COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA

Ambiente

GUÍA TÉCNICA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RAEE

Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos

Colombia 2023

SRI SUSTAINABLE RECYCLING INDUSTRIES

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 1 21/12/2023 4:06:42 p. m.

República de Colombia

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República

María Susana Muhamad González
Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Sandra Patricia Vilardy Quiroga
Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

Andrea Corzo Álvarez
Directora de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana

Diego Escobar Ocampo
Coordinador del Grupo de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos y UTO

Equipo técnico Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Diego Escobar Ocampo
Ángel Eduardo Camacho Lozano

Equipo técnico Proyecto Sustainable Recycling Industries
Heinz Böni
Carlos Alberto Hernández Santana
Olga Colombia Ortiz Ortiz

Diseño y diagramación
Azur de Naturaleza Creativa S.A.S.
María Antonia Álzate

Corrección de estilo
Juliana Botero Mejía

Entidades de apoyo
Embajada de Suiza en Colombia - Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 1 21/12/2023 4:06:42 p. m.

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia, 2023

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

No comercializable - Distribución gratuita

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, autor.

Guía técnica para la gestión integral de los RAEE 2023/ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Diego Escobar Ocampo, Ángel Eduardo Camacho Lozano, Heinz Böni, Carlos Alberto Hernández Santana, Olga Colombia Ortiz Ortiz. -- Primera edición. -- Bogotá D.C., Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023.

159 páginas: ilustraciones, figuras, fotografías, cuadros y tablas.

Incluye lista de siglas y acrónimos, Incluye glosario, Incluye bibliografía páginas 149-158.

ISBN: 978-628-7598-20-1 (digital)
ISBN: 978-628-7598-19-5 (impreso)

Tesauro Ambiental para Colombia 1. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos 2. Impacto ambiental 3. Gestión integral de residuos 4. Sustancias peligrosas 5. Legislación I. Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Grupo de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos y UTO II. Proyecto Sustainable Recycling Industries, autor III. Embajada de Suiza en Colombia - Cooperación Económica y Desarrollo (SECO), colaborador IV. Ocampo, Diego Escobar, autor V. Camacho Lozano, Ángel Eduardo, autor VI. Böni, Heinz, autor VII. Hernández Santana, Carlos Alberto, autor VIII. Ortiz Ortiz, Olga Colombia, autor.

CDD: 363.7288 CO_BoCDM
Catalogación en la publicación – Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - Grupo de Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental - Biblioteca.

Citación sugerida:

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Escobar Ocampo, D., Camacho Lozano, A.E., Böni, H. Hernández Santana, C.A. y Ortiz Ortiz, O.C. (2023) Guía técnica para la gestión integral de los RAEE 2023.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 2 21/12/2023 4:06:42 p. m.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS 7
GLOSARIO 9
INTRODUCCIÓN 13

Capítulo 1. CONTEXTO 15
¿Qué son los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)? 16
Figura 1. ¿Qué son los AEE? 17
Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) 18
¿Qué contienen los RAEE? 18
Figura 2. Composición de los RAEE 19
RAEE e impactos en la salud y en el ambiente 20
Figura 3. Impactos negativos por la gestión inadecuada de los RAEE 21
Gestión integral de los RAEE 22
Figura 4. Comportamientos empleados por el usuario colombiano para descartar sus RAEE 23
Clasificación de los AEE-RAEE 24
En el contexto internacional 24
Figura 5. Clasificaciones europeas de los AEE/RAEE 25
Categorías de los RAEE en Colombia 26
Figura 6. Clasificación de los AEE y sus residuos 27
Generación de RAEE 28
¿Cuánto se genera en el mundo? 28
Figura 7. Cifras de generación global de los RAEE (2014-2030) 28
Figura 8. Cifras de generación de los RAEE en Latinoamérica (2019) 29
Generación de RAEE en Colombia 29
¿Quiéres saber más? Causas de aumento en la generación de RAEE 30

Capítulo 2. GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RAEE 31
Ciclo de vida de los AEE 32
Figura 9. Ciclo de Vida de los AEE 33
¿Quiéres saber más? El rol de los usuarios 34
Figura 10. Jerarquización de las acciones para la gestión de los RAEE 35
Pilares de la gestión integral de los RAEE 36
Figura 11. Pilares de la gestión integral de los RAEE 36
Política nacional para la gestión integral de los RAEE 39
Figura 12. Plan de acción de la Política nacional de gestión integral de los RAEE en Colombia 40

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 3 21/12/2023 4:06:42 p. m.

TABLA DE CONTENIDO

¿Quiéres saber más? La gestión integral de los RAEE y la economía circular 41

Figura 13. Economía circular y ciclos internos en la cadena de valor de los AEE-RAEE 42

¿Quieres saber más? La política RAEE y los ODS 43

Figura 14. Metas para el cumplimiento de los ODS relacionados con la gestión integral de los RAEE 44

Marco legal y desarrollo normativo para la gestión integral 45

Figura 15. Lineamientos generales para el desarrollo del marco legal y normativo de los RAEE 45

Figura 16. Desarrollo normativo y de política pública para la gestión integral de los RAEE 46

¿Quieres saber más? La responsabilidad extendida del productor en Colombia 47

Actores involucrados en la gestión integral de los RAEE 48

Figura 17. Obligaciones de los actores involucrados en el sistema de recolección y de gestión de RAEE 49

Sistemas de Recolección y gestión de RAEE 49

Figura 18. Flujograma de pasos y decisiones para la implementación de un SRyG de RAEE 51

Logística de Recolección de RAEE 52

Puntos fijos de recolección 52

Centros de acopio 52

Jornadas o campañas de recolección 53

Otros mecanismos de recolección 53

¿Cómo ubicar los puntos de recolección? 53

Capítulo 3. LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE LOS RAEE 54

Lineamientos generales para el manejo de RAEE 55

Requerimientos legales 55

Lineamientos administrativos y organizacionales 56

Tabla 1.Modelo de matriz legal 56

Figura 19. Componentes de un sistema de gestión 57

Identificación de riesgos e impactos 57

Caracterización de grupos de interés 57

Documentación de los procesos 57

Figura 20. Ejemplos de documentos o registros para el manejo de los RAEE 58

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 4 21/12/2023 4:06:42 p. m.

TABLA DE CONTENIDO

Formación 59
Disponibilidad de recursos 59
Evaluación del sistema 59
Mejora continua 59
Tabla 2. Ejemplos de indicadores en un sistema de gestión 59
Lineamientos técnicos 60
Tabla 3. Estándares para la gestión de los RAEE 61
Tabla 4. Actividades y subactividades para el manejo de los RAEE 62
Actividades para el manejo de RAEE 63
Recolección y acopio 63
Transporte 63
Almacenamiento 64
Preparación para la reutilización 64
Tratamiento y aprovechamiento 65
Disposición final 65
Figura 21. Actividades para el Manejo de los RAEE 66
Fichas técnicas de las actividades para el manejo de los RAEE 67
1. Lineamientos generales para la gestión de los RAEE - Administrativos y organizacionales 68
2. Recolección 73
3. Acopio 75
4. Transporte 77
5. Almacenamiento 79
6. Preparación para la reutilización 82
7. Tratamiento y aprovechamiento 86
8. Disposición final 90

Capítulo 4. FICHAS TÉCNICAS PARA EL MANEJO DE LOS COMPONENTES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS PRESENTES EN LOS RAEE 91
Tratamiento de los RAEE 92
Figura 22. Tratamiento de los RAEE 92
Desensamble y descontaminación de los RAEE 93
Figura 23. Componentes, fracciones o sustancias del desensamble de los RAEE 94
Aprovechamiento y recuperación de los RAEE 94
Figura 24. Aspectos de evaluación de las tecnologías disponibles 95

TABLA DE CONTENIDO

Fichas técnicas para el manejo de sustancias y componentes con características de peligrosidad 96

Tabla 5. Componentes o sustancias con características de peligrosidad 97

1. 1. Aparatos con fluidos dieléctricos que contengan bifenilos policlorados (PCB)..... 100

2. Cartuchos de tóner y de tinta para impresión láser o injekt ...103

3. Componentes que contengan asbesto 105

4. Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias ...107

5. Componentes que contengan sustancias radiactivas 109

6. Aparatos con lámparas fluorescentes, interruptores y relés de mercurio.....111

7. Pantallas de cristal líquido 114

8. Pilas y acumuladores 117

9. Plásticos que contengan sustancias con retardantes de llama bromados 121

10. Refrigerantes con CFC, HCFC, HFC y HC 124

11. Tarjetas de circuito impreso 127

12. Tubos de rayos catódicos 130

ANEXOS 133

Anexo 1 Metodología para la identificación y clasificación de los AEE y sus residuos (RAEE) en Colombia.....134

Figura 25. Metodología de identificación, clasificación, y categorización de los AEE y sus residuos en Colombia 134

Figura 26. Clasificación de los AEE según su uso o procedencia como residuos .136

Tabla 6. Categorías y subcategorías de los AEE y sus residuos.....137

Anexo 2 Estimación de la generación de RAEE en Colombia.....139

Figura 27. Vida útil de un producto..... 141

Tabla 7. Parámetros de la distribución de Weibull.....142

Figura 28. Generación de RAEE (consumo masivo) 2016-2026..... 144

Anexo 3 Listado de actores en la gestión integral de RAEE.....145

Tabla 8. Listado de actores en la gestión integral de RAEE.....145

Anexo 4 Documentos de referencia para el desensamble de RAEE.....147

Tabla 9. Documentos de referencia para el desensamble de RAEE.....147

Anexo 5 Marco normativo para la gestión de RAEE en Colombia.....148

Tabla 10. Marco normativo para la gestión de RAEE en Colombia.....148

REFERENCIAS 149

REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS..... 157

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 6 21/12/2023 4:06:43 p. m.

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AEE. Aparatos eléctricos y electrónicos

ANLA. Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

BFR. Brominated Flame Retardants (en español, retardantes de llama bromados)

CD. Compact Disc (en español, disco compacto)

CFC. Clorofluorocarbonos

COVID-19. Coronavirus disease 2019 (acrónimo del inglés)

DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística

DIAN. Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales

DNP. Departamento Nacional de Planeación

DUR. Decreto Único Reglamentario

Empa. Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology

EPEAT. Electronic Product Environmental Assessment Tool (en español, herramienta de evaluación medioambiental de productos electrónicos)

GEI. Gases de efecto invernadero

HCFC. Hidroclorofluorocarbonos

HFC. Hidrofluorocarbonos

ISWA. International Solid Waste Association (en español, Asociación Internacional de Residuos Sólidos)

ITU. International Telecommunication Union (en español, Unión Internacional de Telecomunicaciones)

LED. Light-Emitting Diode (en español, diodos emisores de luz)

MAVDT. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Minambiente. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Minvivienda. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

ODS. Objetivos de Desarrollo Sostenible

OIT. Organización Internacional del Trabajo

ORP. Organización de Responsabilidad del Productor

PCB. Bifenilos policlorados

PGM. Metales de grupo del platino

PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RAEE. Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos

REP. Responsabilidad extendida del productor

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 7 21/12/2023 4:06:43 p. m.

RESPEL. Residuos peligrosos

SAO. Sustancias agotadoras de la capa de ozono

StEP. Solving the E-waste Problem

SRI. Sustainable Recycling Industries

SRyG. Sistemas de recolección y gestión

SST. Salud y seguridad en el trabajo

TCI. Tarjetas de circuito impreso

TIC. Tecnologías de la información y las comunicaciones

TRC. Tubos de rayos catódicos

UE. Unión Europea

UNU. Universidad de las Naciones Unidas

WEEE. Waste Electrical and Electronic Equipment (en español, RAEE)

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 8 21/12/2023 4:06:43 p. m.

GLOSARIO

AEE de consumo masivo. Son aquellos AEE utilizados en hogares, en establecimientos comerciales, institucionales o de otro tipo que, por su naturaleza, cantidad y distribución en el mercado, son de flujo similar al de los hogares (Resolución 851 de 2022) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [Minambiente], 2022b).

AEE de uso industrial o profesional. Son aquellos AEE que, por exclusión, no son definidos como AEE de consumo masivo (Resolución 851 de 2022) (Minambiente, 2022b).

Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE). Son todos los aparatos que, para funcionar, necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes (Minambiente, 2017a).

AEE de uso propio. Son aquellos AEE importados o fabricados por el consumidor o usuario final para su uso exclusivo y sin fines de comercialización (Resolución 076 de 2019) (Minambiente, 2019a).

Aprovechamiento de RAEE. Comprende las operaciones mediante las cuales las sustancias, mezclas o componentes del RAEE son transformados de nuevo en productos o materiales a través de procesos de reciclaje o recuperación de recursos en el contexto de la economía en general (Resolución 851 de 2022) (Minambiente, 2022b).

Contaminantes orgánicos persistentes (COP). Son productos químicos que actúan como poderosos plaguicidas y sirven para varios fines industriales. Algunos de estos COP también se emiten como subproductos de la combustión y de algunos procesos industriales. En conclusión, son contaminantes orgánicos persistentes que tienen cuatro (4) características principales en común: tóxicos, persistentes, viajan largas distancias y se bioacumulan (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial [MAVDT], 2006).

Desensamble. Se refiere al proceso de separar los principales componentes o partes de componentes que conforman los RAEE (desensamble parcial) o el desensamble de los mismos en todos sus componentes y materiales (desensamble completo) (MAVDT, 2009a).

Disposición final de los RAEE. Es el proceso de aislar y confinar los RAEE, en particular los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación y los daños o riesgos asociados a la salud humana y al ambiente (Minambiente, 2019b).

Economía circular. Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de los materiales, el agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales a través la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2019).

Equipos en desuso. Son aquellos equipos que, habiendo sido utilizados, en la actualidad no están conectados a ninguna red eléctrica y/o no están en funcionamiento (pueden estar en mantenimiento o

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 9 21/12/2023 4:06:43 p. m.

almacenados), pero se tiene prevista su utilización futura (Resolución 0222 de 2011) (Minambiente, 2011).

Externalidad. Falla del mercado que genera costos o ganancias no intencionales como resultado de una actividad o transacción (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2019).

Gestión integral. Conjunto articulado e interrelacionado de acciones políticas, normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de evaluación, seguimiento y monitoreo desde la prevención de la generación hasta la disposición final de los residuosdeaparatoseléctricosyelectrónicos, a fin de lograr beneficios ambientales, la optimización económica de su manejo y su aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias de cada localidad o región (Minambiente, 2017a).

Gestor de RAEE. Persona natural o jurídica que presta en forma total o parcial los servicios de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), dentro del marco de la gestión integral y cumpliendo con los requerimientos de la normatividad vigente (Ley 1672 de 2013) (Congreso de Colombia, 2013).

Huella de carbono. Según la Plataforma de Financiamiento para América Latina, la huella de carbono es un indicador que busca cuantificar la cantidad de emisiones de gases efecto invernadero (directas e indirectas), medidas en emisiones de CO2 equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades humanas (Minambiente, s.f.).

Manejo. Es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho sólido. Comprende las actividades de separación en la fuente, presentación, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o eliminación de los residuos o desechos sólidos (MAVDT, 2009a).

Mecanismo de recolección. Medio que puede emplearse para la devolución de los RAEE para su posterior traslado a los centros de acopio, almacenamiento, reacondicionamiento, tratamiento, aprovechamiento, valorización y/o disposición final (Resolución 1512 de 2010) (MAVDT, 2010c).

Minería urbana. Nombre asignado a la valoración de materias primas presentes en los RAEE que, al reciclarlas, permitiría transformar la extracción tradicional de materias primas, reduciendo el impacto en el entorno, el consumo de energía y las emisiones de gases efecto invernadero (Clerc et al., 2021).

Periféricos. Conjunto de dispositivos hardware de una computadora que potencia la capacidad de esta y permite la entrada y/o salida de datos. Ejemplos: teclado, ratón, impresora, escáner, entre otros (MAVDT, 2009a).

Preparación para la reutilización. Comprende las operaciones de reparación, reacondicionamiento o remanufactura, mediante las cuales los AEE o sus componentes que se hayan descartado o convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa (Resolución 851 de 2022) (Minambiente, 2022b).

Productor de AEE. Cualquier persona natural o jurídica que, con independencia

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 10 21/12/2023 4:06:43 p. m.

de la técnica de venta utilizada, incluidas la venta a distancia o la electrónica: 1) fabrique aparatos eléctricos y electrónicos; 2) importe o introduzca aparatos eléctricos y electrónicos; 3) arme o ensamble equipos sobre la base de componentes de múltiples productores; 4) introduzca al territorio nacional aparatos eléctricos y electrónicos; 5) remanufacture aparatos eléctricos y electrónicos con su propia marca o remanufacture marcas de terceros no vinculados con él, en cuyo caso estampa su marca, siempre que se realice con ánimo de lucro o ejercicio de actividad comercial (Minambiente, 2017a).

Punto fijo de recolección. Sitio permanente destinado para la devolución de los RAEE de consumo masivo por parte del consumidor o usuario final en el marco exclusivo de la operación de los sistemas de recolección y gestión de RAEE, el cuál puede o no situar recipientes o contenedores para tal fin. Estos deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos en la presente resolución (Resolución 851 de 2022) (Minambiente, 2022b).

Reacondicionamiento. Procedimiento técnico de renovación, en el que se restablecen las condiciones funcionales y estéticas de un AEE para usar en un nuevo ciclo de vida. Puede implicar además reparación, en caso que el equipo tenga algún daño (Minambiente, 2017a).

Reciclaje. Son los procesos mediante los cuales se aprovechan y transforman los residuos recuperados y se devuelven a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje consta de una o varias actividades: tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, acopio, reutilización, transformación y comercialización (Minambiente, 2017a).

Recuperación. Es la acción que permite retirar de los residuos aquellos materiales que pueden someterse a un nuevo proceso de aprovechamiento, para convertirlos en materia prima útil en la fabricación de nuevos productos (Minambiente, 2017a).

Remanufactura. Comprende cualquier acción necesaria para construir productos con calidad de nuevos, utilizando componentes tomados de AEE previamente usados, así como nuevos componentes, si es el caso. El producto resultante cumple con la funcionalidad y especificaciones de confiabilidad originales del fabricante (Minambiente, 2017a).

Reparación. Implica una acción, incluyendo el reemplazo de componentes defectuosos, para corregir una falla específica de un aparato eléctrico y electrónico usado o un RAEE de tal forma que el equipo quede totalmente funcional para usar en su propósito original (Minambiente, 2017a).

Residuo. Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo nuevamente en la actividad que lo generó o porque la legislación o la normatividad vigente así lo estipula (Decreto 1076 de 2015) (Minambiente, 2015).

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Son los aparatos eléctricos o electrónicos en el momento en que se desechan o descartan. Este término comprende todos aquellos componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte del producto cuando se descarta, salvo que individualmente sean considerados peligrosos, caso en el cual recibirán el

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 11 21/12/2023 4:06:43 p. m.

tratamiento previsto para tales residuos (Minambiente, 2017a).

Residuo sólido ordinario. Es todo residuo sólido de características no peligrosas que, por su naturaleza, composición, tamaño, volumen y peso es recolectado, manejado, tratado o dispuesto normalmente por la persona prestadora del servicio público de aseo. El precio del servicio de recolección, transporte y disposición final de estos residuos se fija de acuerdo con la metodología adoptada por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Los residuos provenientes de las actividades de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, corte de césped, poda de árboles ubicados en vías y áreas públicas serán considerados como residuos ordinarios para efectos tarifarios (Decreto 2981 de 2013) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2013).

Responsabilidad extendida del productor (REP). Es el deber que tiene el productor de AEE, a lo largo de las diferentes etapas del ciclo de vida del producto (Ley 1672 de 2013) (Congreso de Colombia, 2013).

Retoma. Es recibir equipos electrónicos en desuso, con el fin de trasladarlos hacia los puntos de reacondicionamiento, desensamble, reciclaje o disposición final (MAVDT, 2009a).

Reutilización. Es la prolongación y adecuación de la vida útil de los residuos recuperados y que mediante tratamientos devuelven a los materiales su posibilidad de utilización en su función original o en alguna relacionada, sin que para ello requieran procesos adicionales de transformación (Título 8, Capítulo 13, Sección 1, Art. 2.2.5.13.1.2. Decreto 1076 de 2015) (Minambiente, 2015).

Tasa de reciclaje. La tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos generados es la razón existente entre los residuos que son tratados y/o manejados para ser reintroducidos a los procesos de producción, sobre la oferta total de residuos sólidos dada en el periodo definido, que para este indicador es anual (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2018).

Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios; que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, video e imágenes (Ley 1341 de 2009) (Congreso de Colombia, 2009).

Tratamiento de RAEE. Es la operación mediante la cual, a través de procesos mecánicos, físicos, químicos o térmicos, se modifican las características del RAEE, previo a ser sometido a otros procesos de manejo, tales como el aprovechamiento o la disposición final (Resolución 851 de 2022) (Minambiente, 2022b).

Usuario o consumidor. Toda persona natural o jurídica que contrate la adquisición, utilización o disfrute de un bien o la prestación de un servicio determinado (Ley 1672 de 2013) (Congreso de Colombia, 2013).

Vida útil. Tiempo de funcionamiento de materiales y productos determinado por la asignación de valor por parte de sus usuarios. Cuando los materiales son reusados o reciclados, su vida útil se extiende (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2019).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 12 21/12/2023 4:06:43 p. m.

INTRODUCCIÓN

Los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) se han convertido en parte esencial de nuestra vida, por las ventajas que ofrecen para la realización de tareas diarias y por otros múltiples beneficios que significa su uso. Sin embargo, a pesar de los numerosos servicios que ofrecen a la sociedad, se han convertido en un desafío relevante debido a las implicaciones que presentan su manejo, al ser descartados por los usuarios y considerados residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Su composición y contenido de sustancias peligrosas representan un riesgo potencial para el ambiente y la salud humana, como también en una oportunidad ambiental, social y económica si se logra el objetivo de aprovechar de manera responsable los metales, materiales y componentes que constituyen estos aparatos.

Los grandes retos y oportunidades que ofrecen la gestión de los RAEE están especialmente direccionados por dos condiciones que los diferencian, en general, de otras corrientes de residuos. En primer lugar, se ha evidenciado que los RAEE son la corriente que presenta un mayor crecimiento en su generación, estimándose que, en 2019, los RAEE generados en el mundo alcanzaron un total de 53,6 millones de toneladas (Mt) y se prevé que, en solo siete años, en 2030 llegarán a generarse más de 74 Mt (Forti et al., 2020). En segundo lugar, los RAEE son una corriente de residuos que requieren de un manejo diferenciado, porque cuentan con componentes y materiales valiosos que son susceptibles de ser aprovechados y reintegrados en el ciclo de vida productivo, no obstante, también contienen sustancias peligrosas para el ambiente, cuyo manejo inadecuado puede ocasionar la liberación de estas sustancias al ambiente, la emisión de gases de efecto invernadero, así como ocasionar diferentes impactos para la salud de las personas.

Es por ello que, conscientes de esta problemática, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el proyecto Sustainable Recycling Industries (SRI) han elaborado esta *Guía técnica para la gestión integral de los RAEE en Colombia* con el objetivo de proporcionar orientación y herramientas prácticas para todos los actores involucrados en el ciclo de vida de los AEE, describiendo temas considerados clave, como la definición de qué es un RAEE, su clasificación, los requisitos para la logística y recolección de los RAEE, el transporte, al igual que las opciones de tratamiento, reutilización y reciclaje disponibles en el país. Todo lo anterior, con

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 13 21/12/2023 4:06:43 p. m.

base en la Política Nacional para la Gestión Integral de RAEE, la normativa ambiental vigente en Colombia, así como en las mejores prácticas nacionales e internacionales en materia de gestión de RAEE.

Por lo anterior, esta guía está dirigida a fabricantes, importadores, distribuidores, usuarios finales, gestores, autoridades ambientales y cualquier persona interesada en contribuir a la sostenibilidad y preservación del entorno natural en Colombia. Su implementación ayudará a fortalecer el marco legal y normativo existente, así como a fomentar la economía circular y la gestión sostenible de los RAEE en el país.

De esta manera, esperamos que esta guía sea de utilidad para todos los actores involucrados, brindando una referencia clara y práctica para la correcta gestión de los RAEE en Colombia. Entre todos, podemos seguir impulsando un cambio positivo hacia un futuro más sostenible y responsable con nuestro entorno.

Diego Escobar Ocampo
Coordinador del Grupo de Sustancias Químicas, Residuos Peligrosos y UTO

Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 14 21/12/2023 4:06:44 p. m.



1 CONTEXTO

1 CONTEXTO

¿Qué son los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE)?



Fotografía: Freepik.

En las últimas décadas, la humanidad ha experimentado cambios abruptos en los patrones de producción y consumo, impulsados, entre otros factores, por el desarrollo técnico-científico y la introducción de aparatos eléctricos y electrónicos que facilitan las actividades de la vida diaria.

Además, con el auge de la informática y la internet, se ha incrementado la comercialización de aparatos relacionados con el concepto del Internet de las cosas (IoT), como sensores, dispositivos y computadores usados para que, ahora, nuestros objetos personales, hogares y ciudades sean inteligentes.

En consecuencia, actualmente se evidencia una dependencia mayor del uso de la tecnología y de los beneficios que proporcionan los aparatos eléctricos y electrónicos, lo que ha llevado a un alto consumo de estos aparatos, en especial, de aquellos usados cotidianamente como los teléfonos móviles celulares, los computadores portátiles, los televisores, los aparatos de audio, los hornos microondas, entre otros.

AEE

Aunque puede parecer sencillo identificar cuáles son los aparatos eléctricos o electrónicos (AEE), en ocasiones pueden surgir inquietudes que dificultan esta tarea a los usuarios y personas interesadas, debido a la naturaleza y a las características que presentan.



Fotografía: Freepik.

En primer lugar, es necesario comprender que los AEE son todos aquellos aparatos que, para poder funcionar, requieren de corrientes eléctricas o de campos electromagnéticos. La corriente eléctrica puede ser obtenida directamente de la red de energía eléctrica domiciliaria o por medio de pilas o acumuladores, o de sistemas de conversión de energía (como las celdas fotovoltaicas, las plantas de generación eléctrica a partir de combustibles fósiles o biomasa, etc.).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 16 21/12/2023 4:06:44 p. m.

En segundo lugar, los AEE incluyen los aparatos que son necesarios para generar, transmitir (conductores, radios, equipos de conectividad a la Internet) y medir tales corrientes o campos (voltímetros, amperímetros, etc.).

Muchos de estos aparatos eléctricos o electrónicos son de consumo masivo y se utilizan principalmente en los hogares, establecimientos comerciales u oficinas, como los electrodomésticos o los aparatos de telecomunicaciones. Otros, son de uso exclusivo en la industria o requieren de profesionales para su instalación, operación o desmontaje, por ejemplo, la maquinaria eléctrica, los aparatos electromédicos o los equipos de instrumentación, control y protección.

Como puede observarse, los AEE son muy complejos y diversos, pues comprenden desde dispositivos electrónicos diminutos, hasta grandes aparatos, como los transformadores de las subestaciones eléctricas o los motores de las instalaciones industriales. La Figura 1 indica las características principales que tienen los AEE para facilitar su identificación.

Figura 1. ¿Qué son los AEE?

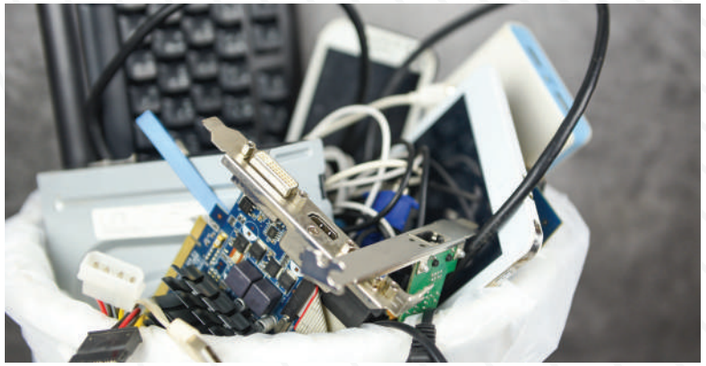


Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 17 21/12/2023 4:06:45 p. m.

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)

Aunque a lo largo de los años han surgido varias definiciones para entender qué es un RAEE, este término generalmente se utiliza para cubrir todos los AEE y sus partes que han sido descartados como residuo por su propietario (bien sea por daño, obsolescencia u otra razón), sin que haya la intención de reutilizarlos (StEP Initiative, 2014).



Fotografía: Freepik.

La Ley 1672 de 2013 de Colombia define a los RAEE como aquellos aparatos eléctricos o electrónicos que son desechados o descartados por sus propietarios, junto con los componentes, subconjuntos o accesorios que forman parte del aparato al momento de ser descartado (por ejemplo, cables de poder o de datos, cartuchos de tinta o tóners). Esta Ley también indica que los RAEE requieren un manejo diferenciado, es decir, que no deben ser gestionados como un residuo sólido ordinario, porque, además de contener materiales valorizables, también pueden contener sustancias con características de peligrosidad.

No obstante, conviene subrayar que solo algunos RAEE se consideran residuos peligrosos debido a las sustancias contenidas en ellos y, por consiguiente, deben ser gestionados de acuerdo con lo que las normas nacionales dictan para ese tipo de residuo. Ejemplo de esto son las lámparas fluorescentes que contienen mercurio. De otra parte, la partida A1180 del Convenio de Basilea, del cual el país es Estado parte, señala como residuos peligrosos a los montajes eléctricos y electrónicos que contengan componentes como acumuladores y otras baterías incluidas en la lista A, interruptores de mercurio, vidrios de tubos de rayos catódicos y condensadores con PCB.



Fotografía: Freepik.

¿Qué contienen los RAEE?



La complejidad en el manejo de los RAEE radica en su doble condición. Estos son una fuente para la recuperación de materiales valorizables, pero también contienen sustancias que presentan riesgos para la salud y el ambiente. Dentro de los RAEE se encuentran materiales con valor económico, que pueden ser reciclados para ingresar nuevamente al proceso productivo como materia prima. De acuerdo con Adeola (2017), entre los materiales aprovechables se encuentran los metales ferrosos (hierro y acero), que representan aproximadamente el 50% de la composición de los aparatos y los metales no ferrosos (aluminio y cobre), que representan el 13%. En los RAEE también se encuentran otros materiales como plásticos o vidrio y, en una menor proporción, metales preciosos como el paladio, la plata, el platino y el oro.

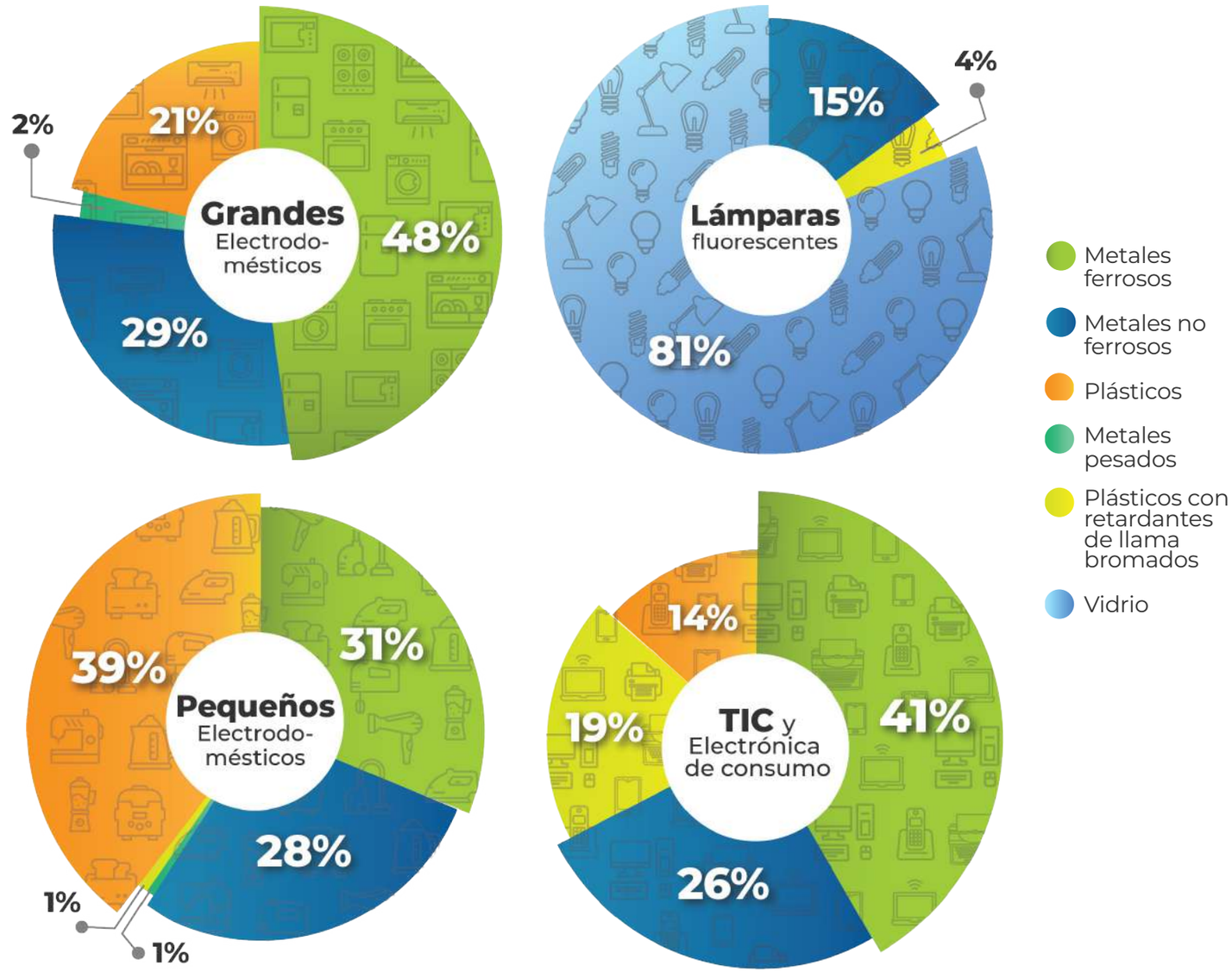
Asimismo, como se mencionó en el numeral anterior, algunos RAEE también tienen componentes con sustancias peligrosas que, si bien pueden ser tratados

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 18 21/12/2023 4:06:46 p. m.

para aprovechar los elementos contenidos en ellos, deben seguir rigurosamente los lineamientos técnicos establecidos. Este puede ser el caso de la recuperación de los elementos de las tierras raras (como el europio, el disprosio, el neodimio y el itrio), o la recuperación del litio o el cobalto, contenidos en componentes como la batería de un computador o de un teléfono celular, y cuya mala manipulación conlleva a riesgos de incendio o de explosión. Algunos otros ejemplos, de partes o componentes de RAEE con sustancias peligrosas, son las pantallas de tubos de rayos catódicos que contienen plomo y bario; las espumas de aislamiento de los equipos de refrigeración con contenido de sustancias agotadoras de la capa de ozono como los CFC, HCFC o los HFC; o algunas partes plásticas que pueden contener retardantes de llama bromados; entre otros.[1] En menor porcentaje, pueden encontrarse componentes que contengan metales pesados (cadmio, mercurio, plomo). La composición de los materiales contenidos en los RAEE depende, en general, de la categoría a la cual pertenece y del tipo o función que prestaba, como se puede ver en la Figura 2.

1 La información se puede ampliar en la Tabla 4 de la Política Nacional de RAEE en el siguiente enlace

Figura 2. Composición de los RAEE



Fuente: adaptado de Müller y Widmer (2010); Haig et al. (2012); Corporación EcoCómputo (2020).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 19 21/12/2023 4:06:46 p. m.

Cabe mencionar también, que los RAEE contienen materias primas críticas, llamadas así por su importancia económica y el riesgo en el suministro. De acuerdo con la Comisión Europea (2020), la importancia económica se refiere a su uso intensivo en sectores industriales como el de las TIC o las energías renovables, mientras que el riesgo en el suministro estudia aspectos como la concentración de la producción mundial en unos pocos países, las tasas de reciclaje actuales (materias primas secundarias), la sustitución, la dependencia con respecto a las importaciones y las restricciones del comercio en terceros países. La crisis provocada por la pandemia del COVID-19 ha revelado la rapidez y la profundidad con la que pueden interrumpirse las cadenas mundiales de suministros. En 2020, la Unión Europea incorporó 30 materiales en la lista de materias primas fundamentales para esta región del mundo. La importancia económica y el riesgo en el suministro son los dos parámetros principales utilizados para determinar tal criticidad. De estos materiales fundamentales, varios se encuentran utilizados en los AEE, entre los cuales se destacan: el litio y el cobalto, usados en las baterías de los vehículos eléctricos y en el almacenamiento de energía; las tierras raras (el disprosio, el



Fotografía: Empa.

neodimio, el praseodimio y el samario) que conforman los imanes permanentes para vehículos eléctricos, tecnologías digitales o generadores eólicos; el indio, usado en pantallas planas y células fotovoltaicas; o el tantalio, con el cual se fabrican condensadores para dispositivos electrónicos (Comisión Europea, 2020).

RAEE e impactos en la salud y en el ambiente

Aunque muchos RAEE no revisten carácter de peligrosidad por sí mismos, la manipulación, transporte o desensamble incorrecto puede conducir a la liberación de sustancias que afectan la salud y el ambiente. Por ejemplo, las pantallas planas con iluminación originada por tubos fluorescentes, si son mal manipuladas, pueden romperse



Fotografía: Minambiente.

y liberar el mercurio contenido en estos tubos. Por esta razón, es necesario que su tratamiento se haga de forma especializada y siguiendo lineamientos técnicos, es decir, por empresas que estén debidamente autorizadas y cuenten con licencia ambiental para la gestión de RAEE. La disposición final incorrecta, la recuperación inadecuada de materiales y el reciclaje no especializado de los RAEE son las vías principales que conducen a la contaminación del ambiente y a la afectación de la salud humana. Tales impactos se pueden originar por: 1) los constituyentes originales de los equipos, 2) las sustancias que pueden añadirse durante algunos procesos de recuperación y 3) las sustancias no intencionales que pueden formarse durante estos procesos (Lundgren, 2012 citado en Minambiente, 2017a).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 20 21/12/2023 4:06:46 p. m.

Los impactos negativos en la salud son diversos y depende del tipo de contaminante. Por ejemplo, el mercurio es una sustancia bioacumulable y biomagnificable, que se encuentra presente en las lámparas fluorescentes o en los sistemas de iluminación de algunos televisores, por lo tanto, si se desechan sin ningún control y no se gestionan correctamente, el mercurio puede ser liberado al ambiente de forma deliberada o imprevista. Una vez que el mercurio se encuentre en el ambiente, puede llegar a contaminar las fuentes de agua, el suelo y, finalmente, a los seres vivos. En los seres humanos puede afectar el sistema nervioso central, la tiroides, los riñones, los pulmones, el sistema inmune, etc. (Baldé et al., 2018). En la Figura 3 se relacionan los diferentes impactos negativos en la salud y el ambiente ocasionados por algunas de las sustancias presentes en los RAEE.



