehído |
| MDF | Disquetes Microfloppy |
| NBR | Caucho de Nitrilo (Caucho de acrilonitrilo-butadieno) |
| NHT | Nylon de Alta Temperatura |
| OB | Abrillantador Óptico |
| OPP | Polipropileno Orientado (película) |
| OPS | Poliestireno Orientado (película) |
| PA | Poliacrilato |

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|---|
| PA | Poliamida (nylon) |
| PAEK | Poliariléter |
| PAEK | Polyaryletherketone |
| PAI | Poliamida-Imida |
| PAMS | Poli (Alfa Metilestireno) |
| PAN | Poliacrilonitrilo |
| PARA | Poliarilamida (poliaramida) |
| PAS | Poliarisulfona |
| PASA | Poliamida, Semiaromática (nylon) |
| PASU | Poliarilsulfona |
| PB | Polibutadieno |
| PB | Polibuteno-1 |
| PBI | Plybenzimidazole |
| PBT | Tereftalato de Polibutileno |
| PC | Policarbonato |
| PCT | Tereftalato de Policiclohexilendimetileno |
| PCTFE | Polychlorortrifluoroethylene (aka Kel-F) |
| PCTG | PCT Modificado con Glicol |
| PCU | Policarbonato de Uretano |
| PDAP | Poli Ftalato de Dialilo |
| PDSM | Polidimetilsiloxano (silicona) |
| PE | Polietileno |
| PEBA | Poliéter Bloque Amida |
| PEEK | Polieteretercetona |
| PEG | Polietilenglicol |
| PEI | Polieterimida (alias Utem) |
| PEK | Polietercetona |
| PEKEKK | Polyetherketoneetherketoneketone |
| PEKK | Polietercetona Cetona |
| PEN | Naftalato de Polietileno |
| PEO | Poli óxido de etileno |

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|--|
| PEOX | Poli óxido de etileno |
| PES | Poliéter sulfonas |
| PESU | Polietersulfona |
| PETG | PET Modificado con CHDM |
| PEX | Polietileno Reticulado |
| PF | Fenol Formaldehído (fenólico) |
| PFA | Perfluoroalkoxy |
| PFPE | Polyperfluoropolyether |
| PI | Polimida |
| PIB | Polisobutileno |
| PIR | Espuma de Poliisocianurato |
| PISU | Polymidesulfone |
| PMMA | Polimetilmetacrilato (también conocido como acrílico, plexiglás) |
| PMP | Polimetilpenteno |
| PNR | Goma Polynorborane |
| PO | Poliolefina |
| POB | Poli P-Oxibenzoato |
| POM | Polioximetileno Acetal |
| PPA | Poliftalamida |
| PPE | Éter Depolifenileno |
| PPF | Fenol-Furfural |
| PPG | Polipropilenglicol |
| PPO | Óxido de Polifenileno (también conocido como Noryl) |
| PPOX | Óxido de Polipropileno |
| PPS | Sulfuro de Polifenileno (también conocido como Techtron, Ryton) |
| PPSU | Pelifenilsulfona |
| PSU | Polisulfona |
| PTFE | Politrafluoroetileno (también conocido como teflón) |
| PTMG | Politetrametileno Glycol |
| PTT | Tereftalato de Politrimetileno |
| PU | Poliuretano |

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|---|
| PUR | Poliuretano |
| PVAC | Aetato de polivinilo |
| PVAL | Alcohol de Polivinilo |
| PVB | Poly Vinyl Butyral |
| PVCA | Poli cloruro de Vinilo-Acetato |
| PVDC | Cloruro de Polivinilideno |
| PVDF | Fluoruro de Polivinilideno |
| PVFM | Poli Vinilo Formal |
| PVK | Polivinilcarbazol |
| PVOH | Alcohol de Polivinilo |
| PVP | Polivinilpirrolidona |
| PZ | Goma de Polifosfaceno |
| RPVC | Cloruro de Polivinilo Rígido |
| RTPU | Poliuretano Termoplástico Rígido |
| SAN | Poli Estireno Acrilonitrilo |
| SB | Coplímero de Estire-Butadieno |
| SBC | Copolímero de Estireno-Butadieno |
| SBS | Poli Estireno Butadieno Estireno |
| SEBS | Elastómero Depoli Estireno-Etileno-Butadieno-Estireno |
| SI | Silicona |
| SIS | Elastómero de Poli Estireno-Isopreno-Estireno |
| SMA | Poli Anhídrido Estireno Maleico |
| SMC | Compuesto para Moldeo de Láminas |
| SMMA | Copolímero de Metilmetacrilato de Estireno |
| SMS | Estireno-a-Metilestireno |
| SPS | Poliestireno Sindiotáctico |
| SPU | Poliuretano Segmentado |
| TAIC | Isocianurato de Trialilo |
| TEEE | Copolímero de Bloque Éster de Éter (elastómero termoplástico) |
| TEEE | Copolímero de Elastómero Termoplástico Elastómero Eter Bloque |
| TEO | Elastómero Termoplástico Olefínico |

| Marca o tatuaje | Significado |
|-----------------|---|
| TES | Elastomero Estirénico Termoplástico |
| TFE | Politetrafluoroetileno (también conocido como PTFE, teflón) |
| TPE | Elastomero Termoplástico |
| TPI | Poliimida Termoplástica |
| TPO | Poliiolefina Termoplástica |
| TPU | Poliuretano Termoplástico |
| TPUR | Poliuretano Termoplástico |
| UF | Urea Formaldehído |
| ULDPE | Polietileno de Ultra Baja Densidad |
| UP | Poliéster No Saturado |
| VCE | Poli Cloruro de Vinilo-Etileno |
| VCMA | Poli Cloruro de Vinilo-Etileno-Acrilato de Metilo |
| VCMA | Poli Cloruro de Vinilo-Acrilato de Metilo |
| VCVAC | Poli Vinyl Chloride-Vinyl Acrylate |
| VCVDC | Poli Cloruro de Vinilo- Cloruro de Vinildeno |
| XLPE | Polietileno Reticulado |

Colección de Buenas Prácticas para procurar el Manejo Integral y Ambientalmente Adecuado (MIAA) de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) en México, que reflejan la experiencia de actores claves de los diferentes sectores involucrados en la gestión y manejo de residuos en el país, así como casos de éxito, guías y lineamientos técnicos existentes a nivel internacional.



residuoscop
manejo ambientalmente adecuado