Fotografía: Empa.

Figura 3. Impactos negativos por la gestión inadecuada de los RAEE



Fotografías: Empa.

Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 21 21/12/2023 4:06:47 p. m.

Gestión integral de los RAEE



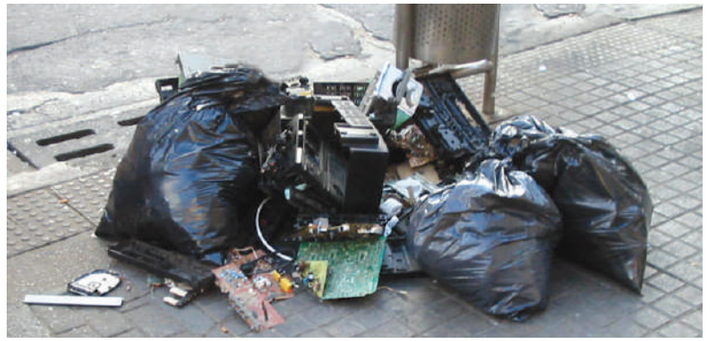
Fotografía: Área Metropolitana de Bucaramanga.

La gestión integral de los RAEE implica, entre otros factores, contar con instrumentos normativos, administrativos, técnicos y económicos que conduzcan a la sostenibilidad y control de los riesgos potenciales para la salud o el ambiente en todas las etapas de la gestión. Colombia ha logrado grandes avances en esta materia y, actualmente, cuenta con una política pública, un marco normativo establecido y, además, con una infraestructura de reciclaje formal para hacer una gestión ambientalmente adecuada de los RAEE. No obstante, aún hay un gran camino por recorrer en la educación y sensibilización de los consumidores de AEE (de uso doméstico o industrial), pues no siempre utilizan los mecanismos existentes para descartar adecuadamente los aparatos y, en ocasiones, recurren a otros medios que van en detrimento de la salud y el ambiente. En la Figura 4 se describen los comportamientos principales empleados por los colombianos para descartar sus RAEE.

1 El primer comportamiento es el ideal, ya que cumple con los lineamientos técnicos y operativos para el manejo y aprovechamiento de los RAEE en las diferentes actividades para su manejo (recolección, acopio, transporte, almacenamiento, reutilización, tratamiento, reciclaje y disposición final). De esta manera, se evita la liberación al ambiente de sustancias peligrosas y se controla la exposición directa e indirecta de quienes manipulan estos residuos.

En este comportamiento, el usuario tiene dos opciones para entregar sus residuos: a través de los sistemas de recolección y gestión (SRyG) de RAEE aprobados por la autoridad ambiental competente o a través de empresas que cuenten con licencia ambiental para la gestión de RAEE en aquellos lugares donde aún no hay cobertura de los sistemas de recolección y gestión (SRyG) de RAEE.

2 El segundo, tercer y cuarto comportamiento, en su orden, son los menos deseados debido al impacto que se genera en la salud y el ambiente. En el segundo comportamiento, el usuario mezcla los RAEE con los residuos domiciliarios que, posteriormente, son recolectados por las empresas de servicio público de aseo y depositados en los rellenos sanitarios. Allí, las partes aprovechables son enterradas y las sustancias peligrosas pueden migrar al ambiente.



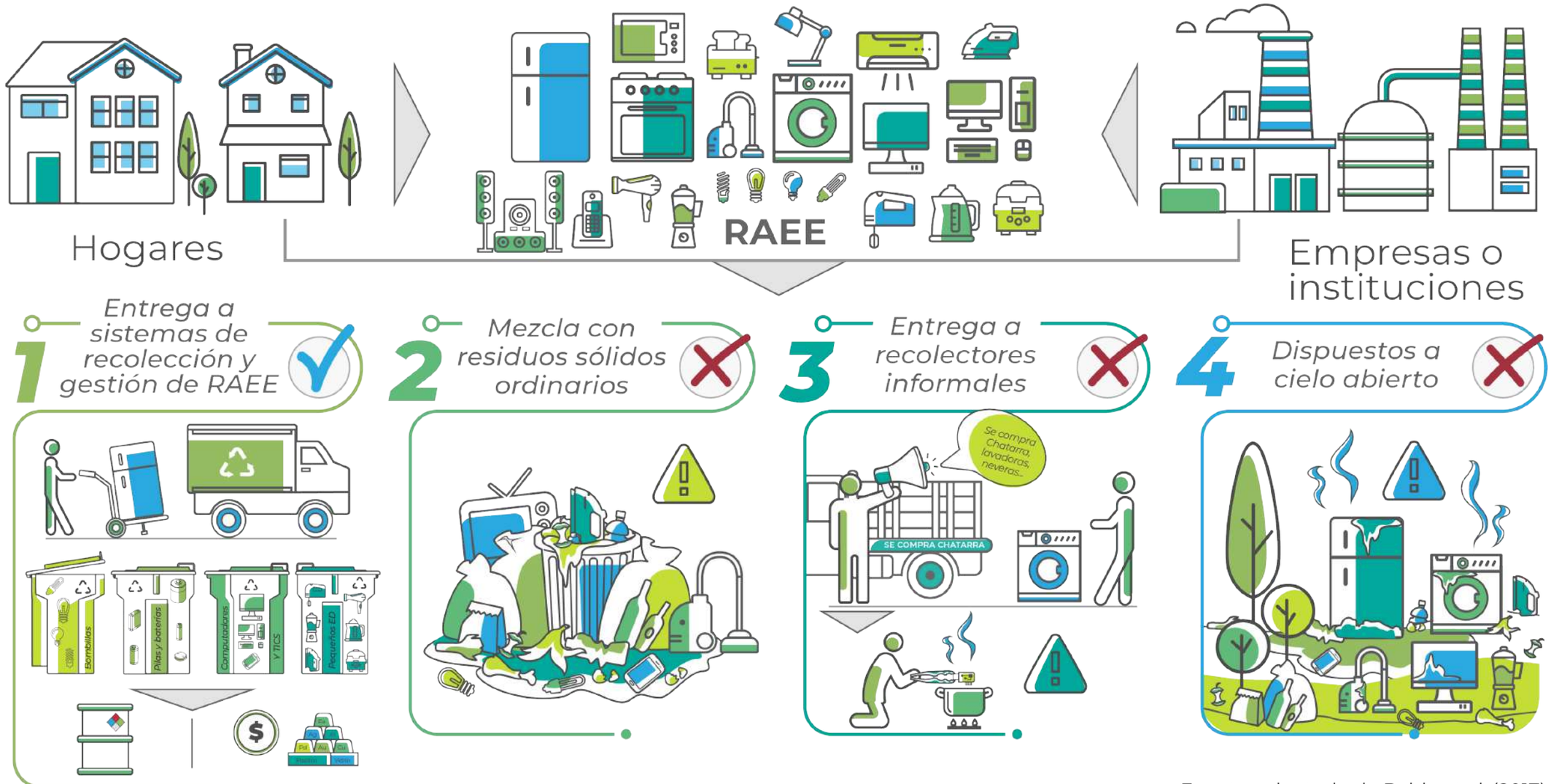
Fotografía: Minambiente.



Fotografía: Minambiente.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 22 21/12/2023 4:06:47 p. m.

Figura 4. *Comportamientos empleados por el usuario colombiano para descartar sus RAEE*



Fuente: adaptado de Balde et al. (2017).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 23 21/12/2023 4:06:48 p. m.

3 En el tercer comportamiento, el usuario entrega sus RAEE a canales no formales como las llamadas chatarrerías o a personas que deambulan por las calles con vehículos de todo tipo comprando estos residuos.

En este comportamiento, al comprador solo le interesa los materiales que puede recuperar y vender, sin tener en consideración condiciones técnicas y que, por consiguiente, conllevan el riesgo de liberar al ambiente las sustancias peligrosas y afectar la salud. En este sentido, el Minambiente ha propiciado la formalización de los recolectores informales y recicladores de oficio para que licencien ambientalmente instalaciones de recolección y clasificación de RAEE; así mismo, para que sean integrados a la cadena de valor de estos residuos y trabajen colaborativamente con los SRyG de RAEE.



Fotografía: Minambiente.

4 En el cuarto comportamiento, el usuario puede dejar los RAEE abandonados en sitios expuestos a las condiciones climáticas, como vertederos a cielo abierto, fuentes de agua, parques, potreros o predios públicos, lo cual conlleva a los riesgos mencionados en los escenarios dos y tres.



Fotografía: Freepik.

Clasificación de los AEE-RAEE

En el contexto internacional

Teniendo en cuenta que los AEE comprenden una gama amplia y diversa de aparatos, se ha hecho necesario clasificarlos en grupos o categorías para facilitar su identificación y el desarrollo normativo que regula su gestión integral una vez se convierten en residuos. Existen en el mundo varias formas de clasificarlos, de acuerdo a diferentes criterios como, por ejemplo, la función que desempeñan, las similitudes en su composición o al tratamiento que requieren tanto para el aprovechamiento de materiales como para el manejo de las fracciones peligrosas. Estas clasificaciones van desde las líneas o categorías comerciales de electrodomésticos, hasta las categorías de las normativas europeas sobre RAEE. Estas últimas han servido como referente para varios países y su tipo de categorización se describe en la Figura 5.

- La Directiva de RAEE 2002/96/CE establece diez categorías que, aunque no están vigentes en la Unión Europea, continúan siendo utilizadas a nivel internacional, especialmente en Latinoamérica. Esta clasificación va de acuerdo con la funcionalidad del AEE.

- En 2012 se modificó la Directiva anterior y la nueva clasificación comenzó a regir a partir del 15 de agosto de 2018. La Directiva de RAEE 2012/19/UE agrupa los RAEE en seis categorías en función de las sustancias o componentes que tienen en su interior y que definen el tratamiento al cual serán sometidos.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 24 21/12/2023 4:06:49 p. m.

Figura 5. Clasificaciones europeas de los AEE/RAEE



Fuente: adaptado de Forti et al. (2020); Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2003; 2012).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 25 21/12/2023 4:06:49 p. m.

Categorías de los RAEE en Colombia

En 2019, Minambiente diseñó una metodología para la identificación, categorización y clasificación de los RAEE en Colombia con la intención de obtener estadísticas sobre los aparatos puestos en el mercado, los RAEE generados, los que retornan a los sistemas de recolección y gestión (SRyG) de RAEE y los gestionados en las instalaciones autorizadas y, de esta manera, definir obligaciones diferenciadas a los productores y brindarles seguridad jurídica para el cumplimiento de las responsabilidades (Camacho y Escobar, 2020).



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

Esta metodología partió de la caracterización de las cadenas productivas y de eslabones del país realizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y de la identificación de los productos importados o manufacturados en el país según la nominación del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (subpartida arancelaria) que, por sus características, podrían corresponder a un AEE. De esta forma, las cadenas productivas se



Fotografía: Freepik.

homologaron a categorías de AEE y los eslabones de productos a subcategorías de AEE.

Como resultado, se definieron tres grandes categorías y 33 subcategorías de acuerdo con el uso de los AEE, como se muestra en la Figura 6. Esta clasificación también permite ser comparada con la señalada por la Directiva 2012/19/UE y por la clasificación de las UNU-Keys de la Universidad de las Naciones Unidas.[2] En el Anexo 1 se amplía la información relacionada con la metodología utilizada para esta clasificación.

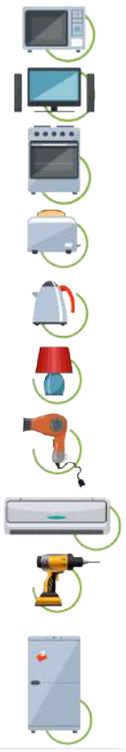
2 Las UNU-Keys son un sistema de clasificación de la información estadística de residuos electrónicos (*e-waste*), que categoriza los productos por funciones similares, composición de materiales comparables (en términos de sustancias peligrosas y materiales valiosos) y atributos de fin de vida relacionados, en el que productos de la misma categoría tienen un promedio de peso y vida útil homogéneo (Baldé et al., 2015).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 26 21/12/2023 4:06:51 p. m.

Figura 6. Clasificación de los AEE y sus residuos

1 Categoría
Aparatos electrodomésticos

- Cocinas y hornos
- Enseres de audio y video
- Enseres mayores de hogar
- Enseres menores de calentamiento
- Enseres menores de cocina
- Enseres menores de hogar
- Enseres menores personales
- Equipos de acondicionamiento de aire
- Herramientas para el hogar
- Refrigeración doméstica y comercial



2 Categoría
Electrónica y equipos de telecomunicaciones

- Antenas para telecomunicaciones
- Circuitos electrónicos
- Componentes electrónicos
- Computadores y equipos para tratamiento de datos
- Electrónica de consumo
- Equipos de electrónica de potencia
- Equipos de instrumentación y control
- Equipos de telecomunicaciones
- Equipos electromédicos
- Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras



3 Categoría
Maquinaria y equipo eléctrico

- Cables y conductores
- Equipo industrial
- Equipos de control y protección
- Equipos de iluminación
- Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos
- Grupos electrógenos
- Máquinas y aparatos de oficina
- Motores y generadores
- Otros aparatos y sistemas
- Piezas eléctricas
- Pilas y acumuladores
- Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales
- Transformadores



Fuente: adaptado de Minambiente (2019b).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 27 21/12/2023 4:06:51 p. m.

Generación de RAEE

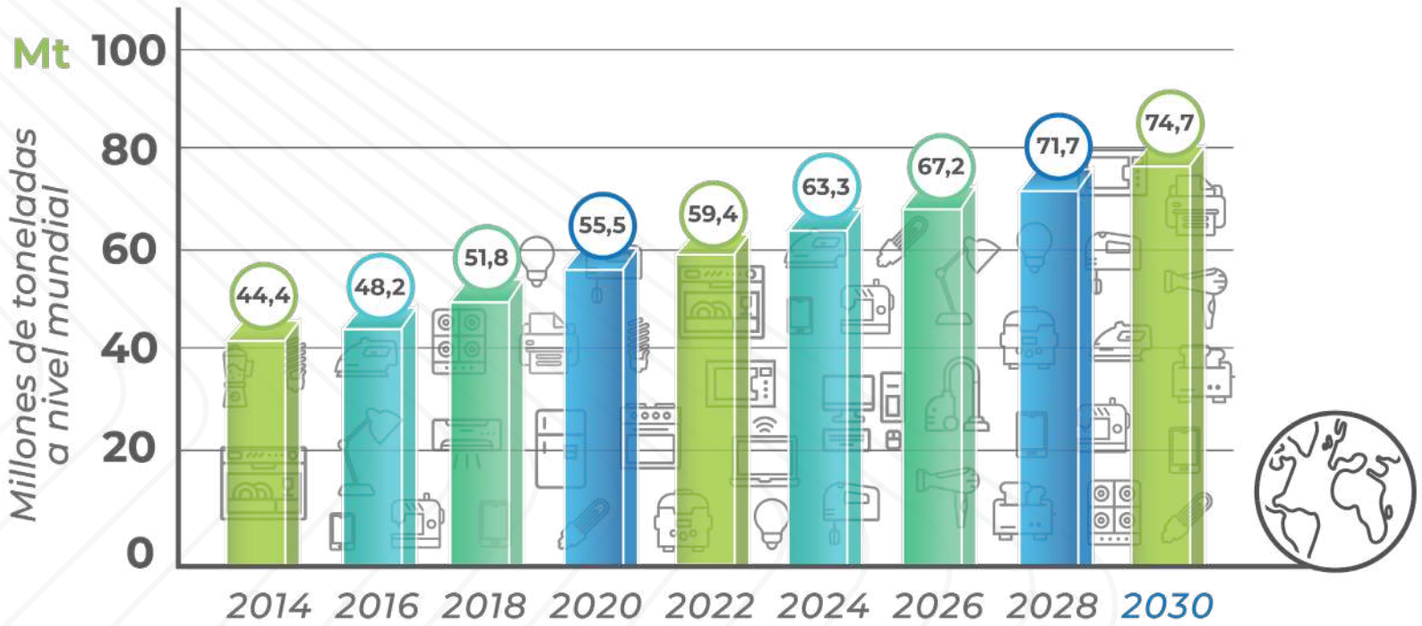
¿Cuánto se genera en el mundo?

La cantidad de RAEE generados depende directamente de la cantidad de los AEE puestos en el mercado, de los tiempos de vida útil de estos aparatos, los hábitos de uso y las decisiones de los usuarios a la hora de reemplazar o descartar el aparato en uso, así como otros factores como la obsolescencia programada de los aparatos, la ampliación de la cobertura de las redes de internet y, en ocasiones, las pocas opciones que existen de reutilizar o reparar estos aparatos.

A nivel global, la generación de RAEE crece a una tasa superior a la de los residuos ordinarios. En 2019, los RAEE crecieron un 3,9% (Forti, et.al., 2020. Comparativamente, en Colombia se estima que los residuos ordinarios crecerán a una tasa anual promedio del 0,84% entre 2014-2030 (DNP, 2016).

Para saber cuánto se genera a nivel global, la Asociación Global de Estadísticas de Residuos Electrónicos (conformada por UNU-SCYCLE, ISWA, ITU y PNUMA) lleva un registro de cifras estimadas de generación y gestión de RAEE en diferentes continentes. Dado que la forma en que se reportan los datos puede variar de país a país, esta asociación también promueve la armonización de la información para que sea consistente y comparable. Como resultado de este esfuerzo, se han publicado documentos con información estadística de diferentes países. La última publicación corresponde al Global E-waste Monitor 2020, en el cual se indica que en 2019, en el mundo se generaron 53,6 millones de toneladas (Mt) de RAEE, cifra que demuestra un crecimiento de 9,2 Mt con respecto a 2018. Por otra parte, en ese reporte también se evidencia una baja tasa de recuperación formal de esta corriente de residuos, de solo el 17,4%, es decir, alrededor de 9,3 Mt. Considerando las cifras actuales de crecimiento, se estima que para 2030 se generaría un promedio de 74,7 Mt al año como se indica en la Figura 7.

Figura 7. Cifras de generación global de los RAEE (2014-2030)



Fuente: adaptado de Forti et al. (2020).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 28 21/12/2023 4:06:53 p. m.

De acuerdo con este mismo estudio, en 2019 el continente con mayor generación de RAEE fue Asia con 24,9 Mt, seguido por América con 13,1 Mt, Europa con 12 Mt, África con 2,9 Mt y, en el último lugar, Oceanía con 0,7 Mt. En la región de Latinoamérica, Colombia es el cuarto país con mayor generación (318 Kt), después de Brasil (2.143Kt), México (1.220 Kt) y Argentina (465 Kt), como se aprecia en la Figura 8.

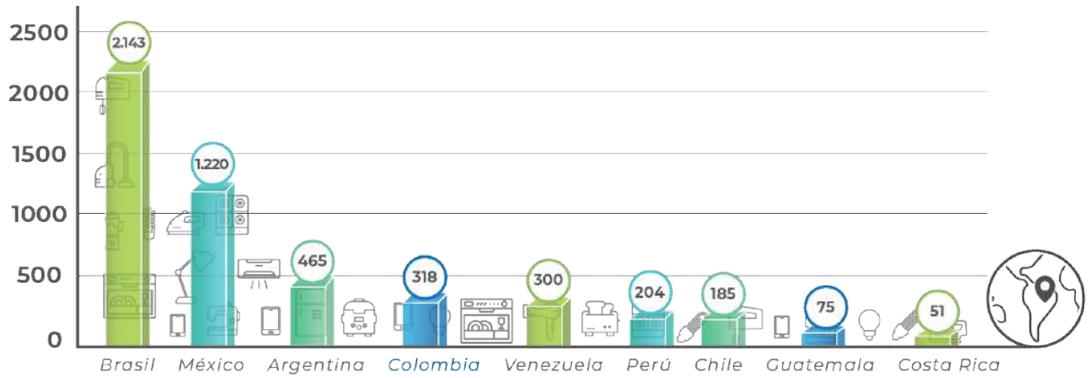
Con relación a las tasas de recolección formal, Europa fue el continente más eficiente con 42,5%, América ocupa el tercer lugar con 9,4% y África presentó la tasa más baja con 0,9%. En Latinoamérica, solo unos pocos países cuentan con regulaciones sobre residuos electrónicos y una infraestructura formal de reciclaje de RAEE. Adicionalmente, en la región hay pocos estudios que permitan disponer de cifras actualizadas y confiables asociadas a la generación de los RAEE.

Generación de RAEE en Colombia

En 2007 Colombia realizó los primeros estudios para estimar las cantidades de RAEE generados y verificar las cifras presentadas por estudios internacionales. El entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, junto con otras entidades nacionales e internacionales, como la Empa de Suiza, realizaron estudios técnicos y proyecciones que tomaron como base las importaciones de AEE y los tiempos de vida útil promedios reportados en la literatura, y estudios sobre el tema (Minambiente, 2017a).

Recientemente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en cumplimiento de la Política nacional para la gestión integral de los RAEE y el desarrollo de la reglamentación de la Ley 1672 de 2013, implementó una metodología para estimar la generación de RAEE basada en los volúmenes de importaciones, exportaciones y fabricación nacional de los AEE identificados y clasificados como de consumo masivo, según se mencionó anteriormente, y se aplicó una distribución probabilística (Weibull) para estimar los tiempos de vida útil de los AEE. De acuerdo con esta metodología, se estimó, por ejemplo, que para 2021, la generación de RAEE en Colombia fue de 197 kt (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022a). Esta cifra difiere de las 318 Kt reportadas por el E-waste Monitor 2020, lo cual puede atribuirse a diferencias en los datos de importación, exportación o fabricación nacional de AEE utilizados en los cálculos. La metodología implementada por el Minambiente se presenta con mayor detalle en el Anexo 2.

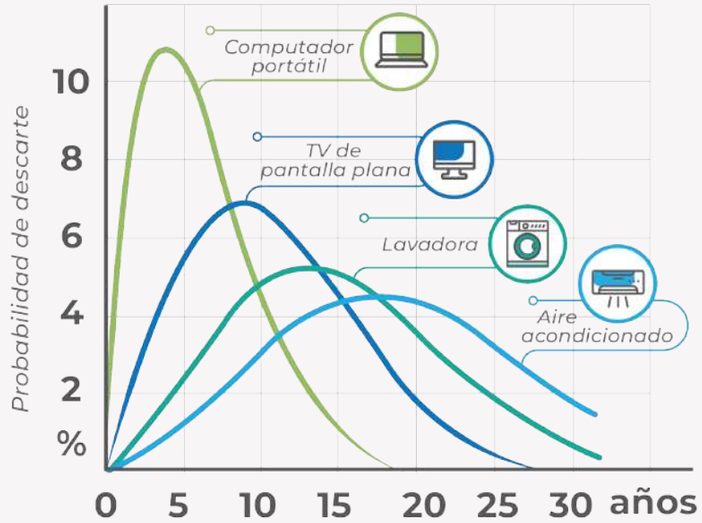
Figura 8. Cifras de generación de los RAEE en Latinoamérica (2019)



Fuente: adaptado de Forti et al. (2020).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 29 21/12/2023 4:06:53 p. m.

Causas de aumento en la generación de RAEE



Fuente: adaptado de Forti et al. (2018).

Promedio de vida útil de los AEE

Estimar la vida útil de los AEE puede variar en cada país, debido a que está sujeto a variables como el tipo de aparato, la antigüedad del equipo, los hábitos del consumidor o el mercado de equipos usados. La Universidad de las Naciones Unidas propone una metodología para estimar la vida útil de los AEE basada en un modelo matemático predictivo según el tipo de aparato. En esta metodología, cada país puede ajustar el modelo matemático de acuerdo con su contexto.



Fotografía: Freepik.

Obsolescencia programada

Este concepto hace referencia a la pérdida de la vida útil, la funcionalidad o el valor de uso de los AEE en un periodo de tiempo predeterminado. De acuerdo con diferentes autores, la obsolescencia puede ser de diferentes tipos, por ejemplo, técnica (por mejoras o innovaciones), psicológica (por cambios en el diseño o tendencias de moda), indirecta (imposibilidad de reparar un equipo), incompatibilidad (por no funcionar con nuevas actualizaciones) o programada (vida útil limitada) (Vanina, 2018).



Fotografía: Freepik.

Comportamiento del consumidor

El consumidor juega un papel clave en la generación de los RAEE, puesto que es el responsable de que los AEE estén disponibles para su gestión una vez los descarte. Hay diferentes patrones de consumo que pueden influir en la velocidad, frecuencia y destino de los RAEE. Por ejemplo, el estudio realizado por Thiébaud (-Müller) et al. (2017) concluyó que los consumidores almacenan por un tiempo los equipos en desuso antes de descartarlos, lo cual ralentiza la generación de residuos, así como los flujos hacía los sistemas de recogida, situación que aumenta el *stock* de recursos materiales en los hogares.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 30 21/12/2023 4:06:54 p. m.



2 GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RAEE

2 GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RAEE

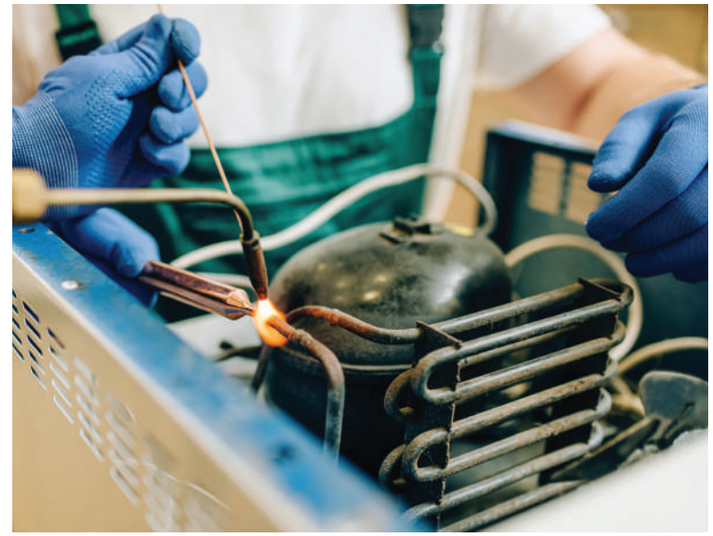
El objetivo principal de la gestión integral de los RAEE es asegurar la protección de la salud humana y del ambiente a través de la implementación de diversos mecanismos y buenas prácticas que incluyen desde la obtención de las materias primas para la fabricación de los aparatos hasta su manejo ambientalmente adecuado cuando se convierten en residuos. Este capítulo presenta la gestión integral de los RAEE desde el punto de vista del ciclo de vida de los AEE y desde los elementos constitutivos de un sistema de gestión.



Fotografía: Freepik.

Ciclo de vida de los AEE

Como se muestra en la Figura 9, el ciclo de vida de los AEE tiene en cuenta, en primer lugar, el diseño de los aparatos, el cual debe considerar decisiones y acciones responsables al momento de definir su funcionalidad. Una forma de hacerlo es priorizando la utilización de materiales secundarios (reciclados), eliminando el uso de sustancias peligrosas y garantizando una larga durabilidad de los aparatos por medio de diseños que faciliten su mantenimiento, reparación y actualización. A continuación, en la etapa de la manufactura, se deben emplear procesos que tengan bajo impacto ambiental y que garanticen trabajos dignos bajo condiciones óptimas de salud y seguridad. Dado que gran parte del éxito de un sistema de gestión de RAEE se basa en la devolución del residuo por parte del usuario de los AEE, la etapa de comercialización y distribución no solo debe considerar opciones logísticas de distribución con baja huella de carbono, sino que también debe

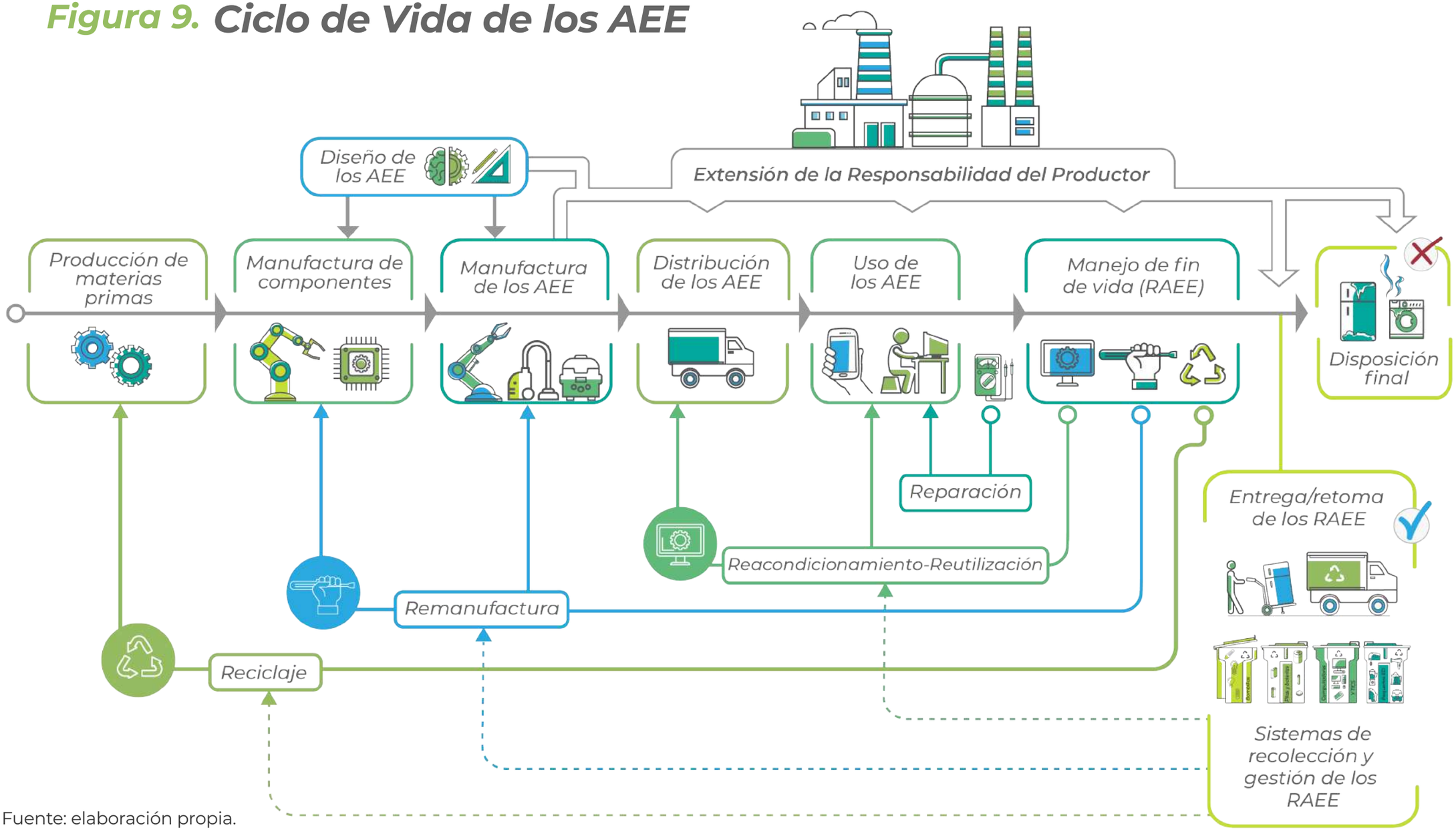


Fotografía: Freepik.

informar al usuario sobre las acciones que debe tomar una vez que finalice la vida útil del aparato. Así, el usuario debe contar con mecanismos que faciliten la devolución de los aparatos usados a los programas de recolección y gestión de RAEE implementados por el productor. Conviene señalar que dichos programas deben propender por alternativas de manejo y aprovechamiento que prioricen los beneficios ambientales.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 32 21/12/2023 4:06:55 p. m.

Figura 9. Ciclo de Vida de los AEE



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 33 21/12/2023 4:06:56 p. m.

El rol de los usuarios

La gestión integral de los RAEE propone priorizar la prevención y la minimización del residuo, sobre otras etapas como el tratamiento o la disposición final, como se ilustra en la Figura 10. Las acciones preventivas juegan un papel clave en la gestión de los RAEE. Desde el punto de vista del productor, el enfoque preventivo debe considerar criterios de desempeño y de ecodiseño como alternativas al uso de materiales contaminantes, el bajo consumo de recursos no renovables, la eficiencia energética y la eliminación de la obsolescencia programada, entre otros.

De igual manera, los usuarios, en el momento de la compra, podrían dar preferencia a aquellos productos elaborados bajo modelos de negocio sostenibles y responsables. Para esto, los usuarios cuentan con herramientas que pueden orientar sus decisiones de compra como los sellos o las certificaciones empleadas para destacar buenas prácticas. Por ejemplo, el certificado Restriction of Hazardous Substances (RoHS), limita uso de algunas sustancias peligrosas utilizadas en la producción de algunos AEE, como el mercurio, el plomo, el cadmio, el cromo hexavalente o los bifenilos policlorados.

También, el usuario puede optar por productos que cuenten con certificaciones internacionales como EPEAT (enlace) o TCO (enlace), las cuales miden la responsabilidad ambiental y social en la fabricación del AEE, la seguridad para el usuario, el desempeño, y su posterior extensión de la vida útil y reciclabilidad. Estos sellos ambientales incluyen productos como pantallas, portátiles, tabletas, teléfonos inteligentes, computadores de escritorio, proyectores, auriculares y servidores. El fabricante que cumpla con los requisitos establecidos será reconocido dentro de una de las categorías definidas por estas certificaciones. Otros ejemplos, son los sellos Energy Star, EU Energy Label o Waste Electrical & Electronic Equipment (WEEE) de la Directiva de la Unión Europea.

Por otra parte, las acciones de minimización hacen referencia al tiempo durante el cual se usa el producto y a la posibilidad de alargar su vida útil para reducir la cantidad de residuos y la velocidad de generación. La reparación y el reacondicionamiento ofrecen la oportunidad de extender la vida útil para que los AEE puedan ser utilizados por más tiempo.

Una vez que el usuario decide no usar más el aparato, está en sus manos hacer la entrega de estos en canales autorizados y preparados técnicamente para hacer una gestión ambientalmente responsable en el aprovechamiento de materiales y el tratamiento de las fracciones peligrosas. En el caso de que estas fracciones no se puedan aprovechar o valorizar energéticamente, por razones tecnológicas, económicas o normativas, deben ser eliminadas en plantas autorizadas para su disposición final.

Bajo un modelo de gestión integral ideal, a esta etapa debe llegar la menor cantidad posible de componentes de RAEE para minimizar los pasivos ambientales y externalidades relacionadas con dicha disposición final.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 34 21/12/2023 4:06:56 p. m.

Figura 10. ***Jerarquización de las acciones para la gestión de los RAEE***



Fuente: adaptado de SEMARNAT (2018a).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 35 21/12/2023 4:06:56 p. m.

Pilares de la gestión integral de los RAEE

De forma general, la gestión integral de los RAEE corresponde a un conjunto de elementos que deben funcionar de forma articulada para que den vida al sistema, como se ilustra en la Figura 11. El sistema inicia con dimensionar la problemática que se desea enfrentar, para luego construir los instrumentos legales, regulatorios, de política pública y de sensibilización requeridos para afrontar dicha problemática. En la práctica, estos instrumentos se deben traducir en la implementación de mecanismos que faciliten la recolección, el manejo adecuado y el aprovechamiento de los RAEE. Estos elementos por sí solos no garantizan el éxito de un sistema de gestión, deben ser acompañados de una fuerte estrategia de educación y sensibilización ciudadana hacia esta problemática, y de mecanismos que le den transparencia y credibilidad. De otra parte, la sostenibilidad de tal sistema depende, en gran parte, de los recursos humanos y económicos con los que se cuente, razón por la cual también se deben definir mecanismos de financiación, generalmente basados en la REP.

Figura 11. *Pilares de la gestión integral de los RAEE*

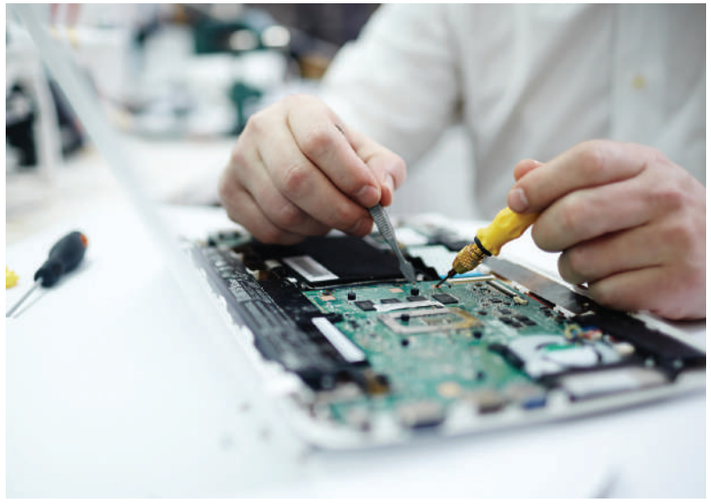


Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 36 21/12/2023 4:06:57 p. m.

El diagnóstico de la problemática no solo se debe limitar a conocer los tipos, cantidades y flujos de RAEE, sino que, además, debe identificar las causas primarias y circunstancias que dificultan el manejo ambientalmente adecuado de los AEE, cuando terminan su vida útil (Méndez et al., 2017). Una vez se tenga claridad sobre la problemática actual, se procede a la formulación de las políticas públicas que establezcan los objetivos, estrategias y áreas de intervención en un horizonte de tiempo determinado. El enfoque de política, a través de la responsabilidad extendida del productor (REP), ha demostrado ser de gran eficacia ya que amplía la responsabilidad del productor a todas las etapas del ciclo de vida del producto, especialmente, a la etapa de posconsumo.

El principio de la REP puede ser incorporado de forma voluntaria, como respuesta a las políticas y al modelo de negocio del productor, u obligatoria, para dar cumplimiento a un requerimiento de una normativa. Y, puede implementarse a través de uno o varios instrumentos políticos que pueden ser de tipo administrativo, como la restricción de sustancias o las metas de reciclaje; económico, como los impuestos a los materiales o productos, o los sistemas de tarifas de disposición



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Corporación Posconsumos Lúmina.

final de pago anticipado; o informativo, como el uso de etiquetas para identificar componentes de los AEE o para sensibilizar sobre los impactos negativos asociados a la manipulación y disposición inadecuada de los RAEE (Lindhqvist et al., 2008).

Si bien bajo el enfoque de la REP el productor es el protagonista principal, todos los actores previamente identificados deben tener sus propios roles y responsabilidades dentro del sistema (ver Anexo 3), y ser conscientes de los riesgos que conllevan técnicas de manipulación inapropiadas. Entre mayor sea el grado de conciencia, mejor será el manejo de los RAEE por parte de los usuarios, gestores y sistemas de recolección y gestión de RAEE, en particular, el manejo y la eliminación adecuada de materiales peligrosos y el desarrollo de tecnologías más limpias para gestionar estos residuos (StEP Initiative, 2016).

La gestión del residuo comienza efectivamente con la devolución de los RAEE por parte de los usuarios, quienes son los que deciden cuándo y cómo deshacerse de sus AEE. Por lo tanto, es crítico que los usuarios tomen la decisión correcta de entregar sus residuos a los productores y sus sistemas de recolección y gestión, en lugar de depositarlos junto con los residuos domésticos o entregarlos en sitios o a personas no autorizadas, como se mencionó en el Capítulo 1. Por esta razón, el usuario debe contar con

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 37 21/12/2023 4:06:57 p. m.



Fotografía: Minambiente.



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

información y con diversos mecanismos que faciliten la devolución de los RAEE a los canales formales. Por lo tanto, es muy importante que los productores, distribuidores y autoridades ambientales informen a los consumidores o usuarios de estos mecanismos y, así, crear una relación producción-usuario transparente y de confianza para lograr que los usuarios no duden en entregar sus RAEE a los sistemas en el momento que lo requieran (StEP Initiative, 2016).

El pilar de la sensibilización y la concientización busca promover en los usuarios las prácticas de consumo responsable de los AEE, con el propósito de promover prácticas que propendan por la extensión de la vida útil de los AEE, mediante la reparación o el reacondicionamiento.

De otra parte, la aplicación de un sistema simple y efectivo de licenciamiento es clave para asegurar que todos los recolectores y recicladores sean avalados por las autoridades ambientales y que, de este modo, tengan la capacidad para llevar a cabo las actividades de aprovechamiento de los RAEE. El licenciamiento debe abordar los riesgos ambientales y para la salud humana, asociados a las actividades realizadas.

Como mínimo, todos los sistemas de recolección deben cumplir con las regulaciones nacionales para recolectar, manejar, clasificar y acopiar los RAEE; y todos los gestores de RAEE deben contar con licencia para almacenar, desensamblar, tratar, aprovechar o disponer los RAEE, y los materiales recuperados para su reciclaje.[3]

La construcción de un sistema de información y comunicación contribuirá, de una parte, a resolver las inquietudes que los usuarios puedan tener y, de otra, a atender los requerimientos de información y apoyo que demandan las actividades de vigilancia, seguimiento y control que se desarrollan en el entorno de la gestión integral de los RAEE en el país.

De esta manera, las entidades gubernamentales y autoridades ambientales podrán tener la información precisa y oportuna para la toma de decisiones, la planeación, verificación y control de los procesos organizacionales, administrativos, informativos, sancionatorios o de otra índole que deban realizar en cumplimiento de sus obligaciones y competencias legales relacionadas con la gestión integral de los RAEE.

3 Para conocer las empresas gestoras de RAEE actualmente autorizadas, consulte las siguientes fuentes de información: Portal de sustancias químicos del Minambiente (enlace) y Portal RUA IDEAM (enlace).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 38 21/12/2023 4:06:58 p. m.

Política nacional para la gestión integral de los RAEE



Fuente: Minambiente.

De acuerdo con lo establecido en la Ley 1672 de 2013, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible formuló y publicó la Política nacional para la gestión integral de los RAEE en 2017, mediante un proceso amplio y participativo con diversos sectores y organizaciones involucrados en el ciclo de vida de los AEE. Este documento está planteado para un horizonte de 15 años, y presenta estrategias y acciones concretas para afrontar, de una manera coordinada y sistémica, la problemática que representa la generación creciente de los RAEE y su manejo inadecuado en el país, lo cual puede producir afectaciones a la salud humana y al ambiente.

La política tiene como objetivo que la sociedad colombiana cambie el paradigma que implica comprar, usar y desechar los AEE de uso cotidiano, y sea consciente de los impactos negativos que está práctica conlleva. Adicionalmente, busca fortalecer el sector de la gestión integral de los RAEE para que se convierta en un generador de empleo y de emprendimiento empresarial, un clúster de investigación, innovación y desarrollo tecnológico, y un modelo a seguir de las mejores técnicas y buenas prácticas ambientales.

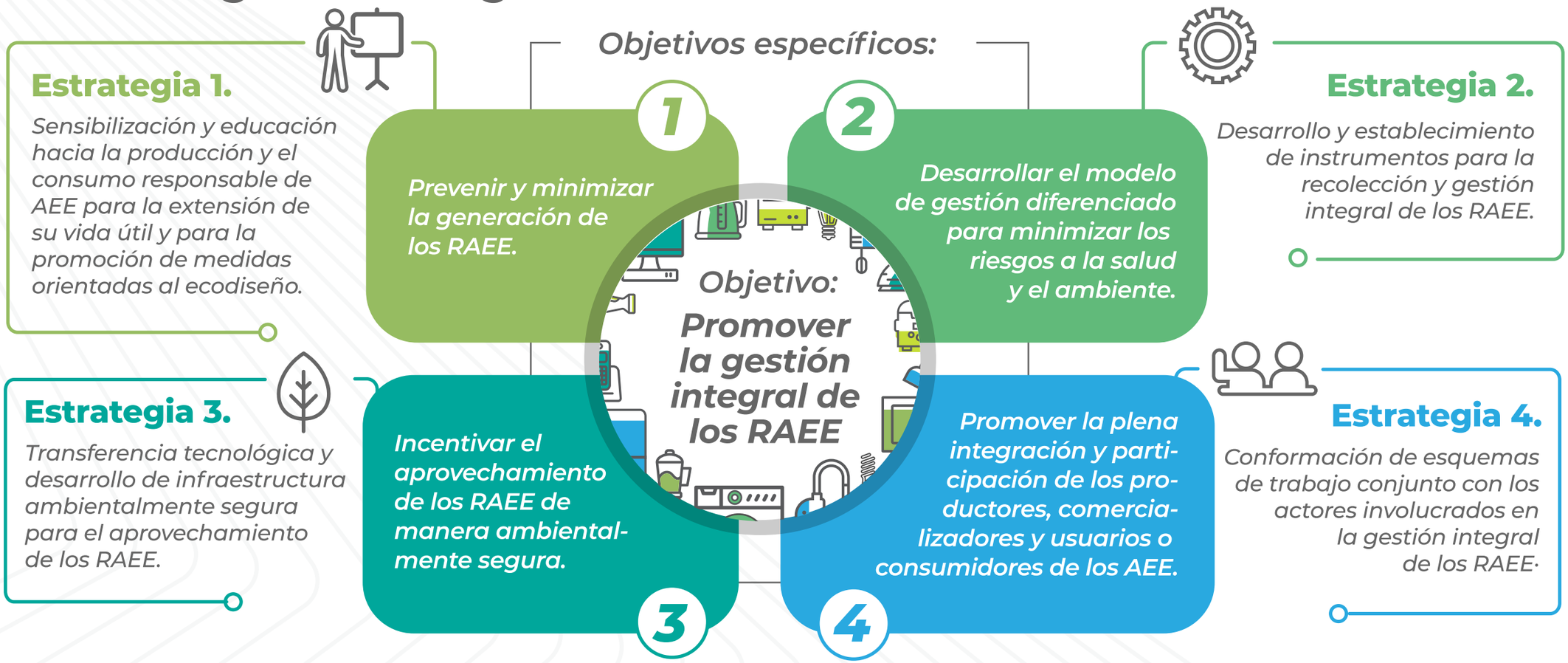
La formulación de la política evaluó las causas estructurales de la problemática RAEE en el país, utilizando un enfoque sistémico. De esta manera, se definieron los objetivos, estrategias y líneas de acción específicas acordes con los principios de la gestión integral de los residuos, la responsabilidad extendida del productor, la producción y el consumo sostenible, entre otros; las cuales se deben ejecutar para prevenir y minimizar la generación de los RAEE, y realizar su gestión diferenciada y adecuada.

El plan de acción de la Política 2017-2032 responde al objetivo principal de promover la gestión integral de los RAEE, armonizando las acciones de los diferentes actores involucrados y las políticas sectoriales, y fortaleciendo los espacios de coordinación interinstitucional y de participación ciudadana, para contribuir al desarrollo sostenible. Este objetivo se desarrolla en cuatro objetivos específicos y, cada uno de ellos, cuenta con una estrategia, líneas de acción concretas, metas e indicadores para medir su avance o cumplimiento. El plan deberá ser implementado por todos los actores involucrados en el ciclo de vida de los AEE, pero se distinguen unos actores directamente responsables y otros de apoyo a las actividades planeadas. Los avances serán evaluados en unas revisiones quinquenales para seguir y controlar su cumplimiento. En la Figura 12 se muestran los objetivos específicos y estrategias asociadas del plan de acción.[4]

4 Para consultar el documento completo de la Política nacional de RAEE puede consultar el libro digital en el siguiente enlace.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 39 21/12/2023 4:06:58 p. m.

Figura 12. Plan de acción de la Política nacional de gestión integral de RAEE en Colombia



Fuente: adaptado de Minambiente (2017a).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 40 21/12/2023 4:07:02 p. m.

La gestión integral de los RAEE y la economía circular

De acuerdo con a la Estrategia nacional de economía circular del Gobierno Nacional, esta es un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio, la promoción de la simbiosis industrial y la consolidación de ciudades sostenibles, con el fin, entre otros, de optimizar la eficiencia en la producción y consumo de materiales, y reducir la huella hídrica y de carbono (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio Industria y Turismo, 2019).

Respecto al cierre del ciclo de materiales a partir de los RAEE, hay que tener en cuenta que estos son residuos que revisten cierto grado de complejidad en su gestión, debido a que cubren una gran variedad de productos usados tanto en el ámbito doméstico (celulares, computadores e impresoras, pilas, bombillas fluorescentes y electrodomésticos) como industrial (maquinaria, equipos médicos, antenas, etc.). A ello se suma la diversidad que representa la composición de estos residuos, que incluye materiales recuperables que son recursos valiosos para los ciclos económicos y productivos del mundo. El informe de la UNU The Global E-waste Monitor 2020 estimó que el valor de los materiales potencialmente recuperables y reciclables de los RAEE generados durante 2019 en todo el mundo fue de 57 billones de euros (Forti et al., 2020), así como componentes o sustancias peligrosas que deben gestionarse adecuadamente.

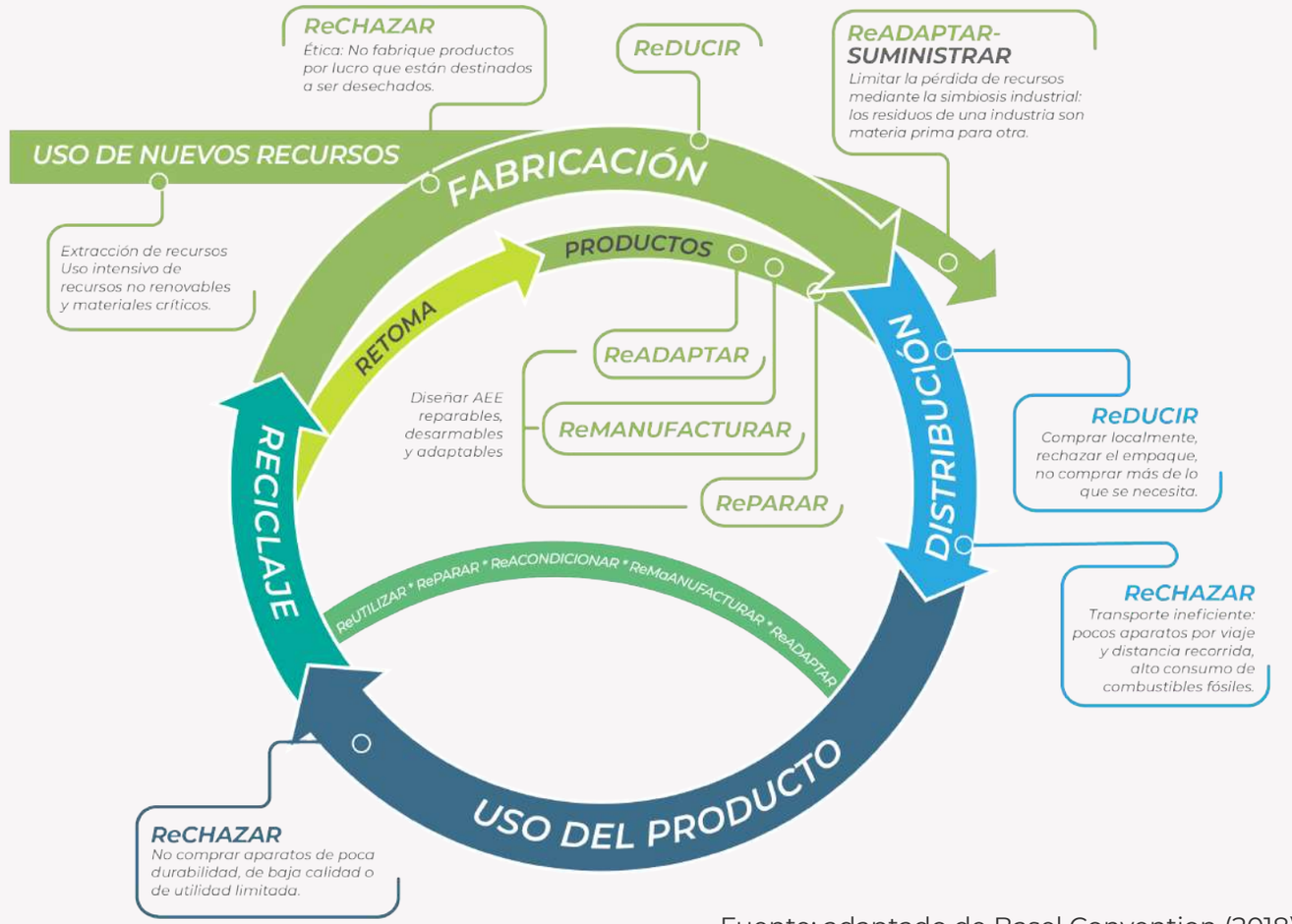
Por lo anterior, la economía circular, en general, y la aplicada a los RAEE, en particular, debe verse no solo como un único circuito enmarcado en la estrategia tradicional de las 3 R: reducir, reutilizar y reciclar, sino como varios circuitos o círculos internos, como se aprecia en la Figura 13, y que cierra el ciclo de materiales y el de productos. Es así como las nuevas R: reducir (ecodiseño), repensar y rechazar, aplicadas en las fases de diseño y fabricación, pero también las fases de uso, distribución y gestión de los residuos, permiten disminuir la fabricación de aparatos inútiles, o de dudosa o limitada funcionalidad, hacer aparatos multifuncionales o de uso más intensivo, reducir la cantidad de materias primas y empaques de los mismos, disminuir el consumo energético (uso de combustibles fósiles) o limitar la pérdida de recursos útiles para otras industrias diferentes al fabricante; de tal forma que, en general, se reduzca la presión sobre la extracción y uso de los recursos naturales y la contaminación ambiental derivada de los ciclos productivos.

De otra parte, las R: reparar, reacondicionar, remanufacturar y readaptar, complementadas con la reutilización, propenden por extender la vida útil de los aparatos por parte de los usuarios y mantienen en circulación estos productos antes de ser desechados y, de esta forma, se reduce la generación de residuos. Así mismo, una vez los aparatos han sido descartados y se convierten en residuos en otro circuito más amplio que el anterior, es posible retomar estos productos e introducirlos de nuevo al mercado como aparatos reparados, remanufacturados o readaptados para fines similares u otros, contribuyendo así a la reducción de la generación de los RAEE.

La reutilización directa del aparato, o la reutilización después de la reparación o la reconstrucción puede contribuir más aún al desarrollo sostenible. Al alargarse la vida del equipo, su reutilización reduce la huella ambiental de los procesos que utilizan gran cantidad de recursos para producirlo. La reutilización también puede permitir que tengan acceso a esos aparatos grupos de la sociedad que, de otra manera, no lo tendrían, ya que el coste de los equipos de segunda mano es menor que el de un equipo nuevo. En muchos casos hay instalaciones regionales especializadas que poseen el personal especializado y calificado para reparar o reconstruir adecuadamente equipos usados. Como estas instalaciones no existen en todos los países, es posible que los equipos usados destinados a ser reparados o reconstruidos necesiten traspasar fronteras antes de su reutilización (Convención de Basilea, 2015).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 41 21/12/2023 4:07:02 p. m.

Figura 13. Economía circular y ciclos internos en la cadena de valor de los AEE-RAEE



Fuente: adaptado de Basel Convention (2018).

¿Quieres saber más?





1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 42 21/12/2023 4:07:03 p. m.

La política RAEE y los ODS



Fuente: Organización de las Naciones Unidas.

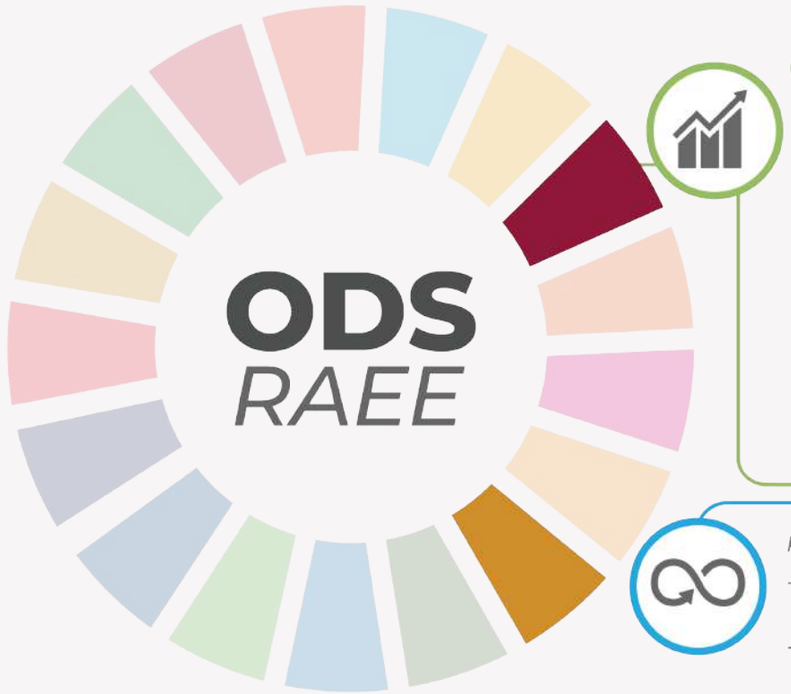
Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una serie de 17 grandes propósitos sociales, económicos y medioambientales que 193 países acordaron alcanzar para mejorar las condiciones de vida en el mundo. Desde la celebración de la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015, los países están adelantando esfuerzos integrales para lograr cumplir con los puntos de una agenda para el año 2030. Su cumplimiento requiere de la coordinación de acciones conjuntas entre organizaciones públicas, empresas, sociedad civil y academia tanto en el nivel nacional como en el internacional (Organización de las Naciones Unidas [ONU], s.f.).

La Política nacional para la gestión integral de los RAEE persigue el objetivo general de lograr la gestión adecuada de este residuo, mediante el cual se podría contribuir con el cumplimiento de varias de las metas mencionadas en los ODS 1, 3, 5, 8, 9, 11, 12 y 13. Sin embargo, son claros los aportes a los objetivos 8 y 12, en particular, como se muestra en la Figura 14. En el objetivo 8, Trabajo decente y crecimiento económico, se destacan las metas 8.4 (mejorar progresivamente la producción y el consumo eficientes de los recursos mundiales y procurar desvincular el crecimiento económico de la degradación del medio ambiente) y la meta 8.8 (proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores). La gestión integral de los RAEE abre la oportunidad de generar empleo igualitario e incluyente mediante la creación de alianzas con la economía informal y el sector formal, para integrar y mejorar las condiciones laborales de quienes no hacen parte de este sistema. Así mismo, las actividades de reciclaje y valorización de los RAEE permiten recuperar e introducir al ciclo productivo metales y otros materiales que, de otra manera, demandarían la explotación de nuestros recursos naturales.

De otra parte, en el objetivo 12, Producción y consumo responsables, son evidentes las contribuciones a las metas 12.4 (lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente), 12.5 (reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización) y 12.a (ayudar a los países en desarrollo a fortalecer su capacidad científica y tecnológica para avanzar hacia modalidades de consumo y producción más sostenibles). La Política promueve las buenas prácticas a lo largo del ciclo de vida de los AEE, el desarrollo de la infraestructura y las capacidades técnicas para crear negocios verdes y la creación de una industria del reciclaje y recuperación de materiales en el país.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 43 21/12/2023 4:07:03 p. m.

Figura 14. Metas para el cumplimiento de los ODS relacionados con la gestión integral de los RAEE



8 *TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO*

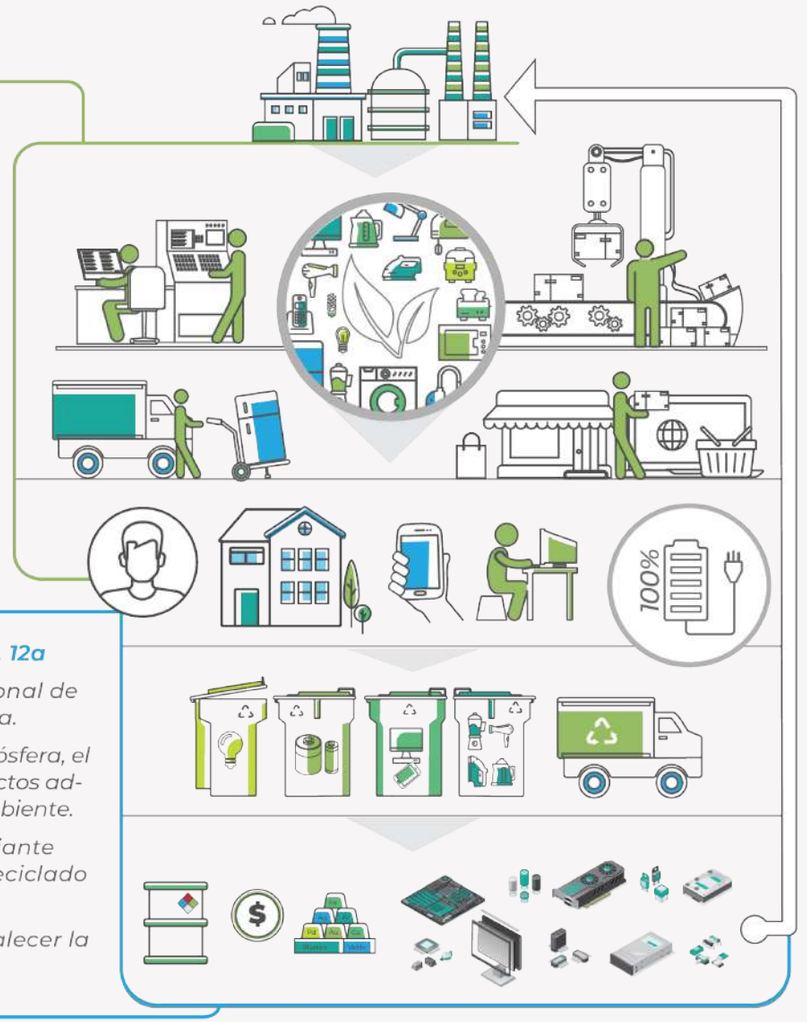
*Principales metas relacionadas: **8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7 y 8.8***

- *Mejorar la producción y el consumo eficientes de los recursos.*
- *Desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental.*
- *Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro.*
- *Generar empleo y trabajo decente.*
- *Eliminar el trabajo infantil.*

12 *PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES*

*Principales metas relacionadas: **12.4, 12.5, 12a***

- *Lograr la gestión ambientalmente racional de los residuos a lo largo de su ciclo de vida.*
- *Reducir la liberación de residuos a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.*
- *Reducir la generación de residuos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.*
- *Ayudar a los países en desarrollo a fortalecer la capacidad científica y tecnológica.*



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 44 21/12/2023 4:07:04 p. m.

Marco legal y desarrollo normativo para la gestión integral

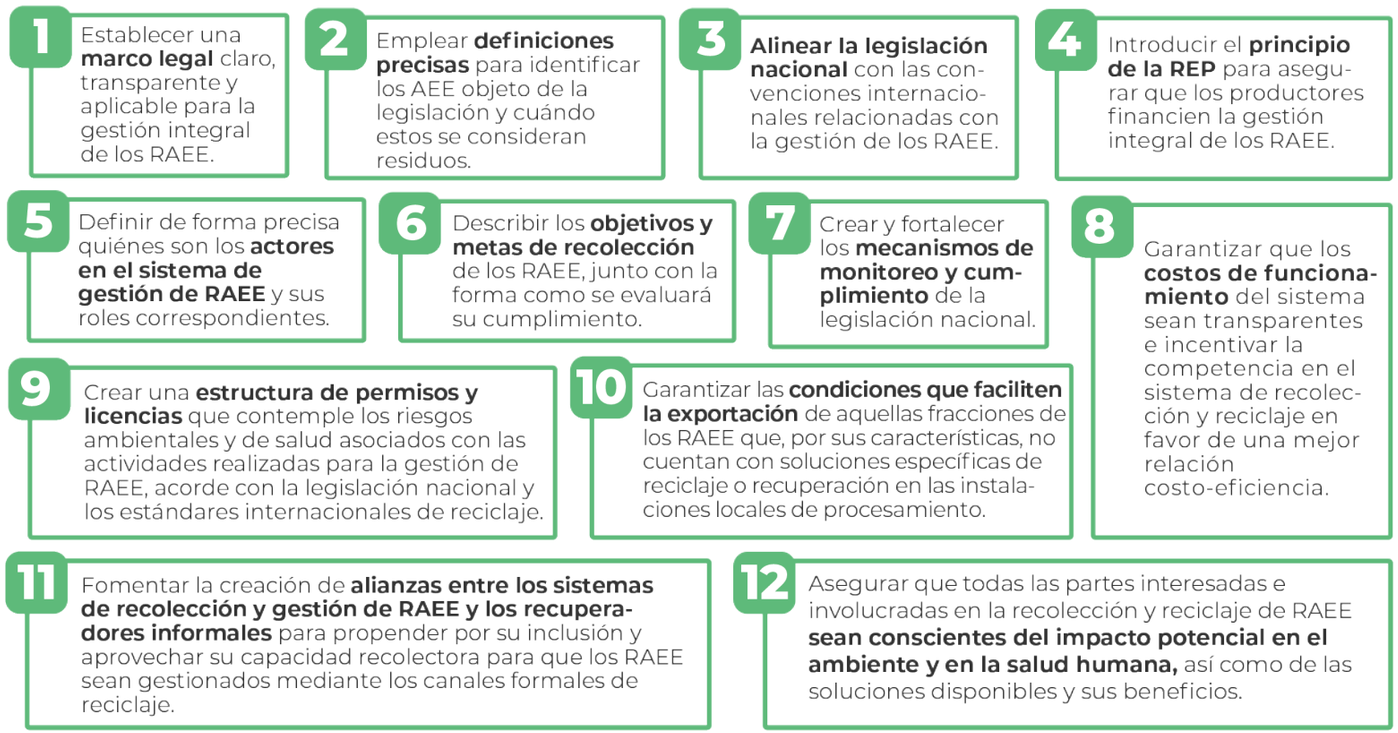
Establecer un marco legal claro es uno de los pilares críticos para la implementación de la gestión integral de los RAEE. De acuerdo con los estudios de Perry et al. (2018), existen lineamientos internacionales que expresan los mínimos que debe contener una legislación sobre residuos electrónicos basados en la REP, los cuales se recopilaron y son presentados en la Figura 15.

Colombia se ha posicionado como un referente en la gestión de los RAEE en la región Latinoamericana, y cuenta con una normativa sólida y en desarrollo, como se aprecia en la Figura 16. Si bien las primeras regulaciones se expidieron en 2010, fue mediante la Ley 1672 de 2013 que se estableció el marco general de la aplicación de la REP a la gestión integral de los RAEE y, a partir de ahí, se han desarrollado diversos actos administrativos que reglamentan dicha ley.

En 2010, el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial reglamentó los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de pilas y acumuladores, bombillas, computadores y periféricos, a través de las Resoluciones 1297 del 8 de julio de 2010, 1511 del 5 de agosto de 2010 y 1512 del 5 de agosto de 2010, las cuales se encuentran derogadas actualmente.

Posteriormente, el Minambiente ha venido reglamentando la Ley por medio del Decreto 284 de 2018 y la Resolución 851 de 2022, en la cual se define la lista clasificada de los AEE sujetos a la REP; establece las condiciones y requisitos para la conformación, aprobación, operación, seguimiento y control de los sistemas de recolección y gestión de RAEE; determina los indicadores de gestión, y criterios de seguimiento y aprobación de los sistemas, la retoma de los RAEE por parte de los comercializadores de AEE, entre otros aspectos.

Figura 15. ***Lineamientos generales para el desarrollo del marco legal y normativo de los RAEE***



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 45 21/12/2023 4:07:04 p. m.

Figura 16. Desarrollo normativo y de política pública para la gestión integral de los RAEE



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 46 21/12/2023 4:07:05 p. m.

La responsabilidad extendida del productor en Colombia



Fotografía: Minambiente.

La REP es un principio político para promover mejoras ambientales, al extender las responsabilidades de los productores de AEE, especialmente a su recuperación, reciclaje y disposición final. El concepto de REP se adoptó en Colombia con la Política ambiental para la gestión integral de los residuos o desechos peligrosos, expedida por el MAVDT en 2005. Dicha Política estableció los Planes de gestión de devolución de productos posconsumo, instrumento que equiparó la responsabilidad de los importadores y fabricantes de productos de consumo masivo con características de peligrosidad a la de los generadores de RESPEL, en cuanto a la gestión final de esos productos.

De acuerdo con ese concepto, es responsabilidad del productor establecer y financiar una serie de mecanismos de devolución, habilitados para el uso del consumidor, de algunas corrientes de residuos peligrosos y de manejo diferenciada para garantizar que recibirán una gestión ambientalmente responsable. Adicionalmente, esos sistemas deben contar con estrategias de difusión y de sensibilización para lograr la participación eficiente del usuario y, de este modo, cumplir con la responsabilidad de la consecución de unas metas de recolección y de cubrimiento nacional.

Los primeros productos regulados correspondían a residuos peligrosos, como envases o empaques de plaguicidas, medicamentos vencidos, baterías de plomo-ácido usadas, pilas y acumuladores, y lámparas y tubos de descarga fluorescente. Posteriormente, se regularon residuos de manejo diferenciado como los computadores y periféricos, y las llantas usadas. De acuerdo con reportes de la ANLA, en 2021 había 235 productores de computadores, periféricos, pilas, acumuladores y bombillas con sistemas de recolección y gestión de RAEE implementados (12 colectivos y 74 individuales), los cuales, en el mismo año, recolectaron y gestionaron alrededor de 5.300 toneladas de residuos de estos aparatos.



Fuente: Minambiente.



Fuente: Minambiente.



Fuente: Minambiente.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 47 21/12/2023 4:07:06 p. m.

Actores involucrados en la gestión integral de los RAEE

Los actores involucrados en la gestión integral de los RAEE cumplen con un rol específico según sea su posición en el ciclo de vida de los AEE: los productores y comercializadores o distribuidores de los AEE, los usuarios, los SRyG de RAEE, y las empresas que realizan el manejo final o aprovechamiento de los RAEE.

Asimismo, hay otros actores públicos y privados indirectamente involucrados con alguna de las etapas del ciclo de vida de los AEE, pero que cumplen una función primordial, bien sea en la formulación de las políticas y regulaciones, en la ejecución de los planes de acción, la administración pública de la gestión, y el seguimiento y control a la misma, o en la difusión, educación, sensibilización y defensa de los usuarios de los aparatos. El Anexo 3 presenta una síntesis de los actores con una reseña de quiénes son y el rol que deben cumplir para que se asegure una gestión integral efectiva de los RAEE en Colombia.

En la Figura 17 se presenta una síntesis de las responsabilidades y obligaciones establecidas en la Ley 1672 de 2013 y en el Decreto 284 de 2018.

Sistemas de recolección y gestión de RAEE

Los sistemas de recolección y gestión de RAEE son el instrumento de control que contiene el conjunto de actividades desarrolladas por el productor de AEE para garantizar la recolección y gestión integral de los RAEE, con el fin de prevenir y controlar los impactos en la salud y el ambiente.

El sistema de recolección y gestión de RAEE (SRyG) se concibe como una estructura legal y de logística compuesta por varios elementos: i) las normas legales que rigen la conformación del sistema, su aprobación, operación, evaluación, seguimiento y control; ii) las áreas operativas de logística de recolección, transporte, acopio y gestión ambientalmente adecuada de los RAEE, a través de las instalaciones de gestión licenciadas; iii) la administración y financiación del sistema; y iv) los mecanismos de información para controlar el flujo de los RAEE dentro y fuera de la jurisdicción del sistema.

Generalmente, los productores pueden optar por implementar un SRyG de RAEE de manera individual, recolectando los AEE de su propia marca, o bien, pueden aunar esfuerzos con otros productores y crear un sistema colectivo o adherirse a otro ya existente. En el caso colombiano, la Ley 1672 de 2013 permite las dos modalidades de sistemas, además de la libertad de conformar uno o varios sistemas colectivos, sin que estas entidades sustituyan las responsabilidades y obligaciones individuales de cada productor asociado.



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 48 21/12/2023 4:07:06 p. m.

Figura 17. *Obligaciones de los actores involucrados en el sistema de recolección y de gestión de RAEE*



Fuente: adaptado de Congreso de Colombia (2013) y Minambiente (2018).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 49 21/12/2023 4:07:07 p. m.

El Minambiente ha establecido que los productores de AEE de consumo masivo, es decir, aquellos AEE utilizados en hogares, en establecimientos comerciales, empresas o instituciones, deben conformar e implementar un SRyG de RAEE, el cual estará bajo la vigilancia y control de la ANLA.

Por otra parte, aquellos productores que importen AEE de uso industrial o profesional, esto es, aquellos AEE usados en instalaciones industriales o de gran tamaño, o que requieren de profesionales para su instalación, uso y desinstalación deben implementar un SRyG de RAEE, el cual no estará sujeto a evaluación, aprobación y seguimiento por parte de la ANLA.

No obstante, estos productores deberán informar a los usuarios el mecanismo que implementarán para la devolución y retoma de los residuos. Este mecanismo y sus condiciones se podrán pactar desde el momento mismo de la compra, mediante acuerdos empresa a empresa (B2B o *business to business*).

Se exime a las personas jurídicas que importan o manufacturan AEE para fines exclusivos de su actividad empresarial acordes a su objeto social y que no están relacionados con la puesta en el mercado o la comercialización de estos.

Para mayor orientación, la Resolución 851 de 2022 incluye en su Anexo 1 una lista de los AEE identificados por subpartida arancelarias de diez dígitos y clasificados por consumo masivo, o uso industrial o profesional, de tal forma que el productor puede conocer si está obligado a presentar e implementar un sistema de recolección y gestión de RAEE vigilado o no por la ANLA.

En el flujograma de la Figura 18 se indican los pasos y decisiones que orientan al productor de AEE para conformar un sistema de recolección y gestión de RAEE.[5]



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

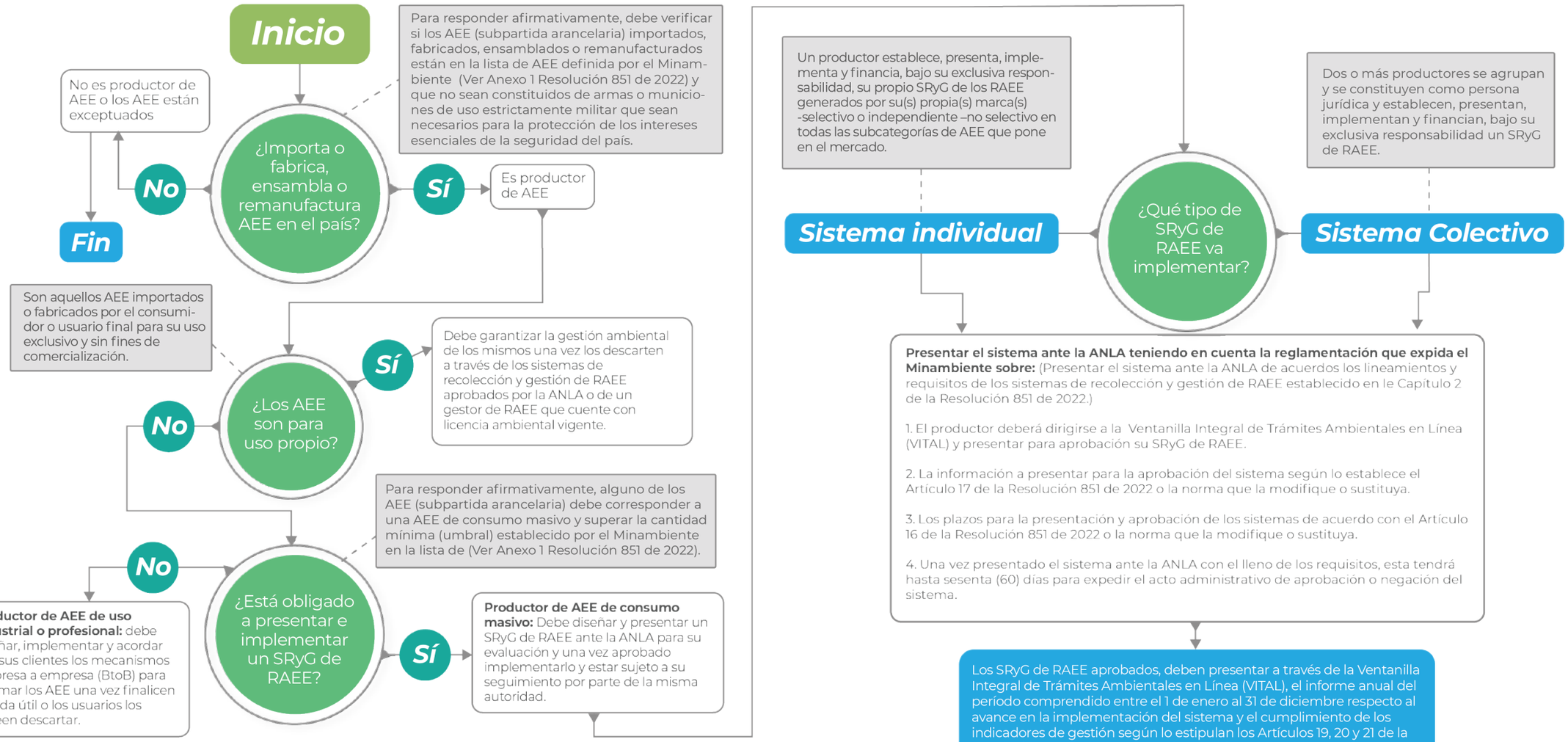


Fotografía: Corporación EcoCómputo.

5 La información adicional sobre los requisitos, criterios de evaluación, excepciones o casos especiales, entre otros, podrá ampliarse en la normativa aplicable y vigente correspondiente a la gestión de RAEE (ver Anexo 5).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 50 21/12/2023 4:07:07 p. m.

Figura 18. Flujograma de pasos y decisiones para la implementación de un SRyG de RAEE



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 51 21/12/2023 4:07:08 p. m.

Logística de recolección de RAEE

Colombiacuentaconsistemasderecolección y gestión de residuos de computadores, periféricos, pilas, acumuladores y bombillas fluorescentes implementados desde 2011. A partir del 1 de enero de 2023, con la entrada en vigencia de la Resolución 851 de 2022, se tendrán SRyG de RAEE para todos los AEE de consumo masivo (14 subcategorías). Los sistemas han diseñado e implementado mecanismos de logística inversa para facilitar la devolución de estos residuos del consumidor hacía el productor.

Los mecanismos de devolución y retoma varían de acuerdo con las condiciones de densidad poblacional y ubicación geográfica de los usuarios, las cantidades de RAEE, el tipo de RAEE o, incluso, de la fuente de la cual provienen los equipos descartados (hogares, instituciones o empresas). Los principales mecanismos empleados son los siguientes:

Puntos fijos de recolección: representan el mecanismo más utilizado por los SRyG y se sitúan en lugares de fácil acceso al público como: centros comerciales, supermercados, grandes superficies, establecimientos comerciales especializados, conjuntos residenciales o instituciones como colegios, universidades, sedes administrativas de las entidades nacionales y territoriales, o de las autoridades ambientales. Generalmente son contenedores o recipientes adecuados y debidamente señalizados según el tipo de RAEE, para que los usuarios dispongan sus residuos.



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Centros de acopio: son lugares dispuestos para almacenar temporalmente los RAEE procedentes de los mecanismos de recolección de los SRyG de RAEE implementados por los productores. En los centros de acopio solo se pueden desarrollar actividades de separación, clasificación, pesaje o embalaje de los residuos, previas a su envío a plantas de tratamiento.

Algunos centros de acopio municipales pueden estar también habilitados como puntos de recolección fijos, no solo para los RAEE, sino también para otros residuos posconsumo, por ejemplo, medicamentos usados o vencidos, envases de plaguicidas domésticos, llantas usadas, aceites de cocina, baterías de vehículos usadas, y envases y empaques, siempre y cuando cumplan las condiciones definidas en las respectivas reglamentaciones.



Fotografía: Área Metropolitana de Bucaramanga.



Fotografía: Minambiente.

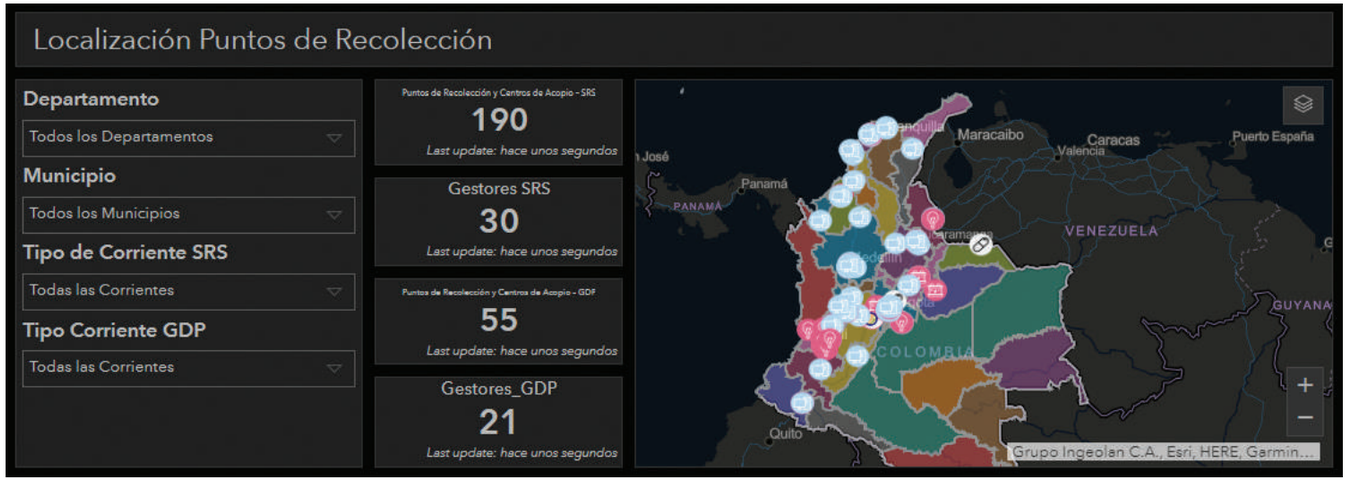
1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 52 21/12/2023 4:07:09 p. m.

Jornadas o campañas de recolección: son eventos organizados, generalmente con el liderazgo o el auspicio de las autoridades ambientales regionales y con la participación de los sistemas recolección y gestión de RAEE. En ellos se instalan puntos de recolección por un periodo determinado en sitios como parques públicos, coliseos, sedes deportivas o sedes administrativas de entidades públicas.

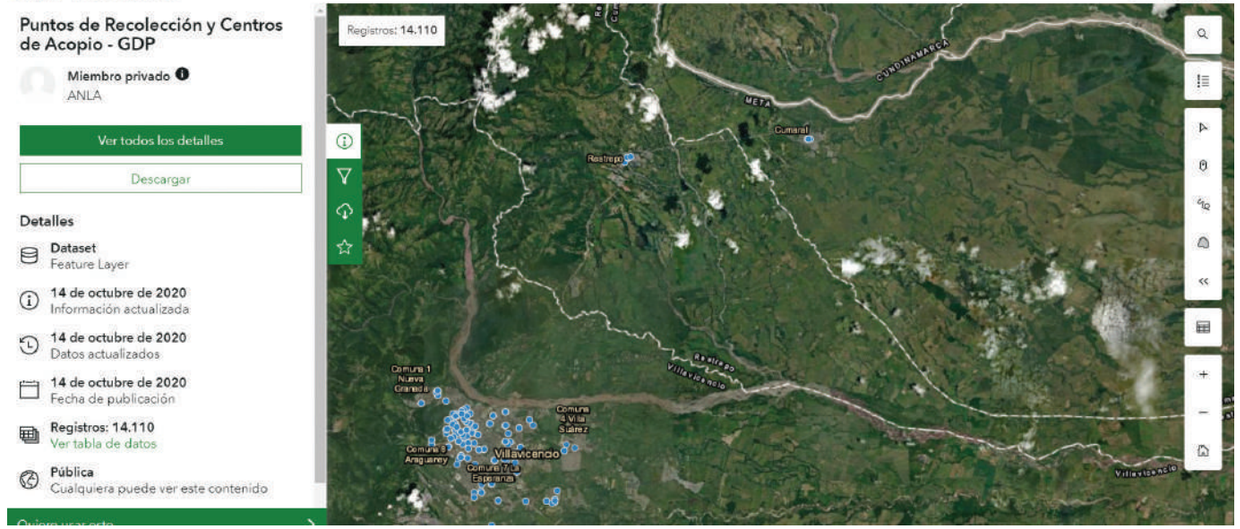
Otros mecanismos de recolección: se consideran otros mecanismos de recolección aquellos diferentes a los anteriormente mencionados y que permiten la retoma de los residuos por parte de los SRyG de RAEE. Por ejemplo, la recogida puerta a puerta, las rutas selectivas de recolección, el correo postal o la recepción del RAEE, por parte de un comercializador, en su punto de venta.

¿Cómo ubicar los puntos de recolección?

Los usuarios pueden identificar y ubicar los puntos de recolección de RAEE (y otros residuos de gestión posconsumo) ofrecidos por los productores en todo el país por medio del Portal de Datos Abiertos de la ANLA (enlace) o del Portal de Sustancias Químicas del Minambiente (enlace).



Fuente: Portal de Sustancias Químicas del Minambiente.



Fuente: Portal de Datos Abiertos de la ANLA.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 53 21/12/2023 4:07:09 p. m.



3 LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE LOS RAEE

3 LINEAMIENTOS PARA LA GESTIÓN DE LOS RAEE

El propósito de este capítulo es brindar información detallada sobre los requisitos legales, administrativos y recomendaciones técnicas que deberían ser consideradas en cada una de las actividades involucradas en el manejo de los RAEE. La adopción de las buenas prácticas propuestas facilitará el cumplimiento de la regulación nacional aplicable y vigente, el conocimiento de la cadena de valor del residuo, la optimización de procesos, el control de las fracciones o sustancias con carácter de peligrosidad y, por ende, la minimización y prevención de los riesgos para la salud humana y el ambiente.

Aunque las empresas gestoras de RAEE son quienes deben seguir estos lineamientos, otros actores, como los productores y sus SRyG de RAEE, y las autoridades ambientales, también pueden usar esta información para cumplir con sus responsabilidades particulares.

Lineamientos generales para el manejo de los RAEE

Los actores involucrados en el manejo de los RAEE deben cumplir con las obligaciones legales vigentes y aplicables a su rol, y también deben adoptar buenas prácticas que optimicen los procesos y prevengan los riesgos asociados a los RAEE.

A continuación, se encuentra una descripción de los lineamientos principales que deben tenerse en cuenta en las diferentes actividades del manejo de los RAEE.



Fotografía: Freepik.

Requerimientos legales

Los SRyG, los gestores de RAEE y otros actores de la cadena de gestión deben acatar lo establecido en el marco legal para la gestión integral de los RAEE y otros requisitos legales que sean aplicables, de acuerdo con el tipo de actividad económica que desarrollen. Por ejemplo, requisitos relativos a las relaciones laborales, las condiciones de SST y el control de la contaminación, entre otros. Por consiguiente, es recomendable que las organizaciones identifiquen y compilen todos los requisitos legales exigibles que deben cumplir de acuerdo con el rol y el tipo de actividad que realizan.

Para tal fin, el gestor o el SRyG puede emplear herramientas, como una matriz legal, que facilite el seguimiento y el control del cumplimiento de sus obligaciones legales y, adicionalmente, que oriente su actuación administrativa y el correcto funcionamiento, ejercicio

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 55 21/12/2023 4:07:10 p. m.

y desarrollo de las actividades. La matriz legal debe contener, como mínimo, la información de la norma y los requisitos legales que aplican, el plan e indicadores de cumplimiento, y las personas responsables del plan, entre otros, como se muestra en el ejemplo de la Tabla 1. Quien realice la gestión de los RAEE debe tener en cuenta, como mínimo, el marco normativo colombiano que se encuentra descrito en la Figura 16.

Lineamientos administrativos y organizacionales

Además de los requisitos legales y técnicos propios al manejo de RAEE, se recomienda que los SRyG y los gestores cuenten con un sistema de gestión organizacional basado en procesos y con un enfoque PHVA (planear, hacer, verificar y actuar). La implementación del sistema de gestión permite diseñar y establecer una estructura estratégica para interactuar con toda la organización, controlar cada proceso e introducir mejoras continuas, aumentar su competitividad y satisfacer las necesidades y exigencias de los diferentes grupos de interés. En la Figura 19 se muestran los componentes principales que deben ser considerados dentro de un sistema de gestión y presenta una breve explicación de cada uno de ellos.

Tabla 1. ***Modelo de matriz legal***

Ejemplo de matriz legal											
Fecha de elaboración:				*Fecha de actualización:*							
Responsable:											
Temática	***Norma***	***Año***	***Título***	***Artículo aplicable***	***Descripción del requisito***	***Actividad***	***Evidencia de cumplimiento***	***Responsable***	***Indicador***	***Fecha de seguimiento***	***Observaciones***
SST											
Ambiental											
Gestión de RAEE											

Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 56 21/12/2023 4:07:10 p. m.

Figura 19. *Componentes de un sistema de gestión*



Fuente: elaboración propia.

Identificación de riesgos e impactos: se recomienda que la identificación se realice para cada una de las actividades involucradas en el manejo ambientalmente responsable de los RAEE y, como resultado, se deben establecer e implementar acciones que los prevengan, minimicen y controlen. Para tal fin, se puede emplear como referencia la NTC-ISO 31000:2018 Gestión del riesgo.

Caracterización de grupos de interés: es importante mapear y caracterizar los grupos de interés que interactúan con la organización y que pueden ser impactados o tener influencia en las actividades que lleva a cabo cada SRyG o gestor. De esta manera, la organización puede implementar acciones que satisfagan las necesidades de cada grupo objetivo.

Documentación de los procesos: en un sistema de gestión, la documentación es indispensable porque permite organizar la información y verificar el cumplimiento de las obligaciones legales, los procesos establecidos y los planes de trabajo instaurados. En la gestión de los RAEE existen documentos que son necesarios para llevar la trazabilidad de los residuos recolectados y para evidenciar el desempeño en cada una de las actividades realizadas.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 57 21/12/2023 4:07:11 p. m.

La Figura 20 indica algunos ejemplos de documentos o registros necesarios en las diferentes actividades que pueden ser incluidos en la documentación de los gestores SRyG o de RAEE [6].

Figura 20. Ejemplos de documentos o registros para el manejo de los RAEE

Ejemplo Constancia de recibo de RAEE

N°: _____

Datos del usuario

Nombre o razón social: _____ Fecha de entrega: _____

Identificación o NIT: _____ Nombre persona de contacto: _____

Ciudad: _____ Teléfono persona de contacto: _____

Dirección: _____ Correo electrónico persona de contacto: _____

Categoría	Subcategoría	Unidades	Peso (kg)	Observaciones
Aparatos electrodomésticos	Cocinas y hornos			
	Enseres de audio y video			
	Enseres mayores de hogar			
	Enseres menores de calentamiento			
	Enseres menores de cocina			
	Enseres menores de hogar			
	Enseres menores personales			
	Equipos de acondicionamiento de aire			
	Herramientas para el hogar			
	Refrigeración doméstica y comercial			
Electrónica y equipos de telecomunicaciones	Antenas para telecomunicaciones			
	Circuitos electrónicos			
	Componentes electrónicos			
	Computadores y equipos para tratamiento de datos			
	Electrónica de consumo			
	Equipos de instrumentación y control			
	Equipos de telecomunicaciones			
	Equipos electrodomésticos			
	Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras			
Maquinaria y equipo eléctrico	Cables y conductores			
	Equipo industrial			
	Equipos de control y protección			
	Equipos de iluminación			
	Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos			
	Grupos electrógenos			
	Máquinas y aparatos de oficina			
	Motores y generadores			
	Otros aparatos y sistemas			
	Piezas eléctricas			
	Pilas y acumuladores			
	Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales			
	Transformadores			
	TOTAL:			

NOMBRE Y FIRMA DE PERSONA QUE RECIBE: _____

CORREO CONTACTO DE PERSONA QUE RECIBE: _____

Ejemplo Bitácora de recepción/entrega de RAEE

Datos del usuario/receptor

Nombre o razón social: _____ N° de manifiesto: _____

Identificación o NIT: _____ Fecha de cargue: _____

Ciudad: _____ Nombre persona de contacto: _____

Dirección: _____ Teléfono persona de contacto: _____

Datos del transportista y empresa gestora

Tipo Vehículo: Van ◯ Turbo ◯ Sencillo ◯ Patineta ◯ Tractomula ◯

Placa: _____ Razón social empresa gestora: _____

Nombre coductor: _____ NIT: _____

Documento identificación conductor: _____ Fecha de descargue en planta: _____

Categoría	Subcategoría	Unidades	Peso (kg)	Observaciones
Aparatos electrodomésticos	Cocinas y hornos			
	Enseres de audio y video			
	Enseres mayores de hogar			
	Enseres menores de calentamiento			
	Enseres menores de cocina			
	Enseres menores de hogar			
	Enseres menores personales			
	Equipos de acondicionamiento de aire			
	Herramientas para el hogar			
	Refrigeración doméstica y comercial			
Electrónica y equipos de telecomunicaciones	Antenas para telecomunicaciones			
	Circuitos electrónicos			
	Componentes electrónicos			
	Computadores y equipos para tratamiento de datos			
	Electrónica de consumo			
	Equipos de instrumentación y control			
	Equipos de telecomunicaciones			
	Equipos electrodomésticos			
	Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras			
Maquinaria y equipo eléctrico	Cables y conductores			
	Equipo industrial			
	Equipos de control y protección			
	Equipos de iluminación			
	Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos			
	Grupos electrógenos			
	Máquinas y aparatos de oficina			
	Motores y generadores			
	Otros aparatos y sistemas			
	Piezas eléctricas			
	Pilas y acumuladores			
	Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales			
	Transformadores			
	Total			

Datos de la persona que recibe en la instalación

Nombre: _____

Correo electrónico: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Ejemplo Certificación de gestión de RAEE

Datos del usuario

N° certificado: _____ Logo del gestor: _____

Razón social gestor: _____

NIT del gestor: _____ Nombre del SRyG: _____

Ciudad del gestor: _____ Nombre persona de contacto: _____

Dirección del gestor: _____ Teléfono persona de contacto: _____

Declaración de recepción de RAEE

La empresa gestora XXX con NIT XXXX, quien actúa en calidad de operador del Sistema de Recolección y Gestión XXXXXX certifica que ha realizado las actividades (almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento o disposición final, etc.) autorizadas bajo la Licencia Ambiental N° ,expedida el xx del mes xxx del año xxxx por Nombre de la Autoridad Ambiental a los RAEE descritos a continuación:

Categoría	Subcategoría	Unidades	Peso (kg)	Observaciones
Aparatos electrodomésticos	Cocinas y hornos			
	Enseres de audio y video			
	Enseres mayores de hogar			
	Enseres menores de calentamiento			
	Enseres menores de cocina			
	Enseres menores de hogar			
	Enseres menores personales			
	Equipos de acondicionamiento de aire			
	Herramientas para el hogar			
	Refrigeración doméstica y comercial			
Electrónica y equipos de telecomunicaciones	Antenas para telecomunicaciones			
	Circuitos electrónicos			
	Componentes electrónicos			
	Computadores y equipos para tratamiento de datos			
	Electrónica de consumo			
	Equipos de instrumentación y control			
	Equipos de telecomunicaciones Equipos electrodomésticos			
	Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras			
Maquinaria y equipo eléctrico	Cables y conductores			
	Equipo industrial			
	Equipos de control y protección			
	Equipos de iluminación			
	Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos			
	Grupos electrógenos			
	Máquinas y aparatos de oficina			
	Motores y generadores			
	Otros aparatos y sistemas			
	Piezas eléctricas			
	Pilas y acumuladores			
	Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales			
	Transformadores			

El certificado se expide el día, mes, año.

Total: _____

Firma del representante legal o delegado: _____

Cargo persona responsable: _____

Fuente: elaboración propia.

6 Se debe tener en cuenta lo establecido por la Resolución 851 de 2022 sobre la información mínima establecida para las certificaciones de gestión de RAEE (artículo 22), las constancias de recibo de RAEE (artículo 10) y las bitácoras que soportan la recepción y entrega de los RAEE (artículo 8).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 58 21/12/2023 4:07:12 p. m.

Formación: el sistema de gestión debe contar con un programa anual de formación, enfocado en las necesidades de los colaboradores según su perfil: operativo, logístico, administrativo o directivo. El programa debe incluir, como mínimo, las políticas y procedimientos establecidos por la organización, y debe fomentar la cultura de buenas prácticas en materia de SST, calidad, sostenibilidad ambiental y manejo de los RAEE.

Disponibilidad de recursos: la dirección de la organización debe garantizar que existan los recursos humanos, técnicos, tecnológicos y financieros necesarios para el funcionamiento y la sostenibilidad del sistema de gestión, el cual debe estar acorde con las necesidades que tenga el SRyG o el gestor de RAEE.

Evaluación del sistema: existen diferentes herramientas para hacer seguimiento y control al sistema, por ejemplo, mediante el uso de indicadores, o la realización de auditorías internas o externas en el área de interés (SST, ambiental, calidad, etc.). Algunos ejemplos de indicadores se encuentran en la Tabla 2. Estos deben ser medibles, verificables e incluir un valor de referencia o un umbral que permita interpretar el resultado como una desviación o un cumplimiento del objetivo.

Mejora continua: el sistema de gestión debe ser dinámico y demanda ser retroalimentado con los resultados de evaluaciones previas, los cambios internos de la organización, las actualizaciones de la operación, las modificaciones del marco normativo, entre otros.

De esta manera, podrá adoptar de manera oportuna las medidas preventivas y las medidas correctivas que permitan optimizar el desarrollo de las actividades asociadas al manejo de los RAEE y al funcionamiento de la organización.

Tabla 2. Ejemplos de indicadores en un sistema de gestión

Sistema de gestión	*Tipo de indicador*	*Indicador*	*Forma de cálculo*
Salud y seguridad en el trabajo	**Resultados**	Accidentalidad: -Número de veces que ocurre un accidente de trabajo en un periodo de tiempo determinado.	Número de accidentes de trabajo que se presentaron / mes o año
		Exámenes ocupacionales: -Número de trabajadores aptos para una operación.	Número de trabajadores aptos / Número de trabajadores evaluados
		Programa SST: -Cumplimiento de actividades programadas en un periodo de tiempo determinado.	N° actividades efectuadas / N° actividades totales
	Actividades	Formación: -Número de actividades realizadas en un periodo de tiempo determinado.	N° de capacitaciones en SST efectuadas / N° de capacitaciones en SST planificadas
		Control: -Número de exámenes periódicos realizados en un periodo determinado.	N° de exámenes periódicos realizados / N° de exámenes periódicos programados
		Seguimiento: -Cumplimiento de requisitos legales relacionados con SST.	Número de requisitos legales en SST cumplidos / Número de requisitos legales en SST identificados

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 59 21/12/2023 4:07:13 p. m.

Sistema de gestión	Tipo de indicador	Indicador	Forma de cálculo
Salud y seguridad en el trabajo	Reactivos	Frecuencia: -Número de veces que ocurre un accidente laboral, en un período de tiempo determinado.	(N° de casos nuevos y antiguos de enfermedad laboral en el periodo determinado / Promedio de trabajadores en el periodo determinado) * 100.000
		Severidad: -Número de días perdidos por accidentes de trabajo al mes.	N° de días de incapacidad por accidente de trabajo en el mes + número de días cargados en el mes / N° de trabajadores en el mes
		Incidencia: -Número de casos nuevos de una enfermedad en una población determinada y en un período de tiempo determinado.	N° de casos nuevos de enfermedad laboral en el periodo de tiempo determinado / Promedio de trabajadores en el periodo determinado) * 100.000
Calidad	Eficacia de los procesos	Gestión de los servicios: -Cumplimiento del número de recolecciones de RAEE programadas en un periodo de tiempo determinado.	N° de rutas de recolección efectuadas / N° rutas de recolección programadas
		Tiempo: -Plazo de entrega de un lote desensamblado en un tiempo determinado.	N° de días utilizados / N° de días presupuestados
	Mejora continúa	Medición del servicio: -Cumplimiento del número de acciones correctivas planificadas en un periodo de tiempo determinado.	N° de acciones correctivas implementadas a la fecha / N° total de acciones correctivas programadas
Ambiental	Desempeño de gestión	Actividades de la organización: -Cantidad de operarios capacitados en buenas prácticas para la manipulación de RAEE.	N° de operarios capacitados / N° de operarios totales a entrenar
	Desempeño operacional	Salidas de materiales de la operación: -Cantidad de residuos peligrosos generados por unidad de tipo de RAEE.	Kilogramos de RESPEL / Unidad de tipo de RAEE
	Estado ambiental	Relaciones de las condiciones ambientales con las actividades de la organización: -Cálculo de los niveles de plomo en la sangre en los empleados que manipulan RAEE.	Niveles de plomo en µg/dL

Fuente: elaboración propia.

Lineamientos técnicos los aquí presentados son una recopilación de las mejores prácticas, estándares y normas técnicas utilizadas internacionalmente para el manejo y aprovechamiento de los RAEE. Asimismo, se han incluido algunas condiciones y requisitos técnicos que están establecidos en la regulación nacional.

Los estándares para la gestión de los RAEE tienen como objetivo promover la normalización, homogenización e implementación de las mejores prácticas en cada una de las actividades de manejo, a fin de facilitar el desarrollo y crecimiento del sector dentro de un mercado global.

Estos estándares son desarrollados, generalmente, por organizaciones internacionales, en las cuales participan diferentes actores del sector público y privado y, por lo tanto, son ampliamente utilizados por organizaciones de responsabilidad de productores (ORP) y empresas gestoras de RAEE. Algunos de ellos han sido adoptados por los gobiernos como base para la regulación de la gestión de RAEE. En la Tabla 3 se presenta la información sobre los estándares principales para la gestión de los RAEE.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 60 21/12/2023 4:07:14 p. m.

Tabla 3. Estándares para la gestión de los RAEE

Estándar	Origen	Administrador	Versiones	Página WEB
NTC 6352 (parte 1 y 2)	Colombia	ICONTEC	2019	https://www.icontec.org/
EN 50625	Europa	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica / 2013	2013 2014	https://www.cenelec.eu/index.html
e-Stewards	U.S.A.	Basel Action Network -BAN / 2012	2008 2013	http://e-stewards.org/
R2	U.S.A.	SERI / 2010	2008 2013 2021	https://sustainableelectronics.org/r2/
WEEELABEX[1]	Europa	WEEE Forum / 2010	2009 2012	https://www.weeelabex.org/standards/

[1] Estándar utilizado para la construcción del estándar CENELEC.

Fuente: elaboración propia.

Basado en algunos de estos estándares, en 2009 el Minambiente elaboró la primera guía técnica en Latinoamérica para el manejo de los RAEE: *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.* En 2019, se conformó un comité técnico liderado por el ICONTEC, para el desarrollo de la Norma Técnica Colombiana 6352, Gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Esta norma es una adaptación del estándar EN 50625 al contexto colombiano y consta de dos partes: una con los requisitos para orientar la logística de RAEE y, otra, con los requisitos para el tratamiento de RAEE.

Los lineamientos técnicos principales fueron organizados en siete fichas técnicas de acuerdo con las actividades y subactividades para el manejo de RAEE en Colombia, establecidas en los términos de referencia para los estudios de impacto ambiental de instalaciones de gestión de RAEE, tal como se describe en la Tabla 4. Adicionalmente, se presenta una ficha con lineamientos que son transversales a todas las actividades para el manejo de RAEE, como administrativos, organizacionales, de infraestructura, entre otros.



Fotografía: Orinoco E-Scrap S.A.S

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 61 21/12/2023 4:07:15 p. m.

Tabla 4. Actividades y subactividades para el manejo de los RAEE

Operaciones	Actividades						
	Ficha 2. Recolección	Ficha 3. Acopio	Ficha 4. Transporte	Ficha 5. Almacenamiento	Ficha 6. Preparación para la reutilización	Ficha 7. Tratamiento / Aprovechamiento	Ficha 8. Disposición final
Pesaje	X	X	X	X	X	X	X
Cargue / Descargue	X	X	X	X	X	X	X
Clasificación	X	X	X	X	X	X	X
Separación	X	X	X	X		X	X
Empaque / Reempaque	X	X		X	X	X	X
Pruebas de funcionalidad					X	X	
Limpieza / Lavado					X	X	
Reparación					X		
Reacondicionamiento					X		
Remanufactura					X	X	
Desensamble manual					X	X	
Desensamble mecánico						X	
Desensamble automatizado						X	
Descontaminación					X	X	
Extracción de fluidos, sustancias y mezclas					X	X	
Trituración						X	
Fragmentación						X	
Compactación						X	
Peletización						X	
Tratamiento manual, mecánico, químico, físico y térmico.						X	

Fuente: Minambiente (2019).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 62 21/12/2023 4:07:16 p. m.

Actividades para el manejo de RAEE

Como se explicó en el Capítulo 1, los usuarios finales son quienes toman la decisión de descartar sus aparatos y, por lo tanto, tienen la responsabilidad de entregar los RAEE a los SRyG. Cabe resaltar que los SRyG y sus mecanismos de recolección están disponibles para las organizaciones públicas, privadas o para cualquier tipo de usuario interesado en que sus residuos tengan una gestión ambientalmente adecuada. A partir de ese momento, los RAEE son manejados a través de una secuencia de actividades enfocadas en la retoma de los aparatos, la recuperación y aprovechamiento de los materiales, y el manejo de las fracciones o sustancias con características de peligrosidad por parte de los gestores autorizados mediante licencia ambiental otorgada por la autoridad ambiental que corresponda.

Las principales actividades que no requieren licencia ambiental son la recolección, el acopio y el transporte, mientras que el almacenamiento, la preparación para la reutilización, el tratamiento, el aprovechamiento y la disposición final requieren licencia ambiental para cada una de las instalaciones del gestor de RAEE en las que se lleven a cabo estas actividades, como se muestra en la Figura 21.

Recolección y acopio

La recolección es una actividad primordial porque permite concentrar, en un solo lugar, los residuos provenientes de diferentes tipos de usuarios. La recolección debe ir acompañada de una estrategia, y mecanismos de información y sensibilización a los consumidores para que devuelvan sus RAEE a través de los SRyG de RAEE, de esta forma, el usuario debe ser informado desde el mismo instante de la compra de un AEE, a través de etiquetas en el aparato o insertos en el empaque, sobre las instrucciones para el manejo correcto y devolución al final de su vida útil.

Adicionalmente, los SRyG de RAEE deben informar permanente a los usuarios sobre los mecanismos de devolución que han dispuesto para la retoma de los RAEE, indicando la información relevante para tal fin (mecanismo disponible, dirección del lugar o evento, fecha y horario de recolección, categorías o subcategorías de RAEE que se recibirán, etc.). En la Ficha 2 se presentan los lineamientos correspondientes a la actividad de recolección.



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Una vez realizada la recolección, los RAEE pueden ser colocados temporalmente en lugares acondicionados para tal fin o trasladados directamente a las instalaciones de un gestor de RAEE. El acopio, como parte de la logística inversa (recolección), a diferencia del almacenamiento de los RAEE, no requiere de licencia ambiental. Sin embargo, los centros de acopio deben cumplir con los requerimientos legales y los lineamientos técnicos expuestos en la Ficha 3.

Transporte

El transporte de los RAEE tiene como propósito permitir el flujo de aparatos y materiales entre las diferentes actividades de manejo a través de distintos modos (carretero, fluvial, férreo, aéreo y

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 63 21/12/2023 4:07:16 p. m.

marítimo), de tal forma que se garantice la integridad de los RAEE para optimizar su aprovechamiento, así como para que se gestione el riesgo relacionado con las sustancias o fracciones con características de peligrosidad.

El transporte de los RAEE requiere un cuidado especial debido a la diversidad de componentes y sustancias constitutivos de los mismos, puesto que pueden liberarse al ambiente. En este sentido, algunos RAEE son frágiles, otros contienen gases que se pueden liberar o, incluso, presentar riesgo de incendio durante el transporte. En cualquiera de los casos, el transporte debe cumplir con los requisitos legales y con los lineamientos técnicos vigentes y aplicables en Colombia, indicados en la Ficha 4.



Fotografía: Corporación Posconsumos Lúmina.

Almacenamiento

El propósito del almacenamiento de los RAEE recolectados es el de facilitar los procesos propios de manejo y aprovechamiento, garantizando las condiciones de integridad de los residuos, la SST y la protección del ambiente. El almacenamiento es una actividad que solo debe ser efectuada por gestores con licencia ambiental en instalaciones habilitadas para tal fin, cumpliendo con el tiempo y el volumen de almacenamiento establecidos en la licencia ambiental.



Fotografía: Empa.

El almacenamiento puede incluir operaciones como pesaje, cargue, descargue, separación, clasificación y embalaje (empaque y reempaque) (ver Ficha 5).

Preparación para la reutilización

Los RAEE que presentan visualmente un buen estado físico (poco desgaste o sin daños evidentes), y que tengan especificaciones técnicas y características de funcionalidad que los hagan aptos para su reutilización pueden ser remanufacturados, reacondicionados o reparados con el objetivo de extender su vida útil. Los AEE de segunda mano que resultan de esta actividad, suelen ser donados o comercializados, minimizando así la generación de residuos. Cabe aclarar que los establecimientos que prestan el servicio de reparación o reacondicionamiento de los AEE no requieren de licenciamiento ambiental, sin embargo, deben manejar de manera adecuada las partes, o componentes eléctricos o electrónicos defectuosos o inservibles que se generen (RAEE) y, así, evitar impactos negativos en el ambiente o la salud humana. Por otra parte, los RAEE

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 64 21/12/2023 4:07:17 p. m.

recolectados en el marco de la operación de los SRyG de RAEE se deben preparar para la reutilización en instalaciones licenciadas por tratarse de una actividad de aprovechamiento de RAEE, tal como se ilustra en la Ficha 6.

Tratamiento y aprovechamiento

Como se explicó en el Capítulo 1, los RAEE tienen residuos aprovechables, no aprovechables, y fracciones o componentes con sustancias peligrosas, por lo que el tratamiento y aprovechamiento debe considerar la composición del tipo de RAEE y la jerarquía en la gestión de los RAEE (Figura 10). La recuperación y el reciclaje son subactividades que se enfocan, primero, en minimizar la disposición final de este tipo de residuos y, segundo, en obtener materiales secundarios que sirvan como fuente de energía o que puedan ser reingresados como materia prima para diferentes sectores industriales.



Fotografías: Empa.

Desensamblar los RAEE (de manera manual) es el primer paso para separar los materiales aprovechables, de los no aprovechables, y de los componentes o sustancias peligrosas. Los materiales aprovechables se agrupan de acuerdo con su naturaleza y se comercializan en mercados locales o internacionales que se encargan de su reciclaje. Por ejemplo, el acero proveniente de los RAEE es aprovechado en Colombia por siderúrgicas que reciclan chatarra ferrosa. Por otra parte, los componentes,



Fotografías: Empa.

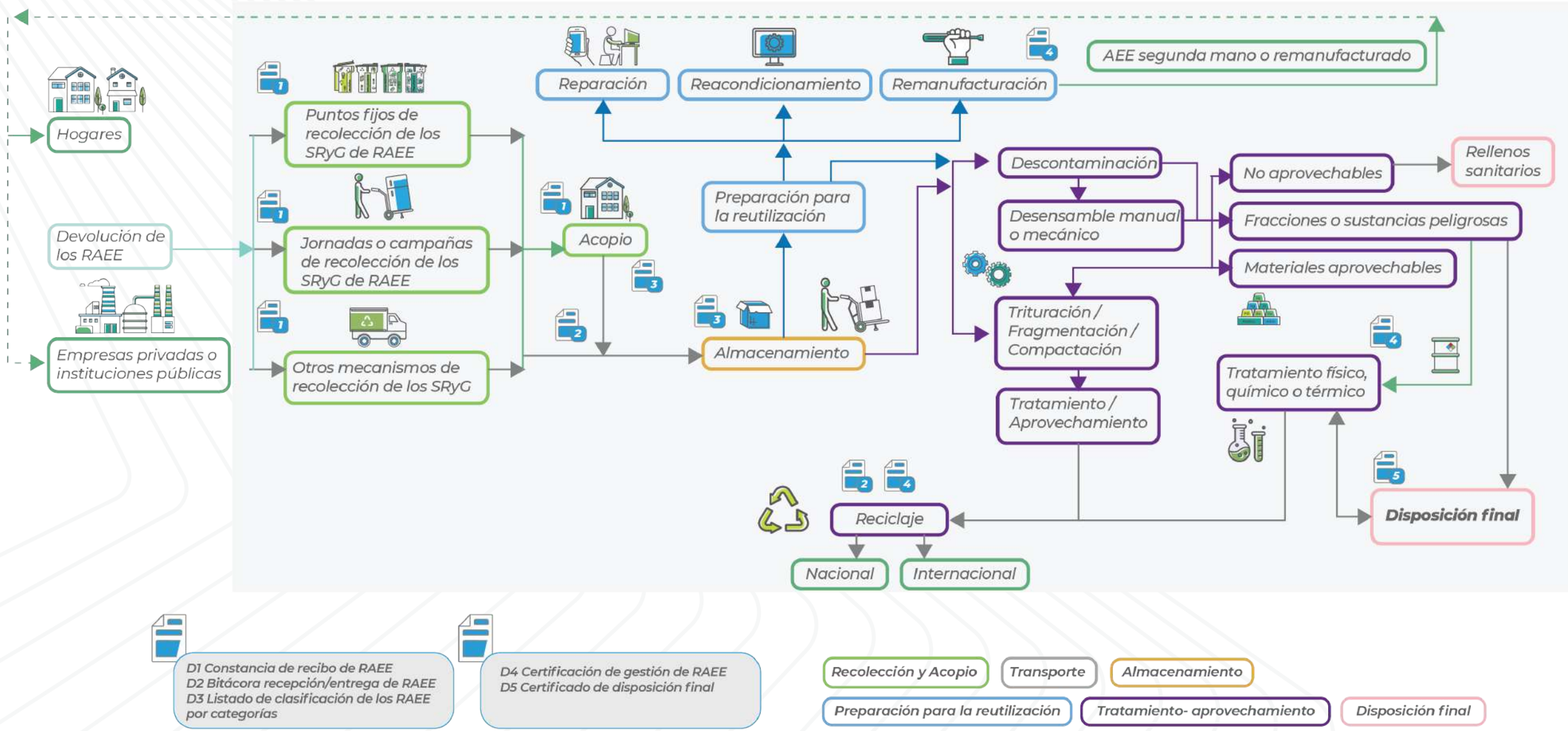
fracciones o sustancias peligrosas que tengan opciones de aprovechamiento técnica y económicamente viables son descontaminadas y aprovechadas por medio de tratamientos físicos (incluyendo los mecánicos), químicos o térmicos. Tal es el caso del vidrio de las lámparas fluorescentes, el cual es descontaminado para ser aprovechado como agregado de concreto que se puede usar en la fabricación de mobiliario público (ver Ficha 7).

Disposición final

La disposición final es la actividad menos deseable en la gestión de los RAEE y, por consiguiente, todos los actores relacionados con el manejo de los residuos deben encaminar sus acciones hacia la extensión de la vida útil de los AEE o el aprovechamiento de los RAEE y sus fracciones. Sin embargo, existen algunos materiales no peligrosos que pueden ser enviados a rellenos sanitarios. En el caso de las fracciones o sustancias peligrosas que no pueden ser valorizadas mediante coprocesamiento o la recuperación energética, se deben llevar a diferentes opciones de disposición final, como la incineración controlada o el confinamiento en celdas de seguridad (ver Ficha 8).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 65 21/12/2023 4:07:17 p. m.

Figura 21. Actividades para el Manejo de los RAEE



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 66 21/12/2023 4:07:18 p. m.

Fichas técnicas de las actividades para el manejo de los RAEE

Ficha N°	Descripción
1	Lineamientos generales para la gestión de los RAEE
2	Recolección
3	Acopio
4	Transporte
5	Almacenamiento
6	Preparación para la reutilización
7	Tratamiento / Aprovechamiento
8	Disposición final

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 67 21/12/2023 4:07:18 p. m.

1 Lineamientos generales para la gestión de los RAEE

Administrativos y organizacionales

1. *Elaborar un diagrama de flujo con su memoria explicativa de la secuencia de las actividades que efectúa la organización.*

2. *Establecer un procedimiento para identificar y verificar el cumplimiento de los requisitos legales ambientales y de seguridad y salud en el trabajo (SST) aplicables a las actividades que se llevan a cabo en la instalación.*

3. *Identificar y controlar efectivamente los impactos ambientales y los riesgos de seguridad y salud en el trabajo (SST) en las actividades que desempeña la organización.*

4. *Contar con un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST), ambiente y calidad para las actividades que desempeña la organización.* * *No es obligatorio para ambiente y calidad.*

5. *Realizar una evaluación de riesgos y el plan de contingencia según la normatividad que aplique. Como referencia se enlistan los siguientes tipos de riesgos:*

   a) Riesgo de exposición a sustancias peligrosas (como el mercurio, plomo, berilio, cadmio, PCB, compuestos de fósforo, retardadores de llama, polvo de sílice y cromo hexavalente)
   b) Riesgos físicos
   c) Riesgos biológicos
   d) Riesgos operacionales
   e) Riesgos de cumplimiento
   f) Riesgos comerciales
   g) Riesgos con el manejo de datos
   h) Riesgos en seguridad y salud en el trabajo (SST)
   i) Riesgos para el ambiente, entre otros.
   * *No son obligatorios los numerales f y g, son recomendaciones.*

   La evaluación de riesgos se debe realizar antes de iniciar las actividades o cada vez que ocurra un cambio en las operaciones, en la capacidad instalada o en las subcategorías de RAEE gestionadas.
   * *Es considerado un requisito legal para las actividades que requieren licencia ambiental.*

Requisito Legal ▶ Recomendación



Fotografía: Freepik.

Recomendado



Fotografía: Freepik.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 68 21/12/2023 4:07:22 p. m.

6

Implementar una política ambiental en la organización teniendo en cuenta los lineamientos de la Política nacional para la gestión integral de los RAEE en lo que respecta al manejo ambientalmente adecuado de estos residuos.

7

Establecer una política de no discriminación que establezca la igualdad para todos los trabajadores y demás lineamientos promulgados por la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

8

Establecer un procedimiento para informar, investigar y responder a las preguntas, quejas y sugerencias de las partes interesadas de la organización.

Documentación

9

Contar con los siguientes documentos que evidencien:

a) El cumplimiento de las obligaciones legales y demás requisitos técnicos establecidos por la normativa nacional.
b) La planeación, seguimiento, control y verificación de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST), ambiente y calidad.
c) Diagramas de procesos, procedimientos e instructivos para todas las actividades y subactividades que se realicen.
d) Registros de mantenimiento de la instalación y de la maquinaria.
e) Resultados de controles internos y seguimiento a la gestión de los RESPEL.
f) Las cantidades de RAEE procesados directamente o a través de terceros.
** Los documentos citados en los literales a y b son requisitos legales, los otros literales serán legales en la medida que la normativa nacional lo establezca.*

10

Contar con el registro de entrada y salida de RAEE (de acuerdo con la clasificación establecida) que permita realizar el balance de masa de las actividades que se lleven a cabo. Incluir la descripción de las técnicas y tecnologías de procesamiento, tratamiento o eliminación para llevar la trazabilidad de los RAEE.

11

Contar con informes periódicos de los resultados de descontaminación de los RAEE, incluyendo los volúmenes de entrega de pilas y acumuladores, condensadores, tarjetas de circuito impreso, lámparas o de otros componentes o sustancias de interés.



Fotografía: Freepik.

Recomendado



Fotografía: Freepik.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 69 21/12/2023 4:07:24 p. m.

12

Registrar la información de los flujos posteriores al tratamiento de los RAEE y sus fracciones, hasta que se alcance el fin de condición de residuo o hasta que el RAEE se haya preparado para la reutilización, o reciclado, valorizado o enviado a disposición final.

** Sujeto a una posible regulación futura.*

13

Conservar los registros (en formato electrónico o en papel) de forma segura para demostrar el cumplimiento de todos los requerimientos legales de las operaciones realizadas, asegurando la trazabilidad de los RAEE procesados y de los materiales recuperados y tratados.

Infraestructura

14

En todos los lugares o instalaciones involucradas en las actividades de gestión de RAEE, se deben proteger las áreas de trabajo y los RAEE de condiciones climáticas adversas razonablemente previsibles.

** Artículo 8, Resolución 851 de 2022.*

15

Proporcionar medidas de seguridad en las instalaciones para evitar daños y hurtos de RAEE o de sus componentes.

16

Identificar y señalizar las áreas con acceso restringido, como las destinadas al almacenamiento de componentes valiosos, equipos para la reutilización, residuos peligrosos, entre otros.

17

Proporcionar las instalaciones sanitarias para los trabajadores en cantidad y tipología según lo establecido en la normativa de SST.

18

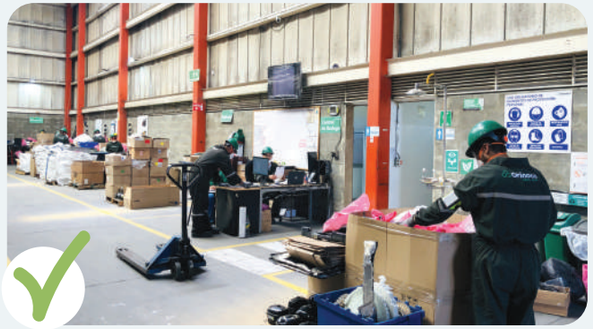
Establecer instalaciones de lavado para descontaminación y áreas de transición para evitar la transferencia de contaminación cuando aplique.

** Requisito obligatorio para el manejo de RAEE con características de peligrosidad.*

19

Disponer de comedores, vestieres, casilleros y sitios de descanso distintas a las áreas de operación.

** Resolución 2400 de 1979 y las que la modifiquen.*



Fotografía: Orinoco E-Scrap S.A.S.

Recomendado



Fotografía: Minambiente.

Inadecuado

Lineamientos generales para la gestión de los RAEE

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 70 21/12/2023 4:07:29 p. m.

20

Implementar la organización y limpieza periódica de todas las áreas de la instalación y de los equipos y herramientas de trabajo.

Formación para los trabajadores

21

Todos los trabajadores de la empresa deben conocer las políticas de calidad, ambiental y seguridad y salud en el trabajo (SST).

** Obligatorio para el tema de seguridad y salud en el trabajo (SST).*

22

Todos los trabajadores deben conocer los riesgos ambientales y de SST que se presentan en la planta, especialmente cuando se manejen RAEE con componentes o sustancias con alguna característica de peligrosidad.

** Obligatorio para el tema de SSyT.*

23

Diseñar e implementar un plan de formación anual para los trabajadores y terceros involucrados en las actividades de la gestión de los RAEE. Este plan debe diseñarse e impartirse, según el perfil del trabajador y debe incluir lo relacionado con la respuesta a emergencias.

24

Evaluar periódicamente el cumplimiento de los objetivos del plan de formación.

Salud y seguridad en el trabajo

25

Cumplir con las disposiciones legales sobre el trabajo infantil o trabajo forzoso (ODS 8).

26

Permitir el consumo de alimentos y bebidas solo en las áreas destinadas para tal fin.

27

Garantizar que los trabajadores utilicen correctamente y mantengan en buen estado los elementos de protección personal requeridos de acuerdo con sus funciones y con la evaluación de riesgo del puesto de trabajo.



Fotografía: Freepik.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 71 21/12/2023 4:07:31 p. m.

28

Realizar exámenes médicos periódicos a los trabajadores basados en la evaluación de riesgos y teniendo en cuenta los RAEE que se manipule.

Operacionales

29

El gestor con licencia ambiental solo debe aceptar los RAEE para los cuales está autorizado, de acuerdo con su capacidad técnica y operativa.

30

Los RAEE deben ser manipulados de forma que se evite la liberación de sustancias peligrosas al aire, al agua o al suelo, como resultado de daños o fugas.

31

Durante las etapas de recolección, acopio, transporte y almacenamiento, se deben manipular los RAEE para preservar su integridad física, con el fin de no afectar la preparación para la reutilización o procesos posteriores de descontaminación o tratamiento. * *Resolución 851 de 2022.*

32

En todas las actividades, se debe tener especial cuidado con la manipulación de:
a) Aparatos de intercambio de calor, para evitar la liberación de sustancias refrigerantes.
b) Aparatos con pantalla TRC, para evitar la implosión o emisiones del revestimiento fluorescente.
c) Lámparas fluorescentes o aparatos que las contengan, para evitar roturas que causen la emisión de mercurio.
d) Detectores de humos, ya que pueden contener componentes radioactivos.
e) Aparatos que contengan aceites y otros líquidos o condensadores que contengan aceite mineral o sintético, para evitar vertidos y otras emisiones.
f) Aparatos que contengan amianto o fibras cerámicas, para evitar la emisión de dichos componentes.
g) Pilas y acumuladores que contengan iones de litio o mineral de litio, para evitar incendios y explosiones.
h) Cartuchos y tóners, para evitar la emisión de las sustancias contaminantes al aire o al suelo.
* *Resolución 851 de 2022 / Términos de Referencia para licenciamiento de instalaciones de gestión de RAEE.*

33

Los RAEE no deben mezclarse con ningún otro tipo de residuos.
* *Artículo 19, Ley 1672 de 2013.*

34

Los RAEE no se deben depositarse en rellenos sanitarios o en lugares al aire libre.



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

Lineamientos generales para la gestión de los RAEE

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 72 21/12/2023 4:07:31 p. m.

Recolección

Subactividades asociadas

Pesaje · Cargue Descargue · Clasificación · Separación · Embalaje (empaque –reempaque)

Requisito Legal · Recomendación

2

1 ***La recolección de los RAEE no requiere licencia ambiental. No obstante, el recolector no debe:***
a) Desensamblar para recuperar componentes o partes, excepto la extracción de lámparas, pilas y acumuladores fácilmente removibles.
b) Triturar, prensar o compactar los RAEE antes de ser entregados a un gestor de RAEE.
c) Quemar RAEE enteros o sus componentes o disponerlos de manera inadecuada.
d) Entregar los RAEE completos o sus componentes a terceros diferentes a un SRyG de RAEE o un gestor.
e) Realizar cualquier tipo de valorización que no este autorizada por la autoridad ambiental competente.

2 ***Se debe hacer una difusión adecuada de los mecanismos de recolección que se implementen, indicando el tipo de RAEE a recibir, el lugar de recolección, el horario de recepción y cualquier información adicional que sea de interés para el usuario.***

3 ***Ubicar los puntos fijos de recolección en sitios o establecimientos de fácil acceso al usuario, como centros comerciales, almacenes de distribución, instituciones públicas, privadas, etc. Adicionalmente, deben contar con señalización clara y visible para dirigirlos al área o contenedor correspondiente para entregar los RAEE.***

4 ***Contar con alternativas de logística para hacer el manejo adecuado de otros posibles residuos, diferentes a los RAEE, que puedan llegar por medio de los diversos mecanismos de recolección.***

5 ***Manejar con especial cuidado los RAEE que son susceptibles de roturas, rayaduras o averías (por ejemplo, los residuos de lámparas que contienen mercurio, monitores y televisores con tubos de rayos catódicos y de tecnología plana y los residuos que contengan gases refrigerantes) que impidan su posible preparación para la reutilización o que conduzcan a la liberación de sustancias peligrosas.***
*** Este lineamiento se recomienda para los paneles fotovoltaicos.***



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 73 21/12/2023 4:07:31 p. m.

6

Los SRyG de RAEE deberán informar al usuario que, previa a la devolución del RAEE, se extraigan las pilas o acumuladores para que sean depositados separadamente del RAEE a través de los contenedores u otros mecanismos de recolección de pilas y cumuladores. De igual manera, se recomienda retirar las lámparas o cartuchos de tóner o tinta que puedan ser removidas sin el uso de herramientas y depositarlos en los contendedores habilitados para tal fin.

7

Contar con los equipos adecuados para las operaciones asociadas a la recolección de RAEE, por ejemplo, básculas calibradas para llevar la trazabilidad de las cantidades recolectadas.

8

Para el caso de mecanismos de recolección con atención personalizada y cuando el usuario lo requiera, el SRyG de RAEE deberá entregar al usuario una constancia de recibo en el momento de recepción, indicando:

a) Nombre del sistema.
b) Subcategoría de RAEE.
c) Cantidad en unidades o peso aproximado (kg)
d) Fecha de recepción.

9

Utilizar los contenedores adecuados según el tamaño y las características de los RAEE y marcarlos con la siguiente información: tipos de RAEE que se pueden depositar según la(s) subcategoría(s) definidas en la Resolución 851 de 2022, nombre del sistema al que pertenecen y teléfono de contacto del responsable.

10

Apilar los RAEE organizadamente en cajas, contenedores o sobre estibas, de manera que no estén en contacto directo con el suelo y se prevenga el desplome o caída de los RAEE almacenados.

11

Impedir la manipulación de los RAEE por parte de personal no autorizado.

12

No exceder la capacidad máxima de los contenedores.



Fotografía: Recopila.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

Recolección

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 74 21/12/2023 4:07:33 p. m.

Acopio

3

Requisito Legal

Recomendación

Subactividades asociadas

Pesaje | Cargue-Descargue | Clasificación | Separación | Embalaje (empaque –reempaque)

1. *Según el tipo de RAEE, los centros de acopio deben contar con:*
   a) Áreas bajo techo o debidamente protegidas para que los RAEE no se expongan a la luz solar directa ni a la lluvia.
   b) Áreas separadas para equipos potencialmente aptos para la reutilización y para equipos rotos.
   c) Iluminación y ventilación adecuada.
   d) Además, se recomienda contar con sistemas de recolección de vertidos cuando se requiera, por ejemplo, para los RAEE que contengan aceite, se dispondrá de materiales absorbentes, bandejas de contención, decantadores y limpiadores desengrasantes.
2. *Las áreas de acopio deben estar distantes de fuentes de combustión, calor o ignición.*
3. *Los centros de acopio deben estar diseñados, organizados y habilitados para garantizar accesos y salidas seguras y para impedir el acceso de personal no autorizado.*
4. *Implementar medidas de seguridad para impedir la sustracción de partes o el hurto de aparatos.*
5. *Contar con la señalización requerida, por ejemplo, con la demarcación de zonas destinadas al acopio de RAEE con características de peligrosidad, salidas de emergencia, ubicación de extintores, etc.*
   ** Aplica para centros de acopio permanentes.*
6. *Los centros de acopio deben tener un área máxima de 50 m² según lo establece la Resolución 851 de 2022. Si se excede este límite, se entenderá que se trata de un almacenamiento y se aplicarán las normas ambientales establecidas para este tipo de instalaciones.*
7. *Se deben registrar los tipos de RAEE, así como cada uno de los movimientos de entrada y salida de los residuos indicando fecha y peso.*



Fotografía: Empa.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 75 21/12/2023 4:07:34 p. m.

8

Los contenedores como las cajas metálicas, madera o cartón (gaylord), o cualquier otro tipo de recipiente, deben considerar el tamaño y las características de los RAEE. Estos deben estar marcados con el nombre del SRyG al que pertenecen, la subcategoría de RAEE y su procedencia.

9

El acopio de los RAEE no requiere licencia ambiental. No obstante, no se debe:
a) Desensamblar para la recuperación de componentes o partes, excepto la extracción de lámparas, pilas y acumuladores fácilmente removibles.
b) Triturar, prensar o compactar los RAEE antes de ser entregados a un gestor de RAEE.
c) Quemar RAEE enteros o sus componentes o disponerlos de manera inadecuada.
d) Entregar los RAEE completos o sus componentes a terceros diferentes a un SRyG de RAEE o un gestor.
e) Realizar cualquier tipo de valorización que no este autorizada por la autoridad ambiental competente.

10

En el acopio, los residuos de lámparas que contienen mercurio, de monitores y televisores con tubos de rayos catódicos y de tecnología plana y los residuos que contengan gases refrigerantes deben estar colocados en contenedores o apilados de forma estable, para evitar daños o roturas que puedan causar derrames y otras emisiones o que se impida o limite su preparación para la reutilización.
** Este lineamiento se recomienda para los paneles fotovoltaicos.*

11

En caso de rotura de las lámparas, las fracciones se deben recoger de inmediato y almacenar en contenedores cerrados, bolsas plásticas de grueso calibre selladas con cinta u otro medio adecuado. Posteriormente, se deben enviar a una instalación de tratamiento autorizada para manejar este tipo de residuo.

12

Las pilas y acumuladores removidos y sueltos deben acopiarse a mínimo dos metros de cualquier otro material combustible, en contenedores o recipientes rígidos que contengan arena, vermiculita o algún material que impida la propagación del fuego en caso de incendio. También, pueden aislarse los polos de las pilas con algún material aislante (cinta).

13

Los paneles fotovoltaicos no deben exponerse a la luz natural o artificial para evitar su carga.

14

Disponer de básculas calibradas para llevar la trazabilidad de las cantidades acopiadas.



Fotografía: Red Verde.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 76 21/12/2023 4:07:35 p. m.

Transporte

Subactividades asociadas

Pesaje · Cargue Descargue · Separación

1

El transporte de los RAEE no requiere licencia ambiental, sin embargo, la empresa transportadora no deberá:
a) Desensamblar para la recuperación de componentes o partes.
b) Entregar los RAEE completos o sus componentes a terceros diferentes a un centro de acopio o a un gestor autorizado por el SRyG.
c) Transbordar los RAEE a vehículos no autorizados.

2

Las empresas legalmente constituidas interesadas en prestar el servicio público de transporte terrestre automotor de carga deberán solicitar y obtener habilitación para operar, prestando dicho servicio en conformidad con lo establecido en el Capítulo 7, Titulo 1, Parte 2, Libro 2, del Decreto 1079 de 2015, Único Reglamentario del Sector Transporte.

3

El transporte de los RAEE clasificados como mercancías peligrosas deben cumplir con los requisitos técnicos y de seguridad para su manejo y transporte, conforme a lo establecido en la Sección 8 -Transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera del Capítulo 7, Titulo 1, Parte 2, Libro 2 del decreto referido (anterior Decreto 1609 de 2002). Se recomienda consultar el listado de las mercancías peligrosas del Libro Naranja de la ONU.

4

En caso de ser posible, realizar una visita de reconocimiento del sitio donde se encuentran los RAEE para programar el transporte de acuerdo con las características y condiciones del lugar (facilidad de parqueo, altura de los sótanos, etc.).

5

Los RAEE se deben transportar en contenedores (como big bags, cajas, jaulas etc.) y con algún medio de contención o fijación (zuncho, amarres plásticos, cuerdas, etc.) para minimizar el movimiento y el riesgo de rotura durante el transporte. Se debe evitar el transporte de los RAEE a granel. Se recomienda usar embalajes como plástico de burbujas, mantas o cartón.

6

Se debe asegurar que durante las subactividades de cargue y descargue de los RAEE se tengan en cuenta las disposiciones legales vigentes en materia de SST.

Requisito Legal · Recomendación



Fotografía: Corporación Posconsumos Lúmina.

Recomendado



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 77 21/12/2023 4:07:36 p. m.

7

El cargue y descargue, en lo posible, deberá realizarse con equipos como montacargas, gatos hidráulicos u otros. En el caso de efectuarse de manera manual, debe prevenirse cualquier tipo de accidente o enfermedad laboral.
Por otra parte, se debe evitar el volcado incontrolado de contenedores que contengan aparatos con TRC, de intercambio de calor, pantallas planas y lámparas.

8

Se recomienda el uso de sellos o precintos que garanticen la seguridad de la carga.

9

Los equipos de pantallas planas deben embalarse para evitar su rayadura, avería o la rotura de la iluminación de fondo con tubos fluorescentes, de manera que facilite la posible preparación para la reutilización. Se recomienda que se acomoden las pantallas unas en frente de otras con alguna protección en medio de ellas y considerando que sean de tamaños parecidos. * *Ver artículo 9 de la Resolución 851 de 2022 (9, 10, 13).*

10

Las lámparas se deben transportar en contenedores que prevengan roturas. En el caso de presentarse, debe evitarse la liberación de vapores de mercurio y la dispersión de fragmentos de vidrio empleando algún tipo de embalaje externo.

11

Las pilas o acumuladores deben embalarse aislando los bornes y transportarse en contenedores que contengan arena, vermiculita o cualquier otro material que minimice el riesgo de incendio.

12

Los paneles fotovoltaicos se deben transportar en contenedores, bolsas grandes (big bags) o estibados para evitar daños y roturas. Asimismo, se debe minimizar cualquier exposición a la luz del día.

13

Los residuos de aparatos que contienen gases refrigerantes deben manipularse de forma que se evite la avería del circuito de refrigeración y la posible liberación de SAO o el derrame de aceites.

14

La exportación de RAEE debe tener en cuenta, cuando aplique, la normativa de transporte terrestre, marítimo, aéreo o férreo de mercancías peligrosas y a los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos (Convenio de Basilea).

15

Los componentes y fracciones que contengan sustancias radiactivas deberán cumplir con el Reglamento para la gestión de desechos radioactivos en Colombia (Resolución 180005 de 2010 y Resolución 181682 de 2005 del Ministerio de Minas y Energía).



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Recomendado



Fotografía: Corporación EcoCómputo.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 78 21/12/2023 4:07:38 p. m.

Almacenamiento

5

Requisito Legal

Recomendación

Subactividades asociadas

Pesaje | Cargue Descargue | Clasificación | Separación | Embalaje (empaque-reempaque)

1

El gestor que realice almacenamiento de RAEE debe contar con la debida licencia ambiental otorgada por la autoridad ambiental competente.

2

Durante el almacenamiento de los RAEE no se debe:
a) Remover partes o componentes. Solo se pueden retirar lámparas o pilas fácilmente removibles.
b) Triturar, prensar o compactar los RAEE antes de ser entregados a un gestor de RAEE.
c) Quemar RAEE enteros o sus componentes, o disponerlos de manera inadecuada.
d) Efectuar cualquier tipo de valorización.

3

El almacenamiento deberá cumplir con las siguientes condiciones:
a) Áreas de trabajo bajo techo con superficies en concreto y preferiblemente impermeables según el tipo de RAEE.
b) Áreas separadas para equipos potencialmente aptos para la reutilización y para equipos rotos.
c) Sistemas de recolección de vertidos cuando se requiera, por ejemplo, para los RAEE que contengan aceite se dispondrá de materiales absorbentes, bandejas de contención, decantadores y limpiadores desengrasantes.
d) Iluminación y ventilación adecuada.
e) Básculas calibradas y certificadas.

4

Las áreas de almacenamiento deben estar distantes de fuentes de combustión, calor o ignición. Deben contar con un sistema contra incendios que tenga como mínimo detectores de humo y extintores, u otro sistema según lo indique la respectiva evaluación de riesgos.

5

Las áreas de almacenamiento deben estar diseñadas, organizadas y habilitadas para garantizar accesos y salidas seguras, especialmente para organismos de socorro.



Fotografía: Orinoco E-Scrap S.A.S.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 79 21/12/2023 4:07:38 p. m.

6 *Implementar medidas de seguridad para impedir el acceso de personal no autorizado y evitar la sustracción de partes o aparatos.*

7 *Contar con la señalización requerida, por ejemplo, con la demarcación de zonas destinadas al almacenamiento de RAEE o componentes con características de peligrosidad, salidas de emergencia, ubicación de extintores, etc.*

8 *No se debe exceder la cantidad o el área máxima de almacenamiento estipulada en la licencia ambiental y, en ningún caso, se debe almacenar en áreas como pasillos, puertas de acceso o rutas de evacuación.*

9 *El almacenamiento de equipos (especialmente de aquellos rotos) debe evitar el contacto con el agua o la humedad para salvaguardar su posterior tratamiento y prevenir la generación de lixiviados.*

10 *Se debe mantener el inventario de aparatos o materiales mediante el registro de entrada y salidas de las bodegas, indicando fecha, peso y actividades realizadas.*

11 *Los RAEE se deben recibir en planta, previamente clasificados por el usuario y el gestor debe validar esta clasificación de acuerdo con las categorías y subcategorías de AEE correspondiente, así como otras clasificaciones que les apliquen de acuerdo con la normativa vigente.*

12 *Los RAEE deben segregarse y almacenarse de acuerdo con los criterios establecidos para operaciones de preparación para la reutilización definidos por la organización.*

13 *Se deben adoptar medidas para la separación y almacenamiento diferenciado de los aparatos de intercambio de calor, TRC, pantallas planas, lámparas y paneles fotovoltaicos.*



Fotografía: Minambiente.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 80 21/12/2023 4:07:41 p. m.

14

Los RAEE deben almacenarse de manera que no estén en contacto directo con el suelo, agruparse por categorías o subcategorías en contenedores como cajas metálicas, de madera o cartón (gaylord) de acuerdo con el tamaño y las características de los RAEE. Asimismo, debe considerarse algún tipo de protección para evitar daños o cualquier peligro potencial relevante cuando aplique (por ejemplo, para las pantallas, pilas, bombillas, etc.).

15

Los RAEE deben apilarse en forma vertical sin superar 1,5 m de altura para evitar colapsos.

16

Los contenedores de los RAEE deben tener fichas que contengan información sobre los procesos realizados e incluir advertencias claras sobre la presencia y correcta manipulación de sustancias que representen algún riesgo para la salud o el ambiente.

17

Los contenedores empleados para el almacenamiento de aparatos y fracciones en los que haya ocurrido una dispersión de contaminantes deben limpiarse y descontaminarse antes de su reutilización, reciclado o eliminación.

18

Todas las fracciones que contengan sustancias peligrosas deben almacenarse en un área exclusiva para tal fin, de manera que se prevengan la difusión y la dispersión de sustancias peligrosas al ambiente. En el caso de que se presente liberación de sustancias peligrosas por rotura de los RAEE, deberán recogerse inmediatamente y almacenarse de acuerdo con las indicaciones de los numerales anteriores.

19

Las pilas y acumuladores deben almacenarse a mínimo dos metros de cualquier otro material combustible en contenedores o recipientes rígidos, que contengan algún material que impida la propagación del fuego en caso de incendio, como la arena o la vermiculita. También, pueden aislarse los polos de las pilas con algún material aislante (cinta).

20

Los paneles fotovoltaicos no deben exponerse a la luz natural o artificial para evitar su carga.



Fotografía: Empa.

Recomendado



Fotografía: Minambiente.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 81 21/12/2023 4:07:42 p. m.

6

Preparación para la reutilización

Requisito Legal

Recomendación

Subactividades asociadas

Pruebas de funcionalidad | Limpieza | Lavado | Reparación | Reacondicionamiento | Remanufactura | Desensamble Manual | Descontaminación | Extracción de fluidos, sustancias y mezclas | Embalaje (empaque-reempaque)

1

Las actividades de reparación y reacondicionamiento de AEE usados no requieren licencia ambiental. No obstante, los gestores que realicen la preparación para la reutilización de RAEE deben contar con la autorización del usuario final y cumplir con los requisitos presentes en esta ficha. * ***Artículo 2.2.2.3.2.3., Decreto 1076 de 2015.***

2

Las zonas destinadas a la preparación para la reutilización deberán cumplir con las siguientes condiciones:
a) Áreas de trabajo bajo techo con superficies en concreto y preferiblemente impermeables.
b) Contar con tapetes antiestáticos en los puestos de trabajo para evitar descargas eléctricas al manipular los aparatos y componentes.
c) Iluminación y ventilación adecuada.
d) Básculas calibradas y certificadas.
e) Áreas de almacenaje para las piezas desensambladas, que pueden ser utilizadas posteriormente como repuestos.
f) Área definida para las fracciones que contengan sustancias peligrosas de forma que se prevengan la difusión y la dispersión de sustancias peligrosas al ambiente.
g) Área definida para las partes consideradas no aptas para la reutilización y cualquier material residual asociado.
h) Áreas específicas para cada categoría de RAEE a preparar para la reutilización.

3

Las áreas de almacenamiento deben estar distantes de fuentes de combustión, calor o ignición. También deben diseñarse para garantizar accesos y salidas seguras, y contar con un sistema contra incendios que tenga como mínimo detectores de humo y extintores u otro sistema, según lo indique la respectiva evaluación de riesgos.

4

Las instalaciones deben contar con la señalización requerida, por ejemplo: la demarcación de zonas destinadas al almacenamiento de RAEE con componentes con sustancias peligrosas, así como las salidas de emergencia, la ubicación de extintores, etc.



Fotografía: PC Shek.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 82 21/12/2023 4:07:44 p. m.

5

Impedir el acceso de personal no autorizado y contar con seguridad para evitar la sustracción de partes o aparatos. Es importante implementar controles de seguridad (sistemas de cámaras de circuito cerrado) para las áreas de mayor interés y pruebas periódicas para verificar la eficacia de los controles.

6

Se debe pesar y registrar las entradas de los RAEE a preparar para la reutilización, así como los AEE reparados o reacondicionados que salen para el mercado de segunda mano. Se deben tener en cuenta las subcategorías de AEE y sus residuos establecidos por la normativa (* Resolución 851 de 2022 o la norma que la modifique o sustituya). Además, se debe pesar y registrar los componentes o partes remanentes que no se puedan preparar para la reutilización.

7

Se debe asegurar que el personal responsable de las actividades de preparación para la reutilización tenga las competencias suficientes para verificar, reparar, reacondicionar y comprobar el estado de los equipos y componentes eléctricos y electrónicos.

8

Quien realice actividades de preparación para la reutilización debe contar con manuales de operación, despiece, reparación, especificaciones técnicas de los equipos, listado de fallas comunes, entre otros aspectos. En la medida de lo posible, debe generar alianzas con los fabricantes para obtener la información citada anteriormente, formar a los trabajadores sobre actividades como diagnóstico, pruebas, reparación, recondicionamiento y demás. En caso de que no se cuente con información original del fabricante, se puede recurrir a otras fuentes confiables de información, por ejemplo, el portal IFIXIT (enlace).

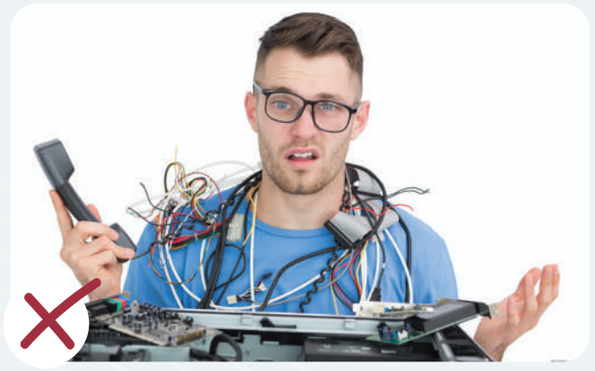
9

Se debe contar con un procedimiento para realizar una evaluación inicial que permita identificar aquellos aparatos con potencial de ser preparados para la reutilización. Algunas recomendaciones para la preselección son:
a) El estado físico del aparato para evaluar el desgaste de los componentes (parcial o totalmente dañados).
b) La edad del aparato y características técnicas, tipo y modelo, para verificar que no sean obsoletas.
c) Disponibilidad de repuestos en el mercado.



Fotografía: PC Shek.

Recomendado



Fotografía: Freepik.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 83 21/12/2023 4:07:44 p. m.

10

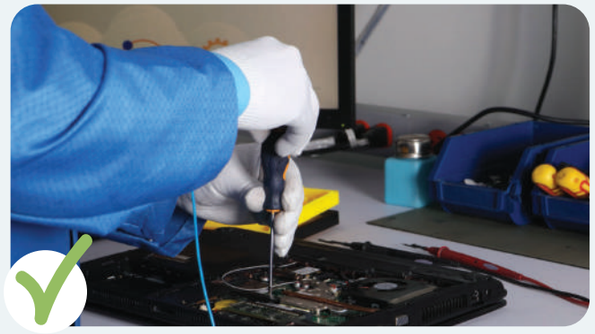
Se deben realizar pruebas de funcionalidad de los aparatos, las cuales deben incluir, como mínimo:
a) Verificación de las principales funciones por tipo de aparato.
b) Los métodos, equipos de prueba y herramientas para probar cada función.
c) Los criterios de aprobación y reprobación para cada función.
d) Los métodos para documentar y almacenar los resultados de las pruebas, así como de los principales problemas identificados en los equipos.
e) La categorización de equipos basada en los resultados de las pruebas.
f) La información sobre el equipo de protección personal específico requerido para cada aparato (en caso de ser aplicable).

11

Se debe prestar especial atención a las siguientes recomendaciones y precauciones:
a) Los trabajadores que realicen mediciones de voltaje u otras comprobaciones en cualquier equipo que se encuentre conectado a la red eléctrica deberán utilizar zapatos de goma o calzado de seguridad.
b) Algunos aparatos pueden almacenar cargas de voltaje en sus circuitos (aun cuando se hayan retirado las pilas o acumuladores) y pueden generar chispa, causando daños a otros dispositivos electrónicos o afectaciones al trabajador.
c) Algunos electrodomésticos pueden generar descargas eléctricas, como los hornos microondas, por lo cual es recomendable esperar de 15 a 20 minutos para que el equipo esté completamente descargado y asegurarse de que no exista corriente almacenada en el transformador.

12

El operador deberá realizar una hoja de identificación del equipo o dispositivo que debe incluir:
a) Información para cada dispositivo y componente (como un número de identificación único, datos del año de producción, modelo, fabricante o marca, entre otros).
b) Tipo de pruebas realizadas y, si corresponde, método de borrado de datos.
c) Resultados de las pruebas efectuadas, que incluyen: a) una representación precisa del estado del dispositivo o componente (incluido el estado físico y estado de la batería); b) una descripción de los componentes faltantes (si corresponde); y c) un apoyo visual (imagen, dibujos o fotografías).
d) Confirmación de que todos los equipos y componentes son completamente funcionales.
e) Una definición clara de los componentes usados o nuevos.
f) Datos de contacto del o de los operadores que intervinieron en el reacondicionamiento (nombre, dirección, país, etc.).
Si se cuenta con la capacidad, se recomienda automatizar el registro de cada equipo a través de fichas digitales o códigos de barra, en donde se puede capturar de manera digital su trazabilidad y toda la información relevante sobre el equipo.



Fotografía: PC Shek.

Recomendado



Fotografía: Freepik.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 84 21/12/2023 4:07:50 p. m.

13

Se debe establecer un procedimiento para verificar la calidad y la efectividad de las actividades de preparación para la reutilización, el cual debe incluir:
a) Métodos para verificar la precisión de los métodos de prueba y el equipo de prueba.
b) Medidas para monitorear la calidad de equipos y componentes reutilizables.
c) Gestión de equipos o componentes que no superen las pruebas.

14

Los procesos de destrucción de datos deben aplicarse sin excepción a aquellos aparatos que contengan información de interés o sensible para su dueño o usuario original, y deben contemplar lo siguiente:
a) Identificación de los dispositivos de almacenamiento de datos.
b) Controles de seguridad para evitar la manipulación indebida de la información contenida en los dispositivos de almacenamiento de datos.
c) Tipos de datos a borrar.
d) Métodos para el borrado de datos para cada tipo de dispositivo de almacenamiento (por ejemplo, software específico, medios magnéticos, triturado, desintegración, pulverización, fundición, etc.).
e) Si el borrado de datos no se realiza internamente, se deberá incluir los datos de proveedores o contratistas que lo realizan.
f) Estos procesos deberán ser revisados y validados periódicamente (como mínimo anualmente) por una organización competente e independiente.
g) Controles de calidad documentados para evaluar y verificar que todos los dispositivos se han procesado correctamente, que se empleó el método de borrado planificado y que los datos se han eliminado con éxito.
h) Medidas para administrar cualquier dispositivo cuyo borrado no haya podido ser confirmado y para abordar cualquier otro problema en el proceso de eliminación de datos.
i) Registro del manejo de los equipos o dispositivos cuyo borrado no se pudo realizar.
Los procesos de destrucción de datos son responsabilidad del gestor, independientemente de que subcontrate algunas actividades de preparación para la reutilización.

15

Se debe contar con una política y un procedimiento para la devolución de productos y para el manejo de la garantía de los aparatos de segunda mano comercializados, la cual debe ser informada al comprador.



Fotografía: Freepik.

Recomendado



Fotografía: Freepik.

Inadecuado

Preparación para la reutilización

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 85 21/12/2023 4:07:53 p. m.

7 Tratamiento y aprovechamiento

Subactividades asociadas

Pesaje | Separación | Embalaje (empaque-reempaque) | Limpieza | Lavado | Desensamble manual, mecánico, automatizado

Descontaminación | Extracción de fluidos, sustancias y mezclas | Trituración | Fragmentación | Compactación | Peletización

Tratamiento manual, mecánico, químico, físico, térmico | Reciclaje (fundición, refinación y recuperación química) / Aprovechamiento en el exterior

Requisito Legal | Recomendación

1 ***Las actividades de tratamiento y aprovechamiento requieren de licencia ambiental expedida por la autoridad ambiental competente. El gestor solo debe aceptar los RAEE que se encuentren autorizados dentro de la licencia.***

2 ***El tratamiento deberá cumplir con las siguientes condiciones:***
a) Áreas de trabajo bajo techo con superficies en concreto y preferiblemente impermeables.
b) Áreas de trabajo separadas para equipos potencialmente aptos para la reutilización y para equipos rotos.
c) Elementos para contener derrames, como materiales absorbentes, bandejas de contención, limpiadores y desengrasantes, si se tratan RAEE que contengan aceites.
d) Iluminación y ventilación adecuada.
e) Básculas calibradas y certificadas.
f) Almacenamiento adecuado para las piezas desmontadas y materiales separados.
g) Recipientes idóneos para el almacenamiento de pilas y acumuladores, condensadores que contengan bifenilos policlorados (PCB) o trifenilos policlorados (PCT) y otros residuos peligrosos, como los radiactivos.

3 ***Las áreas de trabajo deben estar distantes de fuentes de combustión, calor o ignición. Deben contar con un sistema contra incendios que tenga como mínimo detectores de humo y extintores, u otro sistema según lo indique la respectiva evaluación de riesgos***

4 ***Las áreas destinadas para el tratamiento y aprovechamiento deben estar diseñadas, organizadas y habilitadas para garantizar accesos y salidas seguras, especialmente para organismos de socorro.***



Fotografía: Empa.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 86 21/12/2023 4:07:56 p. m.

5

Las áreas de trabajo deben impedir el acceso de personal no autorizado y contar con seguridad para evitar la sustracción de partes o aparatos.

6

Los puestos de trabajo deben diseñarse de acuerdo con la normativa de salud y seguridad en el trabajo, condiciones de ergonomía y confort para el personal.

7

Los RAEE deben gestionarse de acuerdo con la jerarquía en la gestión de los residuos, de manera que se establezcan procedimientos que maximicen la eficacia en la separación de materiales, su descontaminación y valorización en el marco de la economía circular.

8

Deben considerarse las mejores prácticas ambientales y las mejores tecnologías disponibles para el tratamiento y aprovechamiento de las distintas categorías de RAEE, así como otros criterios económicos y sociales pertinentes.

9

Los residuos ordinarios resultantes del tratamiento y aprovechamiento de los RAEE, que no sean materiales valorizables, deberán ser manejados de acuerdo con su naturaleza.

10

En el proceso de descontaminación, se deben separar las siguientes sustancias y componentes:

a) Condensadores dieléctricos identificados con contenido de bifenilos policlorados (PCB) y aquellos que no estén claramente identificados como libres de PCB *.
b) Condensadores con una altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares.
c) Componentes que contienen mercurio, como interruptores o retroiluminación o las lámparas.
d) Baterías.
e) Las tarjetas de circuito impreso cuya superficie sea superior a 10 cm².
f) Plásticos que contienen retardantes de llama bromados.
g) Clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC) ohidrofluorocarbonos (HFC), hidrocarburos (HC).
h) Espuma aislante usada en aparatos de refrigeración.
i) Aparatos o componentes que contienen amianto.
j) Componentes que contienen sustancias radiactivas.

** Los condensadores pueden considerarse libres de PCB si cumplen uno de los siguientes criterios:*
a) Han sido producidos después de 1986 o provienen de electrodomésticos producidos después de 1987.
b) Están declarados y etiquetados como libres de PCB.
c) Están declarados libres de PCB mediante documentos de la empresa productor.



Fotografía: Recopila.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 87 21/12/2023 4:07:58 p. m.

11

Durante la descontaminación se debe evitar la liberación de contaminantes al ambiente o a otras fracciones. El manejo de las sustancias o fracciones peligrosas debe llevarse a cabo de acuerdo con lo descrito en esta guía.

12

En el caso de que se requieran procesos adicionales en instalaciones externas, estas deberán contar con la debida autorización por parte de la autoridad ambiental competente. Los RAEE transferidos deben ir acompañados de la información sobre la descontaminación que ya se ha efectuado o que debe efectuarse.

13

Las fracciones o componentes que contengan sustancias peligrosas no deben mezclarse con otras fracciones o materiales, con la finalidad de reducir su concentración.

14

Se debe establecer un proceso de descontaminación eficiente y medible que permita su evaluación y control, mediante alguna metodología, por ejemplo, el balance de masas.

15

Se deben tomar las medidas para el manejo de componentes, fracciones o sustancias peligrosas, según el plan de manejo ambiental aprobado en la licencia ambiental correspondiente.

16

En los procesos de tratamiento, no se deben triturar los siguientes RAEE:

a) Los que contienen amianto (algunos cables de aislamiento, aparatos de calefacción).
b) Componentes que contienen berilio (magnetrones en hornos microondas y otros equipos).
c) Tubos de rayos catódicos (TRC), incluidos fósforos y otros vidrios de pantalla con plomo.
d) Refrigerantes a base de glicol.
e) Baterías de botón de litio, de iones de litio y de plomo-ácido, y baterías con potencial de explosión.
f) Componentes o fracciones que contienen mercurio (lámparas de mercurio, pantallas LCD más antiguas).
g) Componentes o fracciones que contienen bifenilo policlorado (PCB).
h) Tambores de impresora y fotocopiadora y otros componentes que contienen selenio y/o arsénico.
i) Dispositivos o materiales con sustancias radiactivas (algunos detectores de humo y dispositivos de medicina nuclear).
j) Tintas y tóneres, incluidos los cartuchos y contenedores.
k) Cualquier componente o fracción adicional que se considere RESPEL.



Fotografía: Empa.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 88 21/12/2023 4:07:59 p. m.

17

Solamente los vidrios de TRC de los que se ha extraído el material fluorescente pueden ser reciclados y valorizados.

18

El gestor que exporte RAEE que estén clasificados como residuos peligrosos deberá cumplir con los procedimientos establecidos por el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, así como con la debida clasificación en la partida 85.49 de la VII Enmienda del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías.

19

Los RAEE que contengan fuentes radiactivas se deberán manejar según lo establecido en el reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en el territorio colombiano, adoptado por la Resolución 180005 del 5 de enero de 2010, expedida por el Ministerio de Minas y Energía.

20

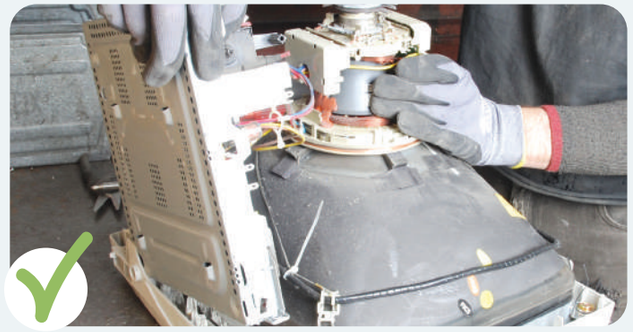
El gestor debe contar con métodos eficaces para la destrucción de los datos contenidos en los dispositivos de almacenamiento de los RAEE, por ejemplo, mediante la trituración, molienda o el borrado electrónico permanente.

21

Implementar un programa de monitoreo médico para evaluar regularmente la exposición de los trabajadores a mercurio, plomo u otras sustancias tóxicas.

22

Los RAEE y sus componentes que pretendan ser tratados o valorizados en el exterior y que sean considerados residuos peligrosos en el país de origen, de tránsito o de destino deben regirse por lo que establece el Capítulo 2, Título 6, Parte 2, Libro 2 del Decreto 1076 de 2015 sobre la importación, exportación y tránsito de residuos o desechos peligrosos.



Fotografía: Empa.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 89 21/12/2023 4:08:00 p. m.

8

Disposición final

Subactividades asociadas

Pesaje · Cargue Descargue · Clasificación · Separación · Embalaje (empaque-reempaque)

Requisito Legal · Recomendación

1. *La disposición final requiere licencia ambiental. Sin embargo, se debe propender por el aprovechamiento de todos los materiales o fracciones contenidas en los RAEE y considerar la disposición final como la última alternativa.*
2. *La disposición final de RAEE en rellenos sanitarios está prohibida en Colombia.* * *Ley 1672 de 2013, artículo 19.*
3. *Si existen gestores o empresas autorizadas por las autoridades ambientales con capacidad instalada suficiente para el aprovechamiento de los RAEE, estos no se deben disponer en celdas o rellenos de seguridad.* * *Decreto 1076 de 2015.*
4. *Los residuos no peligrosos para los que no haya soluciones locales de aprovechamiento, como algunos empaques o barreduras de planta, pueden ser dispuestos en celdas o rellenos de seguridad. Además, solo podrán ser exportados del territorio nacional aquellos residuos peligrosos que, por su complejidad, no puedan ser tratados ambiental y sanitariamente dentro del territorio colombiano. Para este caso, el generador, transportador y receptor de residuos peligrosos deberá cumplir con lo establecido en el Convenio de Basilea y demás normatividad vigente que regule la materia.* **Artículo 13, Ley 1252 de 2008.***
5. *Las sustancias peligrosas o las fracciones contaminadas que no tengan opción de aprovechamiento, como los plásticos con retardante de llama bromados, pueden destinarse a la recuperación de energía (coprocesamiento), la incineración controlada o la disposición en rellenos de seguridad, de acuerdo con sus características.*
6. *Los CFC, HCFC y HFC (puros y como parte de mezclas) presentes en equipos de refrigeración deben ser removidos y se deben seleccionar las alternativas más adecuadas para su manejo (por ejemplo, reciclaje regeneración o tecnologías de destrucción aprobadas por el Protocolo de Montreal). Asimismo, se deberán gestionar de manera ambientalmente adecuada los residuos de aceites y las espumas de poliuretano utilizadas como aislamiento térmico.*



Fotografía: Freepik.

Recomendado



Fotografía: Empa.

Inadecuado

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 90 21/12/2023 4:08:02 p. m.



4 FICHAS TÉCNICAS PARA EL MANEJO DE LOS COMPONENTES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS PRESENTES EN LOS RAEE

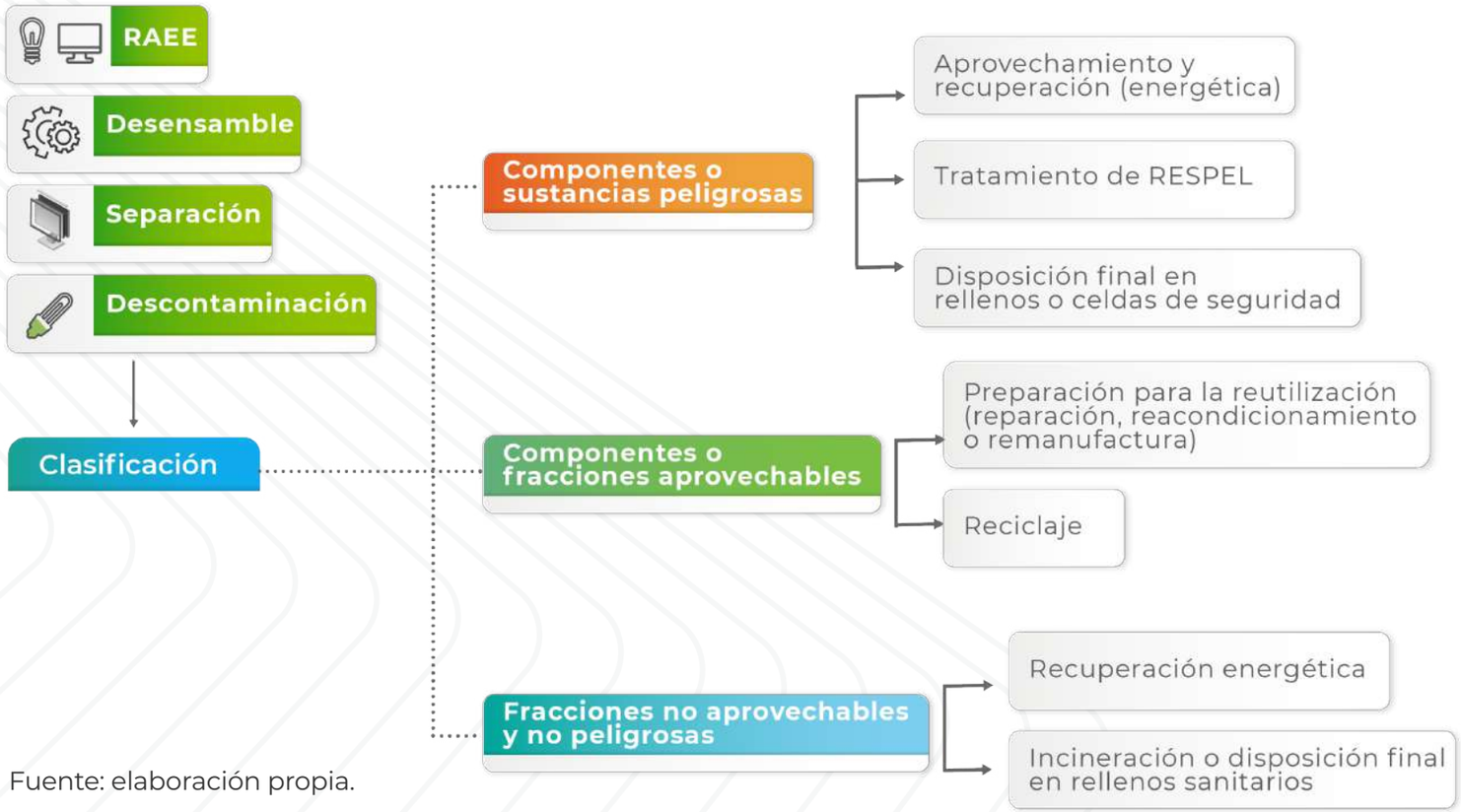
4 FICHAS TÉCNICAS PARA EL MANEJO DE LOS COMPONENTES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS PRESENTES EN LOS RAEE

Este capítulo tiene como objetivo brindar información sobre el manejo de los RAEE que contienen componentes o sustancias peligrosas, de manera que los gestores puedan identificar la naturaleza de las sustancias, dónde se encuentran contenidas, las condiciones de manejo, y las alternativas de tratamiento o disposición final. Adicionalmente, se espera orientar a los gestores para que implementen procesos de descontaminación controlados, promuevan el mayor aprovechamiento local de los materiales valorizables y minimicen las actividades de disposición final de los residuos peligrosos.

Tratamiento de los RAEE

El tratamiento de los RAEE comprende una serie de actividades que incluyen el desensamble manual, la descontaminación, la recuperación y el aprovechamiento de materiales valorizables, y el manejo adecuado de las sustancias o componentes con características de peligrosidad que, por razones técnicas, ambientales o económicas, no se pueden aprovechar (ver Figura 22).

Figura 22. Tratamiento de los RAEE



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 92 21/12/2023 4:08:03 p. m.

Desensamble y descontaminación de los RAEE

En el desensamble y descontaminación de los RAEE, los diferentes componentes y materiales son separados, y clasificados de acuerdo con sus características generales en componentes o fracciones aprovechables (plásticos, vidrio, metales ferrosos, metales no ferrosos como aluminio y cobre, etc.), componentes o sustancias peligrosas (como los metales pesados, retardantes de llama bromados, etc.) y en fracciones no aprovechables que son consideradas no peligrosas (como aglomerados de madera, etiquetas, etc.).

El desensamble puede hacerse de manera manual y es una alternativa viable y recomendable. El desensamble puede hacerse también de manera mecánica, en donde se retiran previamente los componentes peligrosos que pueden ser removidos fácilmente de manera manual (por ejemplo, la batería de un teléfono celular) y, posteriormente, los equipos son enviados a un proceso de trituración, del cual resultan una mezcla de diferentes materiales que son separados a través de mecanismos como la criba, separación magnética, corrientes de Eddy, entre otros.

El desensamble manual es el más empleado en Colombia porque los volúmenes manejados aún no son lo suficientemente altos como para justificar procesos mecanizados, la mano de obra es menos costosa que en países industrializados, la eficiencia de separación de los componentes aprovechables y de componentes peligrosos puede ser mayor que en procesos mecánicos, el consumo de energía es menor, es una fuente de empleo debido a la mano de obra requerida, entre otras razones. En cualquiera de las dos técnicas de desensamble, los materiales obtenidos se agrupan de acuerdo con sus características para su respectivo tratamiento, comercialización o disposición final (ver Figura 23). Para conocer más detalles sobre el desensamble de RAEE, consultar el Anexo 4, el cual incluye un listado con las guías disponibles a nivel internacional y nacional con el paso a paso a tener en cuenta.

La descontaminación es una etapa muy importante en el desensamble porque es donde se separan los componentes que pueden tener características de peligrosidad. Su separación o extracción de los equipos debe hacerse de manera que se mantengan completos y sin rupturas, evitando así su liberación al ambiente o la contaminación de otros componentes del RAEE. En general, los componentes que pueden contener sustancias peligrosas



Fotografía: Orinoco E-Scrap S.A.S.

deben ser extraídos manualmente o implementando procesos específicos al tipo de aparato y a las sustancias involucradas, prestando especial atención a los condensadores, pilas, acumuladores, las fracciones plásticas con retardantes de llama bromados, los gases refrigerantes, las pantallas TRC, el mercurio, entre otros.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 93 21/12/2023 4:08:04 p. m.

Figura 23. Componentes, fracciones o sustancias del desensamble de los RAEE



Fuente: elaboración propia.

Aprovechamiento y recuperación de los RAEE

Existen diferentes tecnologías que permiten la recuperación y el aprovechamiento de algunos componentes, sustancias o fracciones de los RAEE, con la intención de obtener materias primas para diferentes aplicaciones industriales. Por ejemplo, la fundición de metales ferrosos; la refinación térmica y química son empleadas para recuperar metales no ferrosos; el coprocesamiento en hornos cementeros es implementado con el propósito de recuperar energía y recursos, así como de reducir el uso de combustibles y materias primas convencionales mediante su sustitución; la regeneración de gases para reciclar refrigerantes; procesos químicos para la recuperación de litio y cobalto de las baterías; entre otras tecnologías. Las tecnologías implementadas por el gestor dependerán de la evaluación de diferentes aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos. Algunos ejemplos se indican en la Figura 24.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 94 21/12/2023 4:08:05 p. m.

Figura 24. Aspectos de evaluación de las tecnologías disponibles



Fuente: adaptado de Sermant (2018b).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 95 21/12/2023 4:08:05 p. m.

Fichas técnicas para el manejo de sustancias y componentes con características de peligrosidad

Como se indicó anteriormente, los componentes, materiales y sustancias presentes en los RAEE tienen diferentes opciones de tratamiento o de disposición final. A continuación, se presenta una serie de fichas con alternativas de manejo disponibles para algunos componentes y sustancias con características de peligrosidad. Las fichas se elaboraron tomando como soporte el listado de componentes y sustancias que deben ser extraídos, y ser objeto de un manejo especial de acuerdo con los términos de referencia adoptados por la Resolución 076 de 2019. Cabe aclarar que las fichas presentan información general y, por lo tanto, el gestor debe considerar criterios adicionales para corroborar la presencia de componentes o sustancias con características de peligrosidad en los RAEE, así como para las opciones de tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los mismos. Las fichas se presentan de acuerdo con el orden citado a continuación:

#	Sustancias o componentes con características de peligrosidad en los RAEE
1	Aparatos con fluídos dieléctricos que contengan bifenilos policlorados (PCB)
2	Cartuchos de tóner o de tinta para impresión láser o inkjet
3	Componentes que contengan asbesto
4	Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias
5	Componentes que contengan sustancias radiactivas
6	Aparatos con lámparas fluroescentes, interruptores y relés de mercurio
7	Pantallas de cristal líquido
8	Pilas y acumuladores
9	Plásticos que contengan sustancias con retardantes de llama bromados
10	Refrigerantes con CFC, HCFC, HFC y HC
11	Tarjetas de circuito impreso
12	Tubos de rayos catódicos

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 96 21/12/2023 4:08:05 p. m.

Tabla 5. Componentes o sustancias con características de peligrosidad

Categoría	Subcategoría	Ejemplos de equipos	Aparatos con fluidos dieléctricos que contengan bifenilos policlorados (PCB) (Ficha 1)	Cartuchos de tóner o de tinta para impresión láser o inkjet (Ficha 2)	Condensadores electrolíticos que contengan bifenilo (PCB) (Ficha 1)	Componentes que contengan asbesto (Ficha 3)	Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias (Ficha 4)	Componentes que contengan sustancias radioactivas (Ficha 5)	Aparatos con lámparas fluorescentes, interruptores y relés de mercurio (Ficha 6)	Lámparas fluorescentes (Ficha 6)	Pantallas de cristal líquido (Ficha 7)	Pilas y acumu-ladores (Ficha 8)	Plásticos que contengan sustancias con retardantes de llama bromados (Ficha 9)	Refrigerantes con CFC, HCFC, HFC y HC (Ficha 10)	Tarjetas de circuito impreso (Ficha 11)	Tubos de rayos catódicos (Ficha 12)
1. Aparatos electrodomésticos	1.1. Cocinas y hornos	Hornos microondas, hornos eléctricos, cocinas eléctricas, etc.				×	×				×				×	
	1.2. Enseres de audio y video	Televisores y receptores de televisión, tocadiscos, grabadoras y reproductores de sonido, radiolas, etc.			×					×	×	×	×*		×	×
	1.3. Enseres mayores de hogar	Secadoras y lavadoras de ropa o de hilados, etc.			×		×				×		×		×	
	1.4. Enseres menores de calentamiento	Calentadores de agua, parrillas y asadores, planchas, calentadores eléctricos de ambiente, duchas eléctricas, grecas, tostadores, etc.					×				×		×*		×	
	1.5. Enseres menores de cocina	Trituradoras de alimentos y de desperdicios, mezcla-dores, licuadoras, extractores de jugos o frutas, etc.														
	1.6. Enseres menores de hogar	Mantas eléctricas, ventiladores, extractores de olores, máquinas de coser, aspiradoras, relojes y despertadores eléctricos, lavavajillas, enceradoras, etc.				×					×	×	×		×	
	1.7. Enseres menores personales	Máquinas de afeitar, de cortar cabello y depiladoras, secadores de cabello, aparatos de masajes, relojes de pulsera electrónicos, tarjetas inteligentes (trans-porte, bancarios, de acceso), etc.										×	×		×	
	1.8. Equipos de acondicionamiento de aire	Aparatos de acondicionamiento de aire de uso doméstico (conocidos como aires acondicionados).			×						×		×*	×	×	
	1.9 Herramientas para el hogar	Taladros, sierras, pistolas para soldar y otras herramientas de uso manual con motor eléctri-co incorporado.										×	×		×	
	1.10. Refrigeración doméstica y comercial	Neveras, refrigeradores, congeladores, enfriadores de botellas, vitrinas térmicas, vitrinas frigoríficas, etc.			×						×			×	×	

*Aparatos que, por el contenido de COP presente en los plásticos, se consideran contaminados y deben tratarse de manera diferenciada. Fuete: Proyecto COL 98842/94749,

× Fuente: Empa.

× Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 97 21/12/2023 4:08:09 p. m.

Categoría	Subcategoría	Ejemplos de equipos	Aparatos con fluidos dieléctricos que contengan bifenilos policlorados (PCB) (Ficha 1)	Cartuchos de tóner o de tinta para impresión laser o inkjet (Ficha 2)	Condensadores electrolíticos que contengan bifenilo (PCB) (Ficha 1)	Componentes que contengan asbesto (Ficha 3)	Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias (Ficha 4)	Componentes que contengan sustancias radioactivas (Ficha 5)	Aparatos con lámparas fluorescentes, interruptores y relés de mercurio (Ficha 6)	Lámparas fluorescentes (Ficha 6)	Pantallas de cristal líquido (Ficha 7)	Pilas y acumuladores (Ficha 8)	Plásticos que contengan sustancias con retardantes de llama bromados (Ficha 9)	Refrigerantes con CFC, HCFC, HFC y HC (Ficha 10)	Tarjetas de circuito impreso (Ficha 11)	Tubos de rayos catódicos (Ficha 12)
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones	2.1. Antenas para telecomunicaciones	Antenas parabólicas para telecomunicaciones.													×	
	2.2. Circuitos electrónicos	Tarjetas de circuito impreso, tableros indicadores de información, procesadores y controladores, aparatos de señalización acústica o visual, etc.			×								×		×	
	2.3. Componentes electrónicos	Diodos, transistores y dispositivos semiconductores, tubos de rayos catódicos, células o paneles fotovoltaicos, memorias, amplificadores y otros circuitos integrados, etc.													×	×
	2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos	Computadores portátiles o de escritorio, monitores, tabletas, proyectores, impresoras, escáneres, fotocopiadoras, faxes, calculadoras electrónicas, registradoras, datáfonos, etc.			×					×	×	×	×*		×	×
	2.5. Electrónica de consumo	Micrófonos, bafles, parlantes, audífonos, amplificadores de sonido, equipos de sonido, instrumentos musicales, cámaras digitales, videocámaras, etc.									×	×	×*		×	
	2.6. Equipos de electrónica de potencia	Balastos, UPS, rectificadores eléctricos, estabilizadores y aparatos para carga, conversión y control de corriente alterna.			×						×	×	×*		×	
	2.7. Equipos de instrumentación y control	Balanzas, máquinas para pesar, alarmas para incendios o antirrobos, detectores de humo, contadores de electricidad, taxímetros, medidores de variables eléctricas, instrumentos y aparatos de topografía, meteorología, electrólisis, etc.						×	×		×	×	×*		×	×
	2.8. Equipos de telecomunicaciones	Teléfonos de línea fija, celulares, centrales telefónicas, citófonos, routers, aparatos de telecomunicación en red, etc.			×						×	×			×	
	2.9. Equipos electromédicos	Esterilizadores médico-quirúrgico o de laboratorio, electrocardiógrafos, audífonos de uso médico, aparatos de rayos ultravioleta o infrarrojos, cámaras hiperbáricas, aparatos de rayos X, tornos dentales, aparatos de diagnóstico médico, etc.			×			×		×	×	×	×		×	×
	2.10. Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras	Teclados, mouses, escáneres, unidades de DVD o CD, partes y accesorios para fotocopiadoras, dispositivos de almacenamiento, tarjetas de memoria, tarjetas de sonido, tarjetas de red, tóneres y cartuchos de tinta, etc		×								×	×*		×	

*Aparatos que, por el contenido de COP presente en los plásticos, se consideran contaminados y deben tratarse de manera diferenciada. Fuete: Proyecto COL 98842/94749,

× Fuente: Empa.

× Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 98 21/12/2023 4:08:13 p. m.

Categoría	Subcategoría	Ejemplos de equipos	Aparatos con fluidos dieléctricos que contengan bifenilos policlorados (PCB) (Ficha 1)	Cartuchos de tóner o de tinta para impresión laser o inkjet (Ficha 2)	Condensadores electrolíticos que contengan bifenilo (PCB) (Ficha 1)	Componentes que contengan asbesto (Ficha 3)	Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias (Ficha 4)	Componentes que contengan sustancias radioactivas (Ficha 5)	Aparatos con lámparas fluorescentes, interruptores y relés de mercurio (Ficha 6)	Lámparas fluorescentes (Ficha 6)	Pantallas de cristal líquido (Ficha 7)	Pilas y acumuladores (Ficha 8)	Plásticos que contengan sustancias con retardantes de llama bromados (Ficha 9)	Refrigerantes con CFC, HCFC, HFC y HC (Ficha 10)	Tarjetas de circuito impreso (Ficha 11)	Tubos de rayos catódicos (Ficha 12)
3. Maquinaria y equipo eléctrico	3.1. Cables y conductores	Cable coaxial, hilo aislado para bobinado, conductores eléctricos, etc.											×			
	3.2. Equipo industrial	Compresores, tornos, maquinaria para la confección textil, hornos de laboratorio o industriales, soldadores eléctricos, polipastos y elevadores, etc.			✕		×		×						✕	
	3.3. Equipos de control y protección	Fusibles y cortacircuitos con fusibles, disyuntores, seccionadores, relés, contactores, interruptores, conmutadores, controles eléctricos industriales, controladores lógicos programables, pararrayos, etc.	×			×			×		×		×		×	
	3.4. Equipos de iluminación	Bombillas incandescentes, tubos fluorescentes, equipos de iluminación y señalización eléctrica, lámparas eléctricas portátiles, lámparas para la casa y oficina, lámparas y tubos de diodos emisores de luz (LED), lámparas especiales para salas de cirugía u odontología con tecnología LED, aparatos de tubo de descarga para producir destellos (flashes electrónicos), etc.				×				✕			×*		×	
	3.5. Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos	Aparatos de acondicionamiento de aire para vehículos, pitos y sirenas para automotores, limpia brisas, elevavidrios, medidores eléctricos y electrónicos, bujías de encendido, etc.			×									×	×	
	3.6. Grupos electrógenos	Plantas eléctricas de motor, grupos electrógenos y convertidores eléctricos rotativos, etc.			×										×	
	3.7. Máquinas y aparatos de oficina	Máquinas, impresoras offset, máquinas para contar monedas, perforadoras eléctricas, engrapadoras eléctricas, tajalápiz eléctrico, terminales de pago electrónico, etc									×	×			×	
	3.8. Motores y generadores	Motores de corriente continúa y corriente alterna, generadores de corriente alterna, etc.														
	3.9. Otros aparatos y sistemas	Cortadoras de césped, electroimanes, cercas eléctricas, máquinas automáticas para la venta de productos, proyectores de diapositivas, juegos tragamonedas, cámaras cinematográficas y pantallas de proyección, etc.			×				×		×		×*		×	×
	3.10. Piezas eléctricas	Resistencias, condensadores, reóstatos, acoplamientos, embragues, variadores de velocidad y frenos, electromagnéticos, electroimanes, pequeños mecanismos de relojería completos y montados eléctricos, etc.			×											
	3.11. Pilas y acumuladores	Pilas y baterías de pilas de: dióxido de manganeso alcalinas cilíndricas y de botón, de dióxido de manganeso, con electrolito de cloruro de zinc o de amonio; de dióxido de mercurio cilíndricas y de botón; de dióxido de plata cilíndricas y de botón, de litio cilíndricas y de botón; de aire - zinc cilíndricas de botón, otras pilas y baterías. Acumuladores de níquel-cadmio, níquel-hierro, níquel-hidruro metálico, iones de litio, otros de ion de litio, níquel-metal hidruro, acumuladores eléctricos de plomo del tipo de los utilizados para el arranque de los motores de explosión; otros acumuladores de plomo.										×				
	3.12. Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales	Equipos de refrigeración o congelación, bombas de calor, máquinas dispensadoras automáticas para venta de bebidas, cuartos fríos, unidades selladas de refrigeración: máquinas para la elaboración de helados, vitrinas térmicas, equipo para fabricar hielo, cámaras o túneles desarmables o de paneles, con equipo para la producción de frío, otros aparatos frigoríficos.			×						×			×	✕	
	3.13. Transformadores	Transformadores para transmisión y distribución de energía, transformadores (de medida [TPTC], de frecuencia [50-60Hz]), boninas de reactancia, etc.	×													

*Aparatos que, por el contenido de COP presente en los plásticos, se consideran contaminados y deben tratarse de manera diferenciada. Fuete: Proyecto COL 98842/94749,

✕ Fuente: Empa.

× Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 99 21/12/2023 4:08:18 p. m.

1 *Aparatos con fluídos dieléctricos que contengan bifenilos policlorados (PCB)*

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.2. Enseres de audio y video
1.3. Enseres mayores de hogar
1.8. Equipos de acondicionamiento de aire
1.10. Refrigeración doméstica y comercial
2.2. Circuitos electrónicos
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.6. Equipos de electrónica de potencia
2.8. Equipos de telecomunicaciones
2.9. Equipos electromédicos
3.2. Equipo industrial
3.3. Equipos de control y protección
3.5. Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos
3.6. Grupos electrógenos
3.9. Otros aparatos y sistemas
3.10. Piezas eléctricas
3.12. Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales
3.13. Transformadores

Aparatos con aceites dieléctricos con PCB:

- Transformadores con aceites dieléctricos para distribución de energía (en poste o pedestal)
- Reactores o transformadores de potencia
- Transformadores de corriente (CT) o de potencia (PT), transformadores de medida
- Reguladores de tensión
- Condensadores
- Interruptores o reconectadores
- Balastos para lámparas fluorescentes

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 100 21/12/2023 4:08:19 p. m.

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Aparatos con condensadores con PCB

(con una altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares):*

- AEE de electrónica de potencia
  (UPS, reguladores de voltaje, etc.)
- Grandes electrodomésticos antigüos
  (televisores TRC, equipos de transmisión de radio y televisión, servidores, microondas, etc.)
- AEE que emplean motores con condensadores para el arranque
  (aparatos de refrigeración y acondicionamiento de aire)

** Según la Directiva Europea, los condensadores electrolíticos que contengan sustancias de riesgo (altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares) pueden contener sustancias de riesgo.*

Ubicación en los RAEE

Los PCB se encuentran principalmente en aceites dieléctricos utilizados en aparatos empleados para la generación y distribución eléctrica, como los indicados anteriormente. También se pueden encontrar en los fluidos aislantes presentes en balastos para lámparas fluorescentes y en los condensadores electrolíticos (con una altura > 25 mm, diámetro > 25 mm o volumen de proporciones similares).



Fotografía: Minambiente.



Fotografía: Minambiente.



Fotografía: Wikipedia.

Sustancia de riesgo

- Los bifenilos policlorados son un grupo de 209 compuestos químicos orgánicos sintetizados por el hombre, constituidos básicamente por Carbono, Hidrógeno y Cloro, por lo que se les denomina organoclorados; estos pueden ser líquidos aceitosos, resinosos o sólidos.
- La Convención de Estocolmo los considera contaminantes orgánicos persistentes y, aunque su producción fue prohibida entre las décadas de 1970 y 1990, algunos transformadores nuevos pudieron haber sido contaminados durante su mantenimiento; la meta global es lograr su eliminación ambientalmente adecuada en 2028.
- La exposición de los seres humanos a los PCB puede causar enfermedades de la piel (cloracné, erupciones cutáneas), daño hepático, problemas reproductivos y pueden ser cancerígenos. En cuanto al ambiente, pueden viajar largas distancias, se adhieren fuertemente al suelo y se acumulan en los tejidos grasos de los animales, por lo que se bioacumulan.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 101 21/12/2023 4:08:19 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Resolución 222 de 2011 "Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB)".
- Resolución 1471 de 2016 "Por la cual se modifica la resolución 222 de 2011 y se adopta otras disposiciones".
- Ley 1196 de 2008 “Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes”

Normalización:

- NTC 6352: 2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- Los PCB son considerados residuos peligrosos, por lo tanto, la eliminación de aceites dieléctricos y los componentes contaminados con PCB solo puede ser llevada a cabo por gestores de autorizados para manejo de PCB (corrientes Y10 y A3180).
- En Colombia, se prohíbe la disposición final de residuos o desechos con PCB en rellenos y celdas de seguridad (artículo 10 de la Resolución 1741 de 2016). Solamente se permite el tratamiento térmico mediante incineración para residuos que tienen menos de 50ppm de PCB. Así mismo, la normativa permite la descontaminación de los transformadores de más de 500 KVA y que tienen menos de 500ppm mediante procesos de rellenado o retrofilling.
- Actualmente Colombia cuenta con instalaciones que tienen licencia para el tratamiento de aceites dieléctricos contaminados con PCB mediante declorinación, así como una instalación que se dedica a la descontaminación de superficies metálicas.
- En el caso de cables y otros componentes de aparatos eléctricos y electrónicos, como los condensadores electrolíticos con PCB, así como para aceites dieléctricos con más de 5.000ppm de PCB y otros residuos que los contienen en cantidades mayores a 50ppm, su manejo adecuado se realiza mediante exportación, cumpliendo con los requisitos del Convenio de Basilea sobre movimientos transfronterizos.

Para ampliar la información, consulte el siguiente: enlace

Guía de movimientos transfronterizos de la ANLA: enlace

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 102 21/12/2023 4:08:23 p. m.

Cartuchos de tóner o de tinta para impresión láser o inkjet

2

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones

Subcategorías:
2.10. Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras

Aparatos:
Impresoras láser (tóner de tinta negra y de color)
Impresoras de inyección de tinta (cartucho de tinta líquida negra y de color)
Fotocopiadoras láser (tóner de tinta negra y de color)
Fotocopiadora de inyección de tinta (cartucho de tinta líquida negra y de color)
Otras máquinas de impresión con tóner o tinta líquida

Ubicación en los RAEE

Los cartuchos de tóner o de tinta se encuentran en el interior de los aparatos como impresoras, fotocopiadoras, entre otros. Suelen encontrarse bajo una compuerta, sostenidos por rieles o guías laterales y algún sistema de fijación.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 103 21/12/2023 4:08:24 p. m.

Sustancia de riesgo

- El cartucho de tóner es un recipiente plástico que contiene un polvo fino compuesto por diferentes sustancias que cumplen la función de tinta seca en impresoras de tecnología láser. El material del tóner puede contener cantidades muy pequeñas de compuestos potencialmente tóxicos, por ejemplo, los hidrocarburos orgánicos volátiles, entre los cuales se encuentra el estirol, toluol, etilbenzol, xiloles, fenoles, aldehídos y cetonas, así como, diversos ácidos carbónicos. En algunos casos excepcionales se ha encontrado el benceno (benzol) que es una sustancia cancerígeno. De igual manera, los tóneres pueden contener disolventes declarados como residuos peligrosos y los tóneres de color pueden contener metales pesados (Schluep et al., 2015).
  De otra parte, algunos fabricantes de cartuchos de tinta líquida reportan en sus fichas de datos de seguridad (FDS) ciertos peligros potenciales a la exposición a componentes como el dietilenglicol (nocivo si se ingiere), la sal de azonaftalenosulfonato (tóxico en caso de ingestión), bencisotiazol (irritación en piel, daño ocular), etc.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Resolución 851 de 2022 “Por la cual se desarrollan los artículos 2.2.7A.1.3, 2.2.7A.2.1, el numeral 3.1 del artículo 2.2.7A.2.2, el numeral 3 del artículo 2.2.7A.2.4, el artículo 2.2.7A.4.2 y el artículo 2.2.7A.4.4 del Título 7A del Decreto 1076 de 2015 - DUR del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión de los RAEE y se dictan otras disposiciones”

Normalización:

- NTC 6352:2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE.
- NTC 6023:2013. Etiquetas Ambientales Tipo I. Sello Ambiental Colombiano (SAC). Criterios ambientales para cartuchos de tóner.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

Para el manejo correcto de los cartuchos de tóner y tinta, se debe prestar especial precaución en su desmontaje, por lo tanto, deben separarse manualmente de la impresora para evitar el derrame del tóner o de la tinta residual.
Los cartuchos gastados pueden ser reutilizados (reacondicionados o remanufacturados), reciclados y, cuando aplique, deben ser dispuestos como residuos peligrosos, como se explica a continuación:

- La reutilización se puede dar al eliminar el polvo de tóner o tinta remanente y, posteriormente, rellenar con tóner o tinta nuevos. Se recomienda hacer esta operación bajo estándares técnicos para obtener la calidad de cartuchos de tóner y tinta recargados.
- La remanufactura de los cartuchos implica el desarme total y el ensamble con partes nuevas o reutilizadas, limpias, inspeccionadas y calificadas como aptas para el uso y cargado de tóner o tinta (NTC 6023, 2013). Este procedimiento lo debería llevar a cabo el fabricante original o un tercero autorizado para este fin.
- El reacondicionamiento implica el desensamble, la reparación o el reemplazo de los componentes no funcionales, y posterior relleno con tóner o tinta nueva, incluyendo las pruebas para verificar el funcionamiento del cartucho.
- El reciclaje inicia con el desensamble total del cartucho, la separación de las partes y materiales constitutivos, como la carcasa plástica, el tambor fotoconductor (tóner), la cabeza impresora (cartucho de tinta), otras partes y los residuos de polvo o tinta. Cada material recuperado deberá reciclarse adecuadamente directamente por el gestor o con una empresa transformadora.
- Los cartuchos de tóner o tinta, o sus componentes que no puedan reutilizarse o reciclarse, y que tengan sustancias peligrosas deben tratarse para eliminar las sustancias peligrosas, enviarse a recuperación energética o para coprocesamiento, también pueden ser exportados bajo Convenio de Basilea y, como última opción, disponerse en celdas de seguridad.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 104 21/12/2023 4:08:27 p. m.

Componentes que contengan asbesto

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.1. Cocinas y hornos
1.6. Enseres menores de hogar
3.3. Equipos de control y protección
3.4. Equipos de iluminación

Aparatos:

- Cocinas
- Hornos
- Interruptores y distribuidores
- Luminarias
- Partes de los RAEE que requieren aislamiento térmico, como en distribuidores eléctricos, tableros eléctricos, etc.

Ubicación en los RAEE

El amianto o asbesto se encuentra en paneles de aislamiento o de protección contra incendio o en placas de fijación en aparatos como los citados anteriormente.



Fuente:Freepik.



Fuente:Freepik.



Fuente:Freepik.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 105 21/12/2023 4:08:28 p. m.

Sustancia de riesgo

- El amianto o asbesto es un mineral conformado por silicatos complejos de hierro, aluminio, magnesio y sodio. Este material fue empleado por la industria en diferentes sectores, como en la construcción y en el sector eléctrico, por su alta resistencia al calor, alta capacidad de aislamiento eléctrico y térmico, resistencia a productos químicos, entre otras propiedades. El amianto o asbesto puede causar algunas enfermedades respiratorias irreversibles muy graves debido a que puede dispersarse al aire en fibras microscópicas y, si es aspirado por seres humanos, puede acumularse en los bronquiolos y afectar la salud humana, incluso después de su exposición a la sustancia. Por tal motivo, a nivel mundial se prohibió su extracción, uso y comercialización. En Colombia, la Ley 1968 de 2019 estableció la prohibición de la explotación, producción, comercialización, importación, distribución o exportación de cualquier variedad de asbesto, y de los productos elaborados con este en el territorio nacional, a partir del 1 de enero de 2021. Sin embargo, aún se puede encontrar en algunos aparatos eléctricos antiguos y en otras aplicaciones.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Titulo 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Ley 1968 de 2019 " Por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio Nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos".
- Decreto 0402 de 2021 " Por el cual se establecen disposiciones relacionadas con la prohibición de la importación y la exportación de asbesto en desarrollo de la Ley 1968 de 2019".

Normalización:

- NTC 6352: 2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- ✓ Los residuos de amianto o asbesto deben ser tratados como residuos peligrosos (Y36), estos deben estar empacados con una cobertura impermeable para prevenir que las fibras se liberen al aire y etiquetados apropiadamente. Los residuos deben ser dispuestos en celdas de seguridad de gestores con licencia ambiental para el manejo de este tipo de residuos.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 106 21/12/2023 4:08:32 p. m.

Componentes que contengan fibras cerámicas refractarias

4

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:
13.2. Equipo industrial

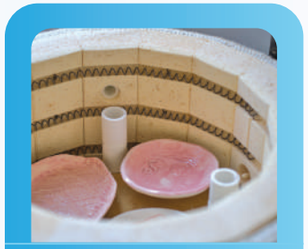
Aparatos:
- Hornos industriales eléctricos
- Hornos de laboratorio
- Equipos de calefacción sometidos a altas temperaturas

Ubicación en los RAEE

Las fibras cerámicas refractarias se emplean como aislantes térmicos para equipos que requieren altas temperaturas, se encuentran en los revestimientos de los aparatos sometidos a altas temperaturas como hornos, equipos de calefacción, entre otros.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 107 21/12/2023 4:08:34 p. m.

Sustancia de riesgo

- Las fibras cerámicas son materiales vítreos, provenientes de la mezcla de aluminio, sílice y otros óxidos refractarios. Se fabrican en forma de lana y contienen de forma general aproximadamente el 50% de fibra y el 50% de material no fibroso, en gran parte no respirable (Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2022). Están diseñados para soportar el calentamiento o enfriamiento rápido, el contacto con otros materiales y los ataques químicos activados por temperaturas elevadas de trabajo.
- Se utilizan en diferentes aplicaciones industriales, básicamente, como aislantes térmicos para requerimientos de temperaturas elevadas, principalmente, a nivel industrial, como en hornos y calderas, y en otros equipos de calefacción sometidos a altas temperaturas. También se utilizan como aislantes en la industria aeroespacial, automotriz, industrias de electrodomésticos y en aplicaciones de protección contra incendios (Ministerio de Trabajo y Economía Social, 2022).
- Su manejo requiere atención especial para minimizar las emisiones de polvo de óxidos refractarios en el ambiente, ya que puede afectar a las personas que los inhalen. Las afectaciones principales pueden ser la irritación mecánica en el tracto respiratorio, los ojos y la piel. Además, en los casos de exposición prolongada, puede ser carcinógena para los seres humanos.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.

Normalización:

- NTC 6352: 2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

✓ Los RAEE que contengan fibras cerámicas, dependiendo de su concentración, pueden ser clasificados como residuos peligrosos no reactivos y deben ser dispuestos en celdas de seguridad si no hay ningún otro tratamiento alternativo. Las fibras cerámicas suelen ser un residuo pulverulento, por lo tanto, deben estar empacadas con una cobertura impermeable para prevenir que las fibras se liberen al aire.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 108 21/12/2023 4:08:37 p. m.

Componentes que contengan sustancias radiactivas

5

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones

Subcategorías:
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.9. Equipos electromédicos

Aparatos:

- Instrumentos de medida y control como los densitómetros, medidoras de nivel o detectores de humo, etc.
- Aparatos médicos como los equipos de telegammaterapia, tomógrafos, mamógrafos, fluoroscopios, aparatos de rayos X, entre otros.
- Equipos odontológicos periapicales y panorámicos, etc.

Ubicación en los RAEE



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 109 21/12/2023 4:08:38 p. m.

Sustancia de riesgo

- Las sustancias radiactivas son aquellas que están formadas por átomos inestables que se descomponen formando otros diferentes, emitiendo radiaciones ionizantes que son un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas o partículas (Radiación Alfa - α, Radiación Beta -β o Radiación Gamma -γ). Pueden encontrarse en la naturaleza, principalmente en el gas radón, o pueden ser sintéticas. Los residuos con sustancias radiactivas se clasifican en seis grupos de acuerdo con la concentración de actividad y los periodos de semidesintegración de los radionucleidos presentes (de muy corta vida, nivel muy bajo, nivel bajo, nivel intermedio y nivel alto).
- Los impactos en la salud y el ambiente pueden ser ocasionados por el contacto directo con estas sustancias, pueden variar de acuerdo con el tipo de exposición, el nivel de radiación y la dosis absorbida. En los seres humanos, una exposición leve puede afectar al sistema reproductivo, generar alteraciones genéticas, caída del cabello, quemaduras por radiación o cáncer, entre otros. En exposiciones crónicas puede ser mortal. En el ambiente pueden contaminar el aire, el agua, el suelo y los ecosistemas.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Resoluciones 180005 de 2010 "Por la cual se adopta el Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en Colombia".
- Resolución 181682 de 2005"Por la cual se establecen los requisitos y se adopta el procedimiento para la expedición de autorizaciones para el transporte seguro de materiales radiactivos en el territorio colombiano".

Normalización:

- NTC 6352:2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- ✓ Los gestores deben establecer un procedimiento para identificar y manejar los RAEE o componentes que tienen presencia de materiales radiactivos. Es importante que este tipo de residuos sea separado de los otros RAEE, no debe ser desensamblado y debe ser devuelto al generador. Para conocer los requisitos para su manejo y gestión, se puede consultar las Resoluciones 180005 de enero 5 de 2010 sobre la gestión de los desechos radiactivos y la Resolución 181682 de diciembre 9 de 2005, Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, expedidas por el Ministerio de Minas y Energía.
- ✓ Los residuos radiactivos que se destinen a disposición final deberán ser trasladados a la instalación centralizada para la gestión de desechos radiactivos del Servicio Geológico Colombiano y serán acopiados hasta que se defina una variante de disposición definitiva en el país.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 110 21/12/2023 4:08:38 p. m.

Aparatos con lámparas fluroescentes, interruptores y relés de mercurio

6

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.2. Enseres de audio y video
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.9. Equipos electromédicos
3.2. Equipo industrial
3.3. Equipos de control y protección
3.4. Equipos de iluminación
3.9. Otros aparatos y sistemas

Aparatos con interruptores o relés de mercurio:

- Equipos de instrumentación
- Contactores de alta corriente
- Termostatos bimetálicos
- Máquinas expendedoras de productos

Aparatos con lámparas fluorescentes:

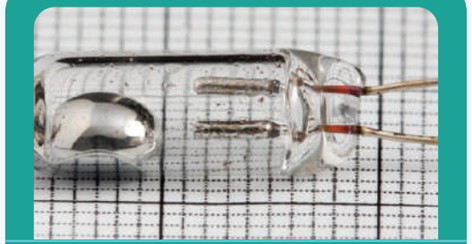
- Bombillas fluorescentes (rectas, circulares, compactas, etc.)
- Lámparas para la casa y oficina
- Lámparas especiales para salas de cirugía u odontología
- Fotocopiadoras
- Escáneres
- Aparatos de diagnóstico médico
- Monitores y televisores con pantallas de cristal líquido (LCD) y plasma
- Proyectores
- Algunos RAEE con iluminación interna

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 111 21/12/2023 4:08:38 p. m.

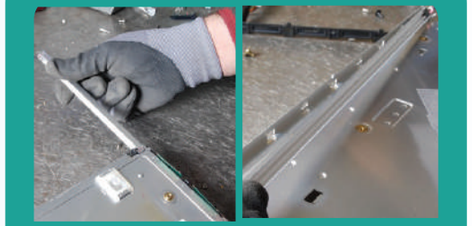
Ubicación en los RAEE

Los interruptores de mercurio se han utilizado en aplicaciones de control para detectar la inclinación o el vuelco de un equipo (máquinas expendedoras de productos) o como sensor de balanceo en algunos aparatos eléctricos antiguos (lavadoras, congeladores, calentadores, termóstatos y planchas), pero su uso en electrodomésticos se eliminó a partir del año 2000 (Department of Ecology State of Washington, 2018). Los relés de mercurio se utilizan como interruptores o contactores de alta corriente instalados en controladores automáticos.

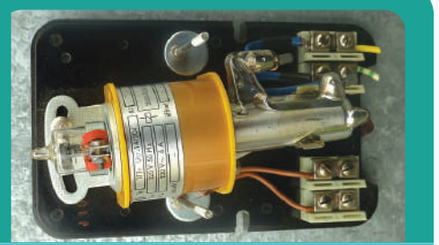
Las bombillas fluorescentes se encuentran en las lámparas, luminarias o proyectores usados en las oficinas, hogares, en el alumbrado público, así como en algunos equipos médicos. También, se encuentran al interior de las pantallas planas (tipo LCD o plasma) de televisores y monitores para proveer la iluminación trasera. En fotocopiadoras y escáneres se ubican debajo del vidrio de escaneo.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Empa.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 112 21/12/2023 4:08:40 p. m.

Sustancia de riesgo

- El mercurio es un metal líquido a temperatura ordinaria, brillante y de color blanco plateado, que se encuentra en la naturaleza de manera elemental, inorgánico y orgánico. El mercurio es tóxico y causa impactos negativos en la salud y el ambiente porque no puede ser degradado química o biológicamente, se bioacumula y se biomagnifica. Para el ser humano, el mercurio es altamente neurotóxico y afecta severamente el sistema nervioso central. Las afectaciones por el mercurio pueden variar dependiendo del tipo de exposición, es decir, si es aguda o crónica. Las emisiones de mercurio pueden contaminar el agua, suelo y aire, y tener repercusiones serias en los ecosistemas.
- Los impactos en la salud o el ambiente se encuentran relacionados con la liberación y exposición al mercurio que se encuentra en el interior de los interruptores, relés de mercurio y de las lámparas fluorescentes.
- En Colombia, la Ley 1658 de 2013 estableció que se debe erradicar el uso del mercurio en todo el territorio nacional para la minería en un plazo máximo de 5 años (15 de julio de 2018) y, en todos los procesos industriales y productivos, en un plazo no mayor a 10 años (15 de julio de 2023).

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Ley 1658 de 2013 "Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones".

Normalización:

- NTC 6352: 2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- ✓ En la manipulación de los componentes con mercurio se debe evitar su liberación al ambiente, así como cualquier tipo de exposición directa del personal que esté en contacto con los RAEE que los contienen.
- ✓ En general, el tratamiento para los residuos con mercurio consiste en la extracción o separación del mercurio del resto de materiales que tiene el aparato (por ejemplo, vidrio, plástico y metales), utilizando procesos físicos como la trituración o la calcinación al vacío, para facilitar el reciclaje y aprovechamiento de materiales libres de mercurio.
- ✓ En el caso de las lámparas fluorescentes, se debe extraer el gas con técnicas que puedan capturar el vapor de mercurio como el bulb eater, tecnología balcan, tecnología treomel y tecnología de destilación simple.
- ✓ El mercurio obtenido deber ser estabilizado por medio de procesos químicos para su posterior disposición final en celdas de seguridad.

Para ampliar la información, consultar el siguiente documento: enlace

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 113 21/12/2023 4:08:40 p. m.

7

Pantallas de cristal líquido

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.1. Cocinas y hornos
1.2. Enseres de audio y video
1.3. Enseres mayores de hogar
1.4. Enseres menores de calentamiento
1.6. Enseres menores de hogar
1.8. Equipos de acondicionamiento de aire
1.10. Refrigeración doméstica y comercial
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.5. Electrónica de consumo
2.6. Equipos de electrónica de potencia
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.8. Equipos de telecomunicaciones
2.9. Equipos electromédicos
3.3. Equipos de control y protección
3.7. Máquinas y aparatos de oficina
3.9. Otros aparatos y sistemas
3.12. Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales

Aparatos:

- Portátiles
- Pantallas planas de computadores y televisores
- Computadores de videojuegos y didácticos
- Pantallas informativas de diferentes RAEE

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 114 21/12/2023 4:08:43 p. m.

Ubicación en los RAEE



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

Sustancia de riesgo

- Una pantalla de cristal líquido o LCD (liquid cristal display, por sus siglas en inglés) es una pantalla delgada y plana que tiene una composición compleja con varias capas que incluyen vidrio (85 a 87 %), membrana de polímero (12,7 a 14 %) y cristales líquidos (0,12 a 0,14 %). Un cristal líquido está compuesto por sustratos de vidrio, cristal líquido, vidrio conductor ITO (indium tin oxide, por sus siglas en inglés) y matriz negra (óxido de cromo), y se caracteriza por ser un estado intermedio entre sólido y líquido (Gorá et al, 2019).
- Por otra parte, las pantallas de cristal líquido pueden contener entre 50 y 500 mg de indio por Kg de vidrio, dependiendo del tipo de pantalla y otros características (Fontana et al., 2021). Aunque el indio no está clasificado como una sustancia peligrosa, la Comisión Europea lo clasificó como una materia prima crítica para Europa, debido a su alto riesgo de suministro, su alta significancia económica y la demanda potencial de este metal raro.
- En este tipo de pantallas, la principal sustancia de preocupación es el mercurio, que se encuentra en las lámparas fluorescentes que producen la iluminación del fondo (de un diámetro y un tamaño muy pequeño), cuyo tratamiento se explicó en la Ficha 6. Actualmente, la iluminación de fondo con lámparas fluorescentes fue remplazada por diodo emisor de luz (LED).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 115 21/12/2023 4:08:44 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.

Normalización:

- NTC 6352:2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- ✓ Hoy en día, las pantallas LCD se desensamblan y se separan los componentes peligrosos como las lámparas fluorescentes de la luz trasera y el panel resultante se almacena. La razón es el contenido significativo de fracciones valiosas (por ejemplo, tarjeta de circuito impreso, vidrio, metales y cristales líquidos) y la falta de un proceso de reciclaje sostenible desde un punto de vista económico y ambiental.

- ✓ La literatura internacional sobre invenciones patentadas en el aprovechamiento de los LCD, con un interés particular en la recuperación del indio incluido en la película de indio y estaño, que puede ser de hasta el 90%, reporta que los procesos de recuperación de materiales se inician con un primer paso de trituración o corte, a menudo combinado con un tratamiento térmico. A continuación, se realiza la extracción del indio a través de procesos, principalmente, de lixiviación, ya sea en forma ácida o básica. En cuanto a la recuperación de metales a partir de soluciones de lixiviación, la electrólisis o la cementación podría ser seleccionada como la mejor opción.

- ✓ Finalmente, se procede a la recuperación del vidrio, el material con mayor porcentaje en el panel. Respecto al recuperación de los cristales líquidos, se reportan pocas invenciones y debe evaluarse la ventaja real de este paso, analizando los costos relacionados con el control de las condiciones de operación.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 116 21/12/2023 4:08:44 p. m.

Pilas y acumuladores

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.2. Enseres de audio y video
1.6. Enseres menores de hogar
1.7. Enseres menores personales
1.9 Herramientas para el hogar
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.5. Electrónica de consumo
2.6. Equipos de electrónica de potencia
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.8. Equipos de telecomunicaciones
2.9. Equipos electromédicos
2.10. Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras
3.7. Máquinas y aparatos de oficina
3.11. Pilas y acumuladores

Aparatos:

- Aparatos de radio, televisores, cámaras de vídeo, etc.
- Computadoras, impresoras y periféricos, teléfonos móviles, etc.
- Herramientas
- Juguetes, consolas de vídeo, etc.
- Carros o bicicletas eléctricas

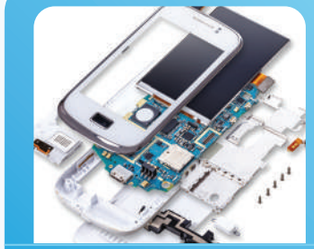
1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 117 21/12/2023 4:08:44 p. m.

Ubicación en los RAEE

Las pilas y los acumuladores pueden encontrarse en los AEE, en dos formas principales. Una es en la parte interior de los RAEE incorporadas en las tarjetas de circuito impreso por medio de una base o receptáculo (*por ejemplo, en las tarjetas madre de las CPU que tienen pilas tipo botón*) o conectadas con ellas a través de cables o pines conectores (*como en el caso de las UPS y los teléfonos móviles celulares*). La otra forma, ubicada en compartamientos para fácil acceso y reemplazo por parte del usuario, como en los controles remotos, los juguetes, etc. Asimismo, los conjuntos de pilas o acumuladores (*baterías*) pueden estar organizadas en paquetes (*battery packs*) que se incorporan al interior de los aparatos, como en los computadores portátiles o son de fácil remoción como en las herramientas manuales (*portable battery*).



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

Sustancia de riesgo

Las pilas y los acumuladores son dispositivos que permiten la obtención de energía eléctrica por transformación de la energía química. Las pilas se encuentran en diferentes aparatos y pueden ser de distintos tamaños, formas y composición, como se explica a continuación:

Pilas primarias o no recargables

- Las pilas comunes pueden ser de dióxido de manganeso, zinc-carbono o de manganeso, las cuales llevan un electrodo de carbón o grafito. Estas pueden ser de forma cilíndrica o cuadrada.
- Las pilas tipo botón están compuestas por óxido de mercurio, óxido de plata, dióxido de manganeso, zinc y litio, con un electrolito alcalino que puede ser de hidróxido de sodio o hidróxido de potasio.

Pilas secundarias o acumuladores (con capacidad de recibir varios ciclos de carga y descarga)

- Los acumuladores son, principalmente, de ion-litio, níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico o plomo-ácido.
- Los materiales que componen las pilas y las baterías demandan un manejo especial cuando son descartadas, pues algunas de esas sustancias son tóxicas y pueden generar varios impactos en el ser humano o en el ambiente, por ejemplo, el cadmio, el níquel, el mercurio son metales pesados. El níquel puede producir reacciones alérgicas en la piel o afectaciones en vías respiratorias y, en caso de que se incendien, las baterías de litio pueden liberar sustancias combustibles, cancerígenas, tóxicas y corrosivas. El zinc, en dosis mayores de las requeridas por el ser humano, puede originar calambres estomacales, náuseas, vómitos o anemia. El cadmio puede causar fragilidad en los huesos, afectar el sistema digestivo o el sistema renal, y provocar cancer de pulmón. El mercurio es altamente tóxico como se explicó en la Ficha 6.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 118 21/12/2023 4:08:49 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Resolución 851 de 2022 “Por la cual se desarrollan los artículos 2.2.7A.1.3, 2.2.7A.2.1, el numeral 3.1 del artículo 2.2.7A.2.2, el numeral 3 del artículo 2.2.7A.2.4, el artículo 2.2.7A.4.2 y el artículo 2.2.7A.4.4 del Título 7A del Decreto 1076 de 2015 - DUR del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión de los RAEE y se dictan otras disposiciones”.

Normalización:

- NTC 6352: 2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- En la manipulación, transporte y almacenamiento de las pilas y acumuladores, se debe evitar la exposición al calor excesivo, la humedad o el agua, lo que puede causar cortocircuito o daño físico. En el caso de las baterías de litio que son altamente reactivas, estas condiciones pueden llegar a causar explosión.
- El tratamiento de pilas y acumuladores, generalmente inicia con el desensamble manual de los paquetes (packs) o módulos (por ejemplo, baterías de computadores, equipos portables, automóviles eléctricos) para extraer las celdas primarias o secundarias. Posteriormente, se realizan procesos mecánicos de trituración para la separación y clasificación de materiales plásticos y metales como el cobre, aluminio y la masa negra, la cual, dependiendo del tipo de pila o acumulador, contiene materiales como grafito y litio, y metales como cobalto, níquel o manganeso en diferentes composiciones.
  Actualmente, el país cuenta con empresas gestoras debidamente licenciadas para el aprovechamiento tanto de pilas como de acumuladores, incluidos los de litio. Estos gestores, hoy día, están exportando la masa negra, en donde por medio de diferentes técnicas de recuperación pirometalúrgicas, hidrometalúrgicas y otras de refinación, se recuperan los metales de mayor valorización como el cobalto y niquel. Aunque es posible recuperar el litio, los process existentes no son costo eficientes.
- En este sentido, de acuerdo con el artículo 2.2.7A.4.5. del Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, no se podrá realizar la disposición en rellenos de seguridad o celdas de seguridad si existe la capacidad instalada suficiente para el aprovechamiento de este tipo de residuos por parte de los gestores de RAEE que actualmente estén operando.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 119 21/12/2023 4:08:51 p. m.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- Así mismo, la importación o exportación de los residuos de pilas y acumuladores deberá hacerse bajo la partida arancelaria 8549 - Desperdicios y desechos, eléctricos y electrónicos, siempre y cuando, por su complejidad, no puedan ser tratados ambiental y sanitariamente dentro del territorio colombiano. Para este caso, el generador, transportador y receptor de residuos peligrosos deberá cumplir con lo establecido en el Convenio de Basilea y demás normatividad vigente que regule la materia (artículo 12, Ley 1252 de 2008).
- De otra parte, la reutilización de las baterías para una segunda vida se viene incrementando frente a la alta demanda de vehículos eléctricos y de las energías renovables, como la energía fotovoltaica. De esta forma, las baterías de litio usadas en movilidad eléctrica, cuando ya no alcanzan el valor mínimo de eficiencia de carga y almacenamiento de energía, se están reutilizando después de un procedimiento de preparación para la reutilización, en aplicaciones estacionarias para almacenar energía en instalaciones fotovoltaicas, en cargadores de baterías de vehículos eléctricos y otras aplicaciones de almacenamiento de energía.
- Las pilas y acumuladores de litio presentan alto riesgo de explosión. Para conocer las prácticas recomendas para la recolección, almacenamiento, pre tratamiento y tratamiento final, puede consultar el siguiente enlace
- Para el transporte se deben tener en cuenta los lineamientos establecidos por el libro naranja de la ONU y la Sección 8, Transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera del Capítulo 7, Parte 2, Libro 2, del Decreto 1079 de 2015 Único del sector transporte (anterior Decreto 1609 de 2002).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 120 21/12/2023 4:08:51 p. m.

Plásticos que contengan sustancias con retardantes de llama bromados

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.2. Enseres de audio y video
1.3. Enseres mayores de hogar
1.4. Enseres menores de calentamiento
1.6. Enseres menores de hogar
1.7. Enseres menores personales
1.8. Equipos de acondicionamiento de aire
1.9 Herramientas para el hogar
2.2. Circuitos electrónicos
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.5. Electrónica de consumo
2.6. Equipos de electrónica de potencia
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.9. Equipos electromédicos
2.10. Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras
3.1. Cables y conductores
3.3. Equipos de control y protección
3.4. Equipos de iluminación
3.9. Otros aparatos y sistemas

Aparatos:

El presente listado se basa en los resultados obtenidos en el marco del Proyecto COL 98842/94749*, el cual identificó la presencia de retardantes de llama bromados en plásticos de RAEE:

- Bombilla fluorescente de color blanco
- Cámaras de video de todos los colores
- CPU de color negro
- Equipos de calefacción de color negro
- Estabilizadores de color blanco y negro (incluyendo regulador e indicador de voltaje)

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 121 21/12/2023 4:08:51 p. m.

Ubicación en los RAEE

- Multitomas de todos los colores
- Planchas de ropa de color blanco
- Radios de color negro
- Unidades externas e internas de CD/DVD de color negro
- Medidores electrónicos de color blanco (incluyendo los contadores de energía electromecánicos, analógicos o tradicionales)
- UPS de color negro
- Televisores TRC de color negro
- Cables de baja, media y alta tensión que utilizaron PCB como retardantes de llama

Los retardantes de llama o pirorretardantes son aditivos que se encuentran en las carcasas y demás partes plásticas internas de los aparatos mencionados.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

Sustancia de riesgo

Los retardantes de llama o pirorretardantes son aditivos empleados para prevenir el incendio o retrasar el proceso de combustión de los plásticos. Estos aditivos se pueden clasificar en tres grupos principales:

- 1. Retardantes de llama minerales.
- 2. Retardantes de llama a base de fósforo.
- 3. Retardantes de llama bromados (BFR).

- Algunos de los retardantes de llama bromados son contaminantes orgánicos persistentes (COP) y, por lo tanto, son especialmente problemáticos, por lo que su uso está restringido por límites regulatorios, como los establecidos en la Directiva RoHS (como PBB, PBDE, HBCDD, HBB, PCCC, PFOS y PFOA) (Bill et al, 2019).

- El Convenio de Estocolmo prohibió el uso y demanda el control de los retardantes de llama con COP (HBCDD, HBB y PBDE) porque son altamente tóxicos, se tardan muchos años en degradar, se bioacumulan y se magnifican. En los seres humanos son muy tóxicos y pueden afectar los ojos, el hígado, el sistema reproductivo, el sistema endocrino y son neurotóxicos. En el ambiente pueden tener impactos negativos en la fauna y flora.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 122 21/12/2023 4:08:54 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Ley 1196 de 2008 "Por medio de la cual se aprueba el "Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes".

Normalización:

- NTC 6352:2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

✓ El reciclaje de fracciones plásticas con retardantes de llama bromados para hacer resinas secundarias no está permitido en el país. Por lo anterior, las mejores técnicas disponibles (MTD) de eliminación de plásticos con retardantes de llama bromados COP son: i) el coprocesamiento en hornos cementeros, en el cual se emplean las fracciones peligrosas en los procesos de fabricación para la recuperación del valor energético y mineral de los estos, a la vez que se fabrica el cemento, evitando el uso de combustibles fósiles como el carbón o el gas; y ii) la incineración a temperaturas muy altas (alrededor de 1100 °C) para la destrucción de sustancias orgánicas peligrosas y bajo control de emisiones para eliminar los gases tóxicos y los metales pesados.

Para mayor información sobre el manejo de plásticos recuperados de RAEE, consultar el siguiente documento: enlace

*Proyecto COL 98842/94749, sobre Reducción de las liberaciones de los COP no intencionales y mercurio provenientes de la gestión de residuos hospitalarios, RAEE, procesamiento de chatarra metálica y quemas de biomasa. El proyecto identificó la presencia de retardantes de llama bromados en plásticos de RAEE, mediante más de 8.400 análisis de fluorescencia de rayos X (XRF) y 50 de cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS) aplicado a más de 45 tipos de AEE.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 123 21/12/2023 4:08:55 p. m.

10

Refrigerantes con CFC, HCFC, HFC y HC

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.8. Equipos de acondicionamiento de aire
1.10. Refrigeración doméstica y comercial
3.5. Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos
3.12. Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales

Aparatos:

- Aires acondicionados (equipos de acondicionamiento de aire)
- Neveras
- Refrigeradores
- Congeladores
- Enfriadores de botellas
- Vitrinas frigoríficas
- Aparatos de acondicionamiento de aire para vehículos
- Máquinas dispensadoras automáticas para venta de bebidas
- Equipos de refrigeración o congelación industriales
- Otros aparatos frigoríficos

Los gases refrigerantes se encuentran en los circuitos de refrigeración de los aparatos de refrigeración y acondicionamiento de aire (compresor, evaporador, condensador, filtros y tuberías). Así mismo, algunas de estas sustancias son consideradas agentes espumantes, debido a que se encuentran embebidos en las espumas de poliuretano que forman las paredes aislantes de los cuartos fríos y gabinetes de los aparatos.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 124 21/12/2023 4:08:56 p. m.

Ubicación en los RAEE



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Red Verde.

Sustancia de riesgo

- Los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarburos (HFC), hidrocarburos (HC), hidrofluorolefinas (HFO), el amoniaco (NH_3) o el dióxido de carbono (CO_2) son fluidos refrigerantes que, en fase líquida, absorben calor estando a baja presión, con lo cual cambia a fase vapor. Posteriormente, el calor absorbido es liberado cuando está a alta presión y pasa nuevamente de fase gaseosa a líquida.

- Los refrigerantes clorofluorocarbonos o CFC, como el R11 y R12, son sustancias derivadas de los hidrocarburos saturados, que contienen átomos de cloro y flúor, y no contienen hidrógeno en su molécula química. Su estabilidad química y volatilidad hacen que se acumulen fácilmente en la atmósfera, alcanzando la estratosfera y permaneciendo en ella hasta por 100 años, además, agotan la capa de ozono. Por lo tanto, fueron controlados y su producción fue prohibida en 1995 a nivel mundial.

- Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son gases refrigerantes transitorios y están compuestos por átomos de cloro, flúor, hidrogeno y carbono. Estos refrigerantes como el R22 reemplazaron algunos CFC en ciertas aplicaciones. Son refrigerantes que afectan la capa de ozono principalmente y también generan calentamiento global. Para países en desarrollo, la eliminación del consumo de los HCFC está estimada para el año 2030.

- Los hidrofluorocarburos o hidrofluorocarbonos o HFC son cada uno de los derivados de los hidrocarburos que contienen átomos de hidrógeno y flúor, y no contienen cloro. Los gases más conocidos de esta familia son el R134a, y las mezclas de la serie R400. Son ampliamente empleados para sustituir los CFC y HCFC, sin embargo, los refrigerantes de esta familia son gases transitorios porque, aunque no agotan la capa de ozono, si ocasionan calentamiento global. Estas sustancias también están siendo reemplazadas por sustancias refrigerantes definitivas, como los denominados "naturales", como el dióxido de carbono (CO_2), el amoniaco (NH_3), los refrigerantes a base de hidrocarburos (HC) y también por aquellos refrigerantes orgánicos insaturados como son las HFO.

- Es importante resaltar que los refrigerantes anteriores no agotan la capa de ozono y tienen un ultra bajo potencial de calentamiento global (menor a 30), sin embargo, algunos cuentan con características de peligrosidad relacionadas con la inflamabilidad, toxicidad y altas presiones.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 125 21/12/2023 4:08:57 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.
- Ley 29 de 1992 " Por medio de la cual se aprueba el “Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono”.
- Ley 1970 de 2019 Por medio de la cual se aprueba la “Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal”.
- Resolución 2267 de 2018. "Modifica Resolución 909 de 2008 en lo referente a Residuos permitidos mediante tratamiento térmico en instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos y hornos cementeros que realicen coprocesamiento, entre otros. (Artículo 102, residuos permitidos: sustancias CFC, HCFC, y HFC puros o en mezclas, únicamente en hornos rotatorios que cuenten con un sistema de control de alimentación enlazado y dependiente del sistema de monitoreo continuo de emisiones y del sistema de control de la operación del horno; y siempre y cuando se registre la cantidad de cloro que ingresa al horno durante la alimentación de los residuos).

Normalización:

- NTC 6352:2029. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.
- NTC 6228-2:2021. Sistemas de refrigeración y bombas de calor. Requisitos de seguridad y medio ambientales. Parte 4: operación, mantenimiento, reparación y recuperación.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- Los gestores con licencia ambiental para este tipo de subcategorías deben contar con equipos industriales para recuperar y separar el gas refrigerante del aceite contenidos en los compresores de las unidades de refrigeración. De acuerdo con el tipo de refrigerante, estas sustancias pueden ser recuperadas para su regeneración o eliminación.
- Los gases que se pueden regenerar no deben estar mezclados con otros gases refrigerantes y deben tener un porcentaje de pureza superior al 98%. Para conocer la pureza y las características de los gases, se pueden emplear identificadores de gases que permiten conocer con exactitud el tipo de refrigerante que está contenido en un cilindro o en un sistema de refrigeración o, también, se pueden emplear pruebas de laboratorio, como la cromatografía gas-líquido o cromatografía de gases (GC).
- Entre los tipos de gases que pueden ser regenerados se encuentran aquellos que pertenecen a las siguientes series: la serie 000 Metanos (R -12, R-22), la serie 100 Etanos (R-134a), la serie 400 Zeotropos (los R-400), la serie 500 Azeotropos (los R-500). La cantidad mínima para regenerar son 10 Kg. El refrigerante regenerado puede usarse en las operaciones de mantenimiento y carga de equipos nuevos y usados de refrigeración o acondicionamiento del aire. Colombia cuenta con una red de recuperación, reciclaje y regeneración de gases refrigerantes, a la cual pueden asistir los gestores que capturen gases refrigerantes en sus procesos de descontaminación de equipos o sistemas de refrigeración y acondicionamiento de aire, con el fin de gestionar estos residuos peligrosos.
- La eliminación de los gases refrigerantes aplica para aquellos que se encuentran contaminados, mezclados con otros y cuando no existe la tecnología para separar o fraccionar la mezcla. En la actualidad existen varias tecnologías para la destrucción de refrigerantes CFC, HCFC y HFC, entre las cuales, las más utilizadas son el coprocesamiento en hornos cementeros o la incineración en horno rotatorio, lo cual aplica para otros tipos de refrigerantes como los hidrocarburos.
- En el marco del Protocolo de Montreal se han venido reemplazando los agentes espumantes que son SAO por otras sutancias como el ciclopentano. Sin embargo, para la gestión de los aparatos de refrigeración que puedan contener espumas de PU con agentes espumantes agotadores de la capa de ozono, estas deben ser tratadas en un proceso hermético que impida su liberación al ambiente.

Para conocer más información sobre el manejo de refrigerantes, consultar el siguiente link: enlace

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 126 21/12/2023 4:08:57 p. m.

Tarjetas de circuito impreso

11

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.1. Cocinas y hornos
1.2. Enseres de audio y video
1.3. Enseres mayores de hogar
1.4. Enseres menores de calentamiento
1.6. Enseres menores de hogar
1.7. Enseres menores personales
1.8. Equipos de acondicionamiento de aire
1.9 Herramientas para el hogar
1.10. Refrigeración doméstica y comercial
2.1. Antenas para telecomunicaciones
2.2. Circuitos electrónicos
2.3. Componentes electrónicos
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.5. Electrónica de consumo
2.6. Equipos de electrónica de potencia
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.8. Equipos de telecomunicaciones
2.9. Equipos electromédicos
2.10. Periféricos, partes y tarjetas para computadores e impresoras
3.2. Equipo industrial
3.3. Equipos de control y protección
3.4. Equipos de iluminación
3.5. Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos
3.6. Grupos electrógenos
3.7. Máquinas y aparatos de oficina
3.9. Otros aparatos y sistemas
3.12. Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales

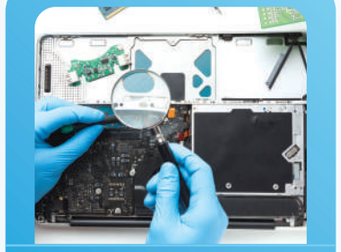
1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 127 21/12/2023 4:08:57 p. m.

Ubicación en los RAEE

Aparatos:

- Las tarjetas de circuito impreso se encuentran en la parte interna de todos los dispositivos electrónicos.

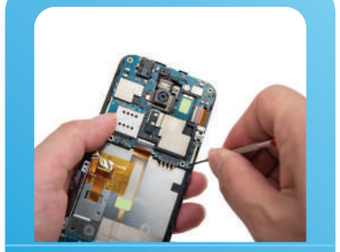
Las tarjetas de circuito impreso son el soporte físico y de conexión de los componentes y dispositivos electrónicos de los aparatos y, por lo tanto, se encuentran en su interior, formando susbsistemas como CPU, fuentes de poder, interfaces, comando y control, entre otros.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

Sustancia de riesgo

- Las tarjetas de circuito son estructuras mecánicas de material laminado aislante (fibra de vidrio, resina epoxi, plástico reforzado con vidrio, etc.) entre capas de material conductor, el cual suele ser cobre laminado. La mayoría de las TCI están compuestas por entre una a dieciséis capas conductoras que pueden conectarse a través de orificios, llamados vías. Los orificios pueden ser electrorrecubiertos o se pueden utilizar pequeños remaches. Adicionalmente, las TCI soportan diferentes componentes que están soldados a la estructura, como condensadores, conectores, disipadores de calor, pilas, chips, semiconductores de galio y arsénico, interruptores, etc.

- Las tarjetas de circuito impreso pueden estar compuestas de diferentes materiales como metales ferrosos, no ferrosos, metales nobles, plásticos y sustancias contaminantes como el mercurio, cadmio, plomo, galio, arsénico, cromo, antimonio u óxido de berilio. Adicionalmente, la estructura de las tarjetas generalmente esta compuesta por plásticos y algunos pueden contener retardantes de llama bromados, los cuales fueron explicados en la Ficha 9.

- Por el contenido de sustancias peligrosas, las tarjetas de circuito impreso debe ser tratadas de manera diferenciada y descontaminadas (libres de pilas y condensadores electrolíticos con PCB) antes de su aprovechamiento para evitar la liberación de los contaminantes que afectan la salud humana y al ambiente.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 128 21/12/2023 4:09:00 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.

Normalización:

- NTC 6352:2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- Antes de cualquier tratamiento, las tarjetas de circuito impreso deben pasar por un proceso de descontaminación manual para la extracción de componentes como pilas, baterías, condensadores, interruptores, etc. Una vez que es descontaminada la tarjeta, resultaran componentes con sustancias peligrosas que deben ser tratados de acuerdo con su naturaleza y de acuerdo con las indicaciones de las fichas del presente documento.

- Las tarjetas descontaminadas son sometidas a procesos de tratamiento para la recuperación de las fracciones más valiosas de los RAEE, como los metales preciosos. La recuperación de metales de las tarjetas de circuito impreso solo puede llevarse a cabo en plantas especializadas que implementan diferentes técnicas y tecnologías como tratamientos mecánicos, térmicos, químicos, pirometalurgia, hidrometalurgia, electrometalurgia y una combinación de ellas para recuperar los metales.

- En Colombia aún no se hace recuperación y refinería de metales de las tarjetas de circuito impreso, por lo tanto, los gestores las exportan a plantas de refineación en Europa y Asia. Para el caso de exportación, se debe tener en cuenta la enmienda a los Anexos II, VIII y IX del Convenio de Basilea, adoptada por la decimoquinta reunión de la Conferencia de las Partes en 2022, la cual entra en vigencia el 1 de enero de 2025 y que afecta los movimientos transfronterizos de RAEE.

- Así mismo, la importación o exportación de los residuos de tarjetas de circuito impreso deberá hacerse, bajo la partida arancelaria 8549 - Desperdicios y desechos, eléctricos y electrónicos.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 129 21/12/2023 4:09:01 p. m.

12

Tubos de rayos catódicos

Tipo de RAEE en los que se encuentran

Categoría:

1. Aparatos electrodomésticos
2. Electrónica y equipos de telecomunicaciones
3. Maquinaria y equipo eléctrico

Subcategorías:

1.2. Enseres de audio y video
2.3. Componentes electrónicos
2.4. Computadores y equipos para tratamiento de datos
2.7. Equipos de instrumentación y control
2.9. Equipos electromédicos
3.9. Otros aparatos y sistemas

Aparatos:

- Monitores de computadores antiguos
- Televisores antiguos
- Equipos de vigilancia y control
- Monitores médicos
- Máquinas tragamonedas (videojuegos, rocolas, etc.)

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 130 21/12/2023 4:09:02 p. m.

Ubicación en los RAEE

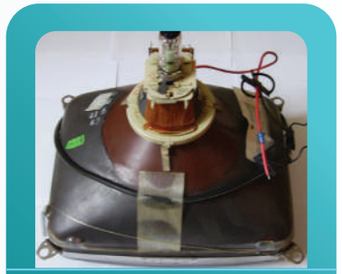
Los tubos de rayos catódicos se ubican en la parte frontal de los monitores o televisores antiguos, puesto que es allí donde se forma la imagen.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.



Fotografía: Freepik.

Sustancias de preocupación

- Los tubos de rayos catódicos CRT (*cathode ray tube, por sus siglas en inglés*) son una estructura de vidrio cerrada al vacío, de forma cónica, con la parte frontal plana y, en su interior, contiene un cañón de electrones con electrodos de conexión (*getterpills*), una película fosforescente en la parte frontal y una máscara de sombra metálica. Además, lleva en la parte exterior un deflector magnético (*conocido como yugo*), alguna tarjeta de circuito impreso y cables.

- El vidrio del cono del TRC contiene óxido de plomo con el fin de absorber la radiación de alta energía, que es generada dentro del tubo. En el vidrio frontal, el óxido de plomo se reemplaza por óxido de bario y óxido de estroncio, ya que el vidrio con óxido de plomo cambiaría de color (Minambiente, 2010).

- El óxido de plomo está integrado en la matriz de vidrio y no representa un peligro inmediato, solo al moler o triturar el vidrio en granulados finos, el plomo puede ser liberado y dispersado en un procesamiento posterior, por lo tanto, se deben tomar las medidas del caso. La película fosforescente puede tener compuestos peligrosos como el cadmio, itrio, europio, bario y plomo. Los electrodos de conexión contienen bario.

- El cadmio puede causar fragilidad de los huesos, afectar el sistema digestivo o el sistema renal, y provocar cancer de pulmón. Por otra parte, el bario puede producir diferentes efectos sobre la salud de acuerdo con el nivel de exposición y el tipo de compuesto de bario.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 131 21/12/2023 4:09:02 p. m.

Normativa y normalización

Normativa:

- Libro 2, parte 2, Título 6, Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, sobre residuos peligrosos.

Normalización:

- NTC 6352:2019. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Parte 2: Tratamiento.

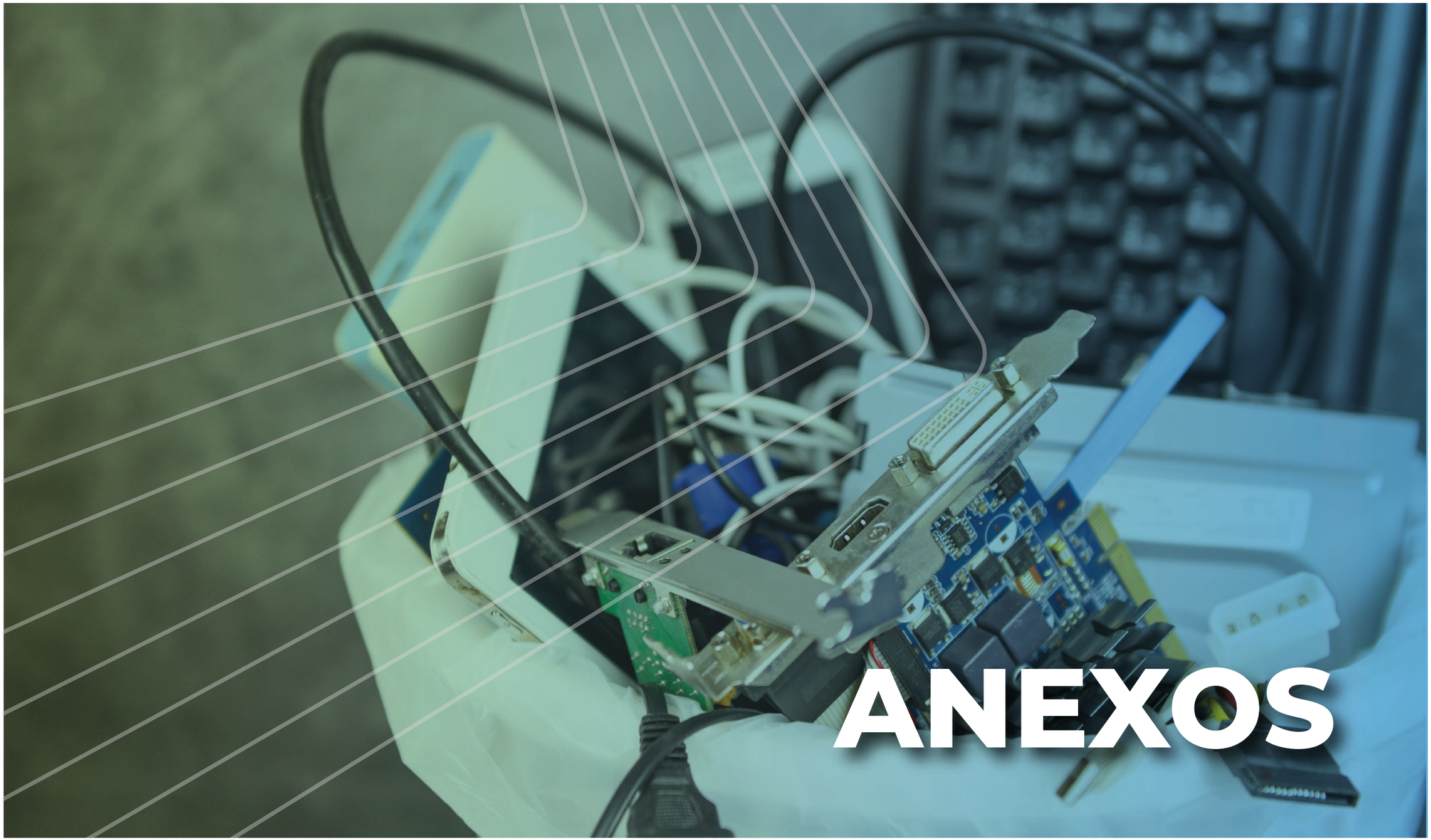
Mejores prácticas y opciones de tratamiento

- ✓ El desensamble y retiro del TRC del aparato que lo contenga debe llevarse a cabo conservando su integridad. De igual manera, con el retiro del yugo y otras partes externas (electrodo de alta tensión y cables de fijación).

- ✓ Previa a cualquier opción de tratamiento o disposición final, se recomienda separar el cono de la parte frontal del tubo en la unión de los dos, por medio de un choque térmico con un hilo caliente u otra forma de corte. De esta forma, se puede retirar la máscara de sombra que es valorizable como una fracción metálica y retirar la película fosforescente por aspiración, para luego ser tratada como residuo peligroso. El vidrio de la parte del cono se puede triturar para reducir su volumen y debe tratarse como residuo peligroso. Para el vidrio frontal debe evaluarse su peligrosidad y ser tratado según corresponda.

- ✓ El reciclaje de TRC para hacer nuevos TRC ya no es una opción viable, debido a que ya no existen plantas de fabricación en el mundo de este tipo de aparatos. Sin embargo, puede haber procesos de recuperación del plomo y el vidrio. Otra opción, puede ser emplear este tipo de vidrios en materiales de construcción o en la fabricación de recubrimientos para cerámica. Si no es posible la valorización de los vidrios, se debe optar por sus disposición final en celdas de seguridad.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 132 21/12/2023 4:09:03 p. m.



ANEXOS

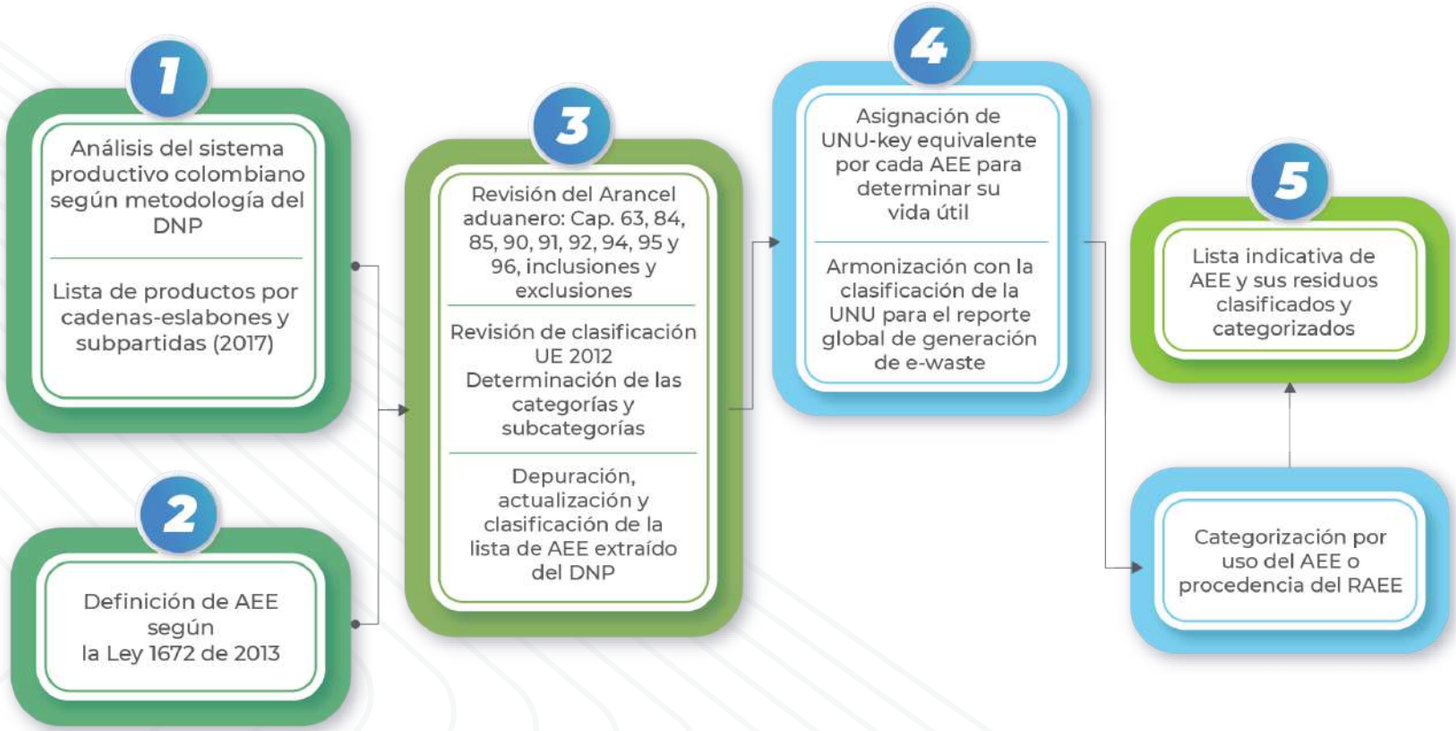
ANEXOS

Anexo 1. Metodología para la identificación y clasificación de los AEE y sus residuos (RAEE) en Colombia

Para la identificación, clasificación y nominación de las categorías de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) que se importan, fabrican o remanufacturan en el país y, que luego de finalizar su vida útil deberán someterse a una gestión ambientalmente adecuada y segura, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible aplicó una metodología pionera en la región de Latinoamérica. Esta metodología se puede apreciar esquemáticamente en la Figura 25.

El punto de partida fue la caracterización de las cadenas productivas colombianas que ha realizado el Departamento Nacional de Planeación (DNP), con base en la agrupación por "eslabón y cadena productiva", el cual es un concepto adoptado de la literatura moderna sobre economía industrial. Cada una de las etapas de transformación del producto puede ser vista como un eslabón en la cadena productiva, desde la extracción

Figura 25. Metodología de identificación, clasificación, y categorización de los AEE y sus residuos en Colombia



Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 134 21/12/2023 4:09:04 p. m.

o producción primaria, hasta la producción de bienes de consumo final (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2004).

El DNP identificó 30 cadenas productivas, 378 eslabones, y 5.217 subpartidas arancelarias o productos presentadas en los Perfiles Sectoriales.[7] De las 30 cadenas productivas establecidas por el DNP, se verificó que cuatro cadenas: maquinaria y equipo eléctrico, aparatos electrodomésticos, electrónica y equipos de telecomunicaciones y automotor y sus partes, contenían en sus 33 eslabones la mayoría de los AEE usados en el país, representados en cerca de 624 productos o subpartidas arancelarias.

Con esta base de productos clasificados en cadenas-eslabones se procedió a verificar cuáles de ellos correspondían a un AEE según la definición establecida por la Ley 1672 de 2013. Para esto, se aplicó el siguiente algoritmo de preguntas: ¿depende de corrientes eléctricas o campos electromagnéticos para trabajar apropiadamente? o ¿es un equipo para la generación de tales corrientes? o ¿es un equipo para la transferencia de tales corrientes? o ¿es un equipo para la medición de tales corrientes? En caso de que un producto cumpliese afirmativamente con al menos una de las cuatro condiciones se consideró un AEE.

De esta forma, el proceso de identificación y depuración de los 624 productos/subpartidas contenidas en las cuatro cadenas productivas identificadas, resultó en 615 tipos de productos/subpartidas caracterizadas como AEE, y distribuidos en 33 eslabones o familias de productos. En términos de establecer el ordenamiento de los AEE en Colombia, se homologan las cadenas productivas a categorías de AEE y los eslabones de productos a subcategorías de AEE.

Con esta base, se realizó la verificación según el Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) y el arancel de aduanas vigente para Colombia, con el fin de identificar los productos por subpartida de diez dígitos



Fotografía: Freepik.

que, cumpliendo con la definición de AEE, no estaban incluidos en el listado de los AEE mencionado anteriormente.

Esta revisión se realizó en los capítulos 84 y 85 de la sección XVI, los capítulos 90, 91 y 92 de la sección XVIII, y los capítulos 94, 95 y 96 de la sección XX del Sistema Armonizado, bajo el entendido de que en esos capítulos y secciones se encuentran, sino la totalidad, sí la mayoría de los aparatos, máquinas o artefactos que se pueden considerar que son un AEE.

Siguiendo la metodología, se procedió a realizar otras pruebas y depuraciones, por ejemplo, identificar los AEE que están en el alcance de otras regulaciones de residuos previas a la Ley 1672 de 2013, los excluidos del ámbito de la normatividad reglamentaria por seguridad nacional o por ser una instalación fija o herramienta industrial fija de gran envergadura, y los que son partes de otros aparatos, entre otras condiciones.

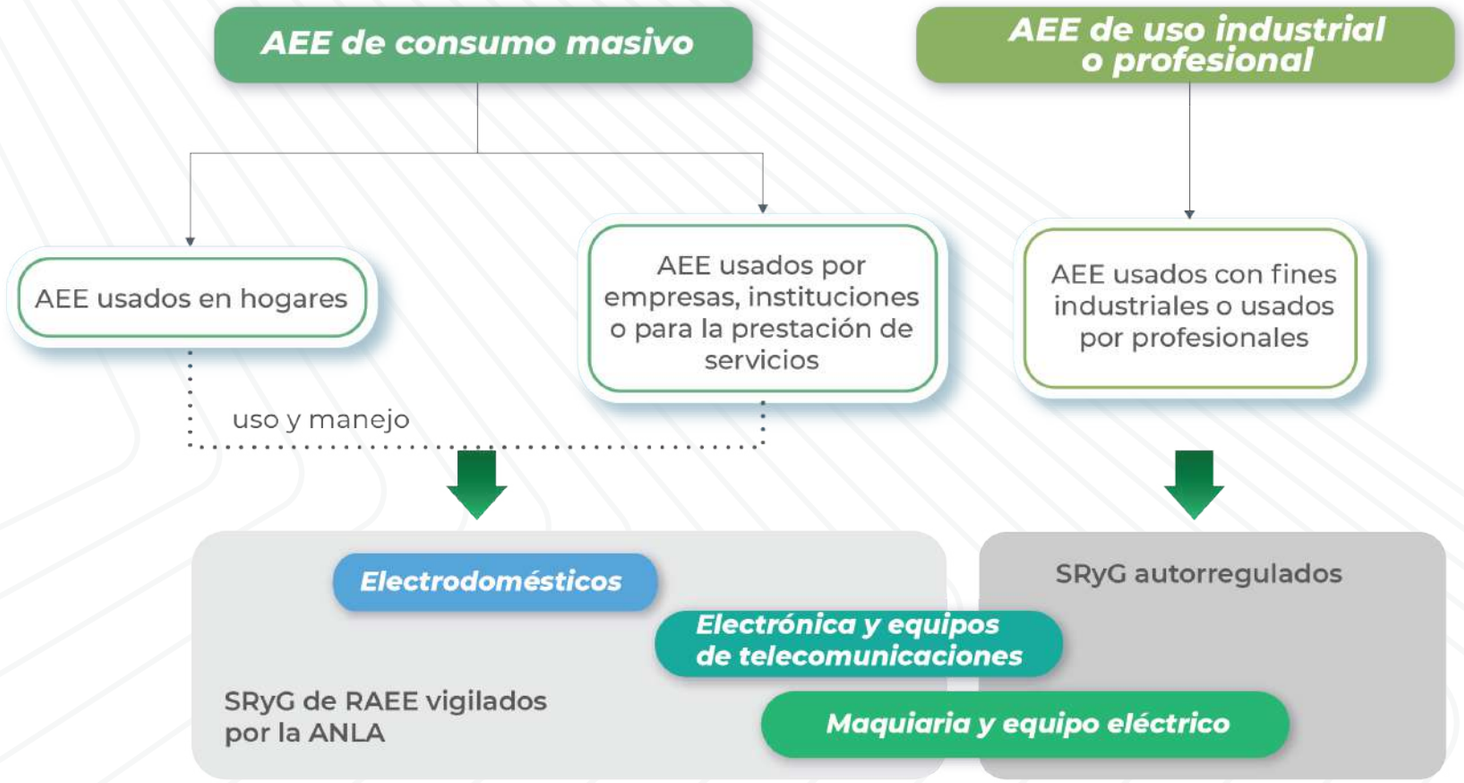
Ahora, con el fin de armonizar la clasificación obtenida con las categorías internacionales de AEE para fines de los informes de monitoreo de la generación de *e-waste* en el ámbito global, se realizaron

[7] Estos perfiles sectoriales (documento y estadísticas) se pueden consultar en el sitio WEB "Análisis Cadenas Productivas" del Departamento de Planeación Nacional, en el siguiente enlace

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 135 21/12/2023 4:09:04 p. m.

referencias cruzadas con la clasificación de los AEE según la Directiva 2012/19/UE RAEE y la clasificación de las UNU-Keys de la Universidad de las Naciones Unidas. Así mismo, desde el punto de vista de la gestión final de los AEE, se hace necesario clasificarlos de manera combinada por su uso y procedencia una vez se conviertan en residuos, ya sean AEE de consumo masivo o domésticos, o AEE industriales o profesionales, para que sean gestionados adecuadamente y gratuitamente para el usuario o consumidor a través de sistemas de recolección y gestión de RAEE individuales o colectivos, o que sean gestionados por medio de mecanismos llamados empresa a empresa (*business to business*), sin perjuicio del cumplimiento del principio de la responsabilidad extendida del productor, establecido por la Ley 1672 de 2013. En la Figura 26 se esquematiza el modelo de clasificación diseñado para este fin.

Figura 26. ***Clasificación de los AEE según su uso o procedencia como residuos***



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se generó la clasificación de los AEE y sus residuos para Colombia, mostrada en la Tabla 6, y que fue establecida por el artículo 4 de la Resolución 851 de 2022. Esta clasificación se aplicó a los 621 AEE identificados por subpartida arancelaria y listados en el Anexo 1. Lista de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) según la denominación del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías (SA) vigente y su equivalencia según la Clasificación Central de Productos (CPC) vigente de la misma resolución. Asimismo, se categorizaron los AEE en aparatos de consumo masivo (238 subpartidas) o en aparatos de uso industrial o profesional (383 subpartidas).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 136 21/12/2023 4:09:05 p. m.

Tabla 6. Categorías y subcategorías de los AEE y sus residuos

Categoría	Ítem	Subcategorías	Cantidad total de subpartidas	Cantidad de subpartidas de consumo masivo	Cantidad de subpartidas de uso industrial o profesional
Aparatos electrodomésticos	**Subtotal**		**104**	**102**	**2**
	1.1	Cocinas y hornos	3	3	
	1.2	Enseres de audio y video	24	24	
	1.3	Enseres mayores de hogar	7	7	
	1.4	Enseres menores de calentamiento	10	10	
	1.5	Enseres menores de cocina	4	4	
	1.6	Enseres menores de hogar	15	14	1
	1.7	Enseres menores personales	14	13	1
	1.8	Equipos de acondicionamiento de aire	8	8	
	1.9	Herramientas para el hogar	4	4	
	1.10	Refrigeración doméstica y comercial	15	15	
Electrónica y equipos de telecomunicaciones	**Subtotal**		**190**	**71**	**119**
	2.1	Antenas para telecomunicaciones	3		3
	2.2	Circuitos electrónicos	5		5
	2.3	Componentes electrónicos	20		20
	2.4	Computadores y equipos para tratamiento de datos	22	22	
	2.5	Electrónica de consumo	6	27	
	2.6	Equipos de electrónica de potencia	62	5	1
	2.7	Equipos de instrumentación y control	21		62
	2.8	Equipos de telecomunicaciones	19	12	9
	2.9	Equipos electromédicos	27		19
	2.10	Periféricos. partes y tarjetas para computadores e impresoras	5	5	

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 137 21/12/2023 4:09:05 p. m.

Categoría	Ítem	Subcategorías	Cantidad total de subpartidas	Cantidad de subpartidas de consumo masivo	Cantidad de subpartidas de uso industrial o profesional
Maquinaria y equipo eléctrico	**Subtotal**		**327**	**65**	**262**
	3.1	Cables y conductores	13		13
	3.2	Equipo industrial	32		32
	3.3	Equipos de control y protección	30		30
	3.4	Equipos de iluminación	36	36	
	3.5	Equipos eléctricos e instalaciones para vehículos	22		22
	3.6	Grupos electrógenos	12		12
	3.7	Máquinas y aparatos de oficina	10		10
	3.8	Motores y generadores	52		52
	3.9	Otros aparatos y sistemas	24		24
	3.10	Piezas eléctricas	32		32
	3.11	Pilas y acumuladores	30	29	1
	3.12	Refrigeración y equipos de acondicionamiento de aire industriales	14		14
	3.13	Transformadores	20		20
	33	**Totales**	**621**	**238**	**383**
		Participaciones	**100%**	**38,3%**	**61,7%**

Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 138 21/12/2023 4:09:06 p. m.

La metodología aquí presentada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para identificar y clasificar los aparatos eléctricos y electrónicos, y sus residuos es un peldaño muy importante hacia la consolidación de la reglamentación y operación de los sistemas de recolección y gestión de RAEE, que constituyen el instrumento de gestión ambiental por excelencia para que, de la mano de la aplicación de la responsabilidad extendida del productor, se logre un manejo y aprovechamiento ambientalmente adecuado de los RAEE generados en el país.

En este sentido, con la metodología descrita se logra identificar con un grado amplio de certeza cuáles aparatos y quiénes son los fabricantes e importadores obligados a hacerse cargo de los residuos de los productos puestos por ellos en el mercado colombiano. Así mismo, la clasificación de los AEE y sus residuos en subcategorías que los agrupan por sus características funcionales, materiales constitutivos, procesos de manufactura o manejo posconsumo similares facilitará la gestión misma, especialmente, la operación de la reglamentación de los sistemas de recolección y gestión de RAEE, y el seguimiento y trazabilidad a los flujos de estos residuos.

Anexo 2. Estimación de la generación de RAEE en Colombia

La generación de RAEE en Colombia corresponde al peso total de los AEE descartados (residuos) como resultado de su uso o consumo dentro del territorio colombiano, una vez su propietario original decide dejar de usarlos y, por lo tanto, descartarlos, por considerar que no tienen algún valor y previo a cualquier actividad posconsumo (recolección, preparación para la reutilización, tratamiento, aprovechamiento o disposición final).[8]

Existen varios modelos de cálculo o estimación de la generación de RAEE reportados en la literatura científica sobre el tema, los cuales se pueden clasificar en general en cuatro grupos: análisis de la disposición actual de RAEE, análisis de series de tiempo (proyecciones), modelos de factores (utilizando factores determinantes para la correlación) y análisis de entrada-salida. El análisis relacionado con la disposición utiliza datos de los RAEE descartados y obtenidos de los canales de recolección, instalaciones de tratamiento y sitios de disposición final. Los modelos de proyección pronostican la tendencia de generación de RAEE extrapolando datos históricos al futuro. Los modelos factoriales se basan en hipótesis de relaciones causales entre factores exógenos, como el tamaño de la población y el nivel de ingresos, frente a la generación de RAEE. El análisis de entrada-salida mapea cuantitativamente las fuentes, las rutas y los sumideros finales de los flujos de material; y, hasta ahora, es el método más utilizado en los estudios sobre generación de RAEE en el mundo.

Los modelos de entrada-salida describen cuantitativamente la dinámica, magnitud e interconexiones de las tres variables básicas: ventas de productos, existencias y vidas útiles con la generación de RAEE. Este modelo explica cómo los sistemas socioeconómicos mueven productos a la sociedad (a través de las ventas), dónde se acumulan en el entorno construido (stock) y cuándo llegan los productos al final de sus vidas después de un cierto período de tiempo (vida útil) y salen del sistema como RAEE (Wang, 2014).[9]

[8] Wang, F. (2014.). E-waste: collect more, treat better. Tracking take-back system performance for eco-efficient electronics recycling. Dissertation Delft University, página 96.
[9] Ibídem, página 97.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 139 21/12/2023 4:09:06 p. m.

Asimismo, la literatura actual muestra que todos los métodos existentes de entrada-salida utilizan diferentes tipos de datos para las tres variables definidas (ventas, stock y vida útil).

En este caso, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tomó como modelo para la estimación de la generación el de puesta en el mercado, con el cual la cantidad de RAEE se calcula a partir del producto de la serie temporal de las ventas de todos los años históricos con sus respectivas tasas de obsolescencia en el año de evaluación. El método está representado por la siguiente expresión matemática:

$$G(n) = \sum_{t=t_0}^{n} PM(t).L^{(p)}(t,n)$$

Donde G(n) es la cantidad de RAEE generados en el año de evaluación n; PM(t) es la puesta en el mercado producto de las ventas de los AEE en cualquier año histórico t antes del año n; t_0 es el año inicial en el que los AEE se pusieron en el mercado; y $L^{(p)}(t, n)$ es el perfil de descarte basado en la vida útil para el lote de AEE vendidos en el año histórico t, lo cual refleja su tasa probable de descarte en el año n de evaluación (porcentaje de los AEE desechados con respecto a las ventas totales en el año n)[10] (Wang, 2014).

Por lo anterior, y dado que no es posible conocer de forma directa la puesta o introducción al mercado colombiano de los AEE, se utiliza la equivalencia con el concepto de consumo aparente, el cual es utilizado para estimar la cantidad de un producto que se pone en manos de los consumidores. Este se define como "la suma de la producción más las importaciones menos las exportaciones".[11] De esta forma, se calcula la puesta en el mercado con la siguiente expresión:

PM (t) = Manufactura local (t) + Importaciones (t) – Exportaciones (t).

De esta forma, para obtener los volúmenes en peso de AEE importados, exportados y fabricados localmente se parte de las bases de datos de las declaraciones de importaciones y exportaciones anualizadas y por subpartidas en el periodo 1991-2017, y de producción nacional (Encuesta Nacional Manufacturera) en el periodo 2000-2016, suministradas por el DANE para las 613 subpartidas o productos identificados como AEE.

Los valores en peso corresponden al peso neto reportado en las declaraciones de importación o exportación, lo cual, en principio, descuenta del peso total de la mercancía importada o exportada el peso de los empaques y embalajes de los productos.

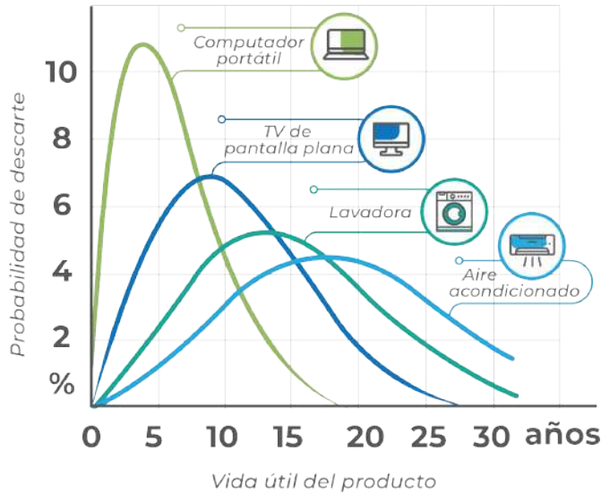
La base de datos de producción nacional se encuentra en unidades fabricadas, a excepción de algunos AEE como los cables y conductores expresados en metros y kilogramos. Por esto, para la conversión a peso de las cantidades fabricadas en el país se utiliza los pesos promedios unitarios por subpartida y año obtenidos de las declaraciones de importación.

Ahora, para definir el perfil de descarte de los AEE puestos en el mercado, basado en la vida útil de los mismos, hay que tener en cuenta que la vida útil de un producto difiere entre los diversos propietarios o usuarios individuales, y toma la forma de una distribución de probabilidad para una población dada, como se muestra en la Figura 27.

[10] Ibídem, página 98.
[11] Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono: es el consumo nacional aparente de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) controladas por el Protocolo de Montreal, correspondiente a la suma de la producción más las importaciones menos las exportaciones (DANE, s.f.).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 140 21/12/2023 4:09:06 p. m.

Figura 27. *Vida útil de un producto*



Fuente: Baldé et al. (2017).

Así mismo, por razones del desarrollo técnico-social, la vida útil de un producto depende del tiempo, por lo que las distribuciones de vida útil tienen que ser modeladas para cada año histórico de la puesta en el mercado. En el presente análisis, se aplica la función de distribución de Weibull para modelar el perfil de vida útil, definido por un parámetro de forma variable en el tiempo α(t) y un parámetro de escala β(t), como se muestra en la siguiente fórmula:

$$L^{(p)}(t,n) = [\alpha(t)/\beta(t)^{\alpha(t)}](n-t)^{\alpha(t)-1} e^{-[(n-t)/\beta(t)]\,\alpha(t)}$$

Esta misma metodología es la que aplica la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) para generar sus reportes de monitoreo anual de generación global de RAEE, para lo cual aplica simulaciones de distribuciones de Weibull por medio de análisis de regresión no lineal sobre datos disponibles de ventas e inventarios de AEE en los hogares (stock) y encuestas a los usuarios sobre tiempos de vida útil, de tal forma que las curvas se acoplen a los datos y así determinar con el mejor ajuste los valores de los dos parámetros α y β. La UNU ha determinado estos parámetros de distribución para países de la UE y para países que no pertenecen a la UE; estos últimos se toman para el caso de Colombia.

Ahora, los parámetros de la distribución de Weibull para la estimación de la generación de RAEE suministrados por la UNU están dados por cada una de las clases o tipos (UNU-Keys) de AEE/RAEE según la clasificación hecha por la UNU a partir del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías a seis dígitos y que corresponde a los AEE de mayor uso, esto es, de uso doméstico (hogares, negocios, instituciones), como se muestra en la Tabla 7.

De esta forma, se estima la generación de RAEE a partir de 1992 y, hasta 2026, por cada una de las 237 subpartidas categorizadas como de consumo masivo,[12] en la magnitud de masa (kilogramos o toneladas), aplicando la distribución probabilística de descarte de Weibull, según los parámetros indicados por la UNU para países diferentes a la UE, y calculando la puesta en el mercado con todas las variables en masa. Esto es, peso neto importado o exportado, y peso fabricado nacionalmente a partir de las unidades producidas y convertidas en peso.

Dado que algunos AEE en Colombia tienen una fabricación nacional importante, como es el caso de la refrigeración doméstica, pilas y baterías, cocinas y hornos, y enseres menores de calentamiento, al calcular el CA para estos productos (subpartidas) el resultado es negativo, posiblemente por asimetrías o información incompleta en la base de datos de la producción nacional, inexactitud en la conversión de unidades a peso en la información de producción nacional u otras causas no determinadas. Esto conlleva a que no se pueda aplicar la probabilidad de Weibull para valores de consumo aparentemente negativos y, por lo tanto, a no se pueda estimar la generación

[12] En la Resolución 851 de 2022 que establece la Lista clasificada de AEE y sus residuos (Anexo 1), aparecen 238 AEE (subpartidas) categorizados como de consumo masivo.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 141 21/12/2023 4:09:07 p. m.

Tabla 7. Parámetros de la distribución de Weibull

Ítem	UNU-KEYs	Distribución de vida útil de Weibull en Holanda, Francia y Bélgica		Distribución de vida útil de Weibull en Italia		Distribución de vida útil de Weibull usada para países no UE	
		α	β	α	β	α	β
1	1	2.00	14.21	2.00	14.21	2	14,21
2	2	3.50	25.00	3.50	25.00	3,5	25
3	101	1.95	17.52	1.14	16.07	1,92	16,07
4	102	1.64	14.20	1.37	14.28	1,79	17,13
5	103	2.47	18.04	1.31	19.35	2	19,35
6	104	2.20	15.16	2.20	13.65	1,85	13,32
7	105	2.58	15.73	2.58	15.73	2,58	18,08
8	106	2.00	13.47	1.22	18.80	2	13,47
9	108	2.20	16.43	2.36	18.50	2,2	16,71
10	109	2.74	24.20	1.28	18.55	1,28	18,55
11	111	2.69	14.52	1.05	7.53	2	20,6
12	112	2.39	13.56	1.29	8.29	2,36	13,36
13	113	2.44	20.56	2.50	18.02	1,6	15,36
14	114	1.90	14.07	1.33	9.05	2,07	17,99
15	201	1.25	8.17	0.83	6.53	1,22	7,97
16	202	2.06	11.22	1.15	9.57	2,02	11,02
17	203	1.73	7.80	1.18	7.61	1,18	7,61
18	204	1.45	10.25	1.22	10.59	1,22	10,59
19	205	1.26	10.67	1.20	8.09	1,2	8,09
20	301	1.25	5.91	1.30	6.15	1,3	6,15
21	302	1.58	8.95	1.57	8.91	1,8	10,33
22	303	1.60	6.57	1.66	6.81	1,94	8,76
23	304	1.68	9.91	1.53	6.88	1,88	9,31
24	305	1.24	7.22	1.32	7.70	1,32	7,7
25	306	1.56	6.26	1.52	5.62	1,52	5,62
26	307	1.46	7.78	1.46	7.78	1,46	7,78

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 142 21/12/2023 4:09:07 p. m.

Ítem	UNU-KEYs	Distribución de vida útil de Weibull en Holanda, Francia y Bélgica		Distribución de vida útil de Weibull en Italia		Distribución de vida útil de Weibull usada para países no UE	
		α	β	α	β	α	β
27	308	2.41	12.53	1.40	15.94	1,4	15,94
28	309	2.33	7.39	2.33	7.39	2,3	12,18
29	401	1.30	9.87	1.30	9.87	1,3	9,87
30	402	0.79	7.97	1.11	5.56	1,5	10,01
31	403	2.09	15.54	1.25	13.99	2,3	10
32	404	1.67	10.47	1.14	8.33	1,14	8,33
33	405	1.49	10.78	1.13	12.54	1,13	12,54
34	406	1.41	8.12	1.19	6.75	1,19	6,75
35	407	2.49	12.08	2.49	12.08	2,49	12,08
36	408	2.01	11.75	2.01	11.75	1,88	10,95
37	501	1.42	8.72	1.42	8.72	1,42	8,72
38	502	1.60	8.43	1.60	8.43	1,6	8,43
39	503	1.93	8.43	1.93	8.43	1,75	5,79
40	504	1.60	6.90	1.60	6.90	1,6	6,9
41	505	1.42	11.00	1.42	11.00	1,42	11
42	506	2.34	16.59	2.34	16.59	2,34	16,59
43	507	2.00	11.84	2.00	11.84	2	12,5
44	601	1.82	11.28	1.82	11.28	1,77	14,98
45	602	2.50	15.50	2.50	15.50	2,5	15,5
46	701	1.43	4.56	1.43	4.56	1,43	4,56
47	702	1.14	4.78	1.14	4.78	1,14	4,78
48	703	2.40	11.56	2.40	11.56	2,4	11,56
49	801	1.99	13.46	1.99	13.46	1,99	13,46
50	802	2.41	13.52	2.41	13.52	2,41	13,52
51	901	1.55	5.89	1.55	5.89	1,55	5,89
52	902	1.92	11.56	1.92	11.56	1,92	11,56
53	1001	2.00	10.06	2.00	10.06	2	10,06
54	1002	2.00	10.06	2.00	10.06	2	15

Fuente: adaptado de Forti et al. (2018).

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 143 21/12/2023 4:09:08 p. m.

con apego a la fórmula del consumo aparente.

Por lo anterior, se estima la generación en tres escenarios que dan cuenta de la generación máxima, mínima y media anuales que se pudieron haber dado en el periodo 1992-2017 y que puedan darse en el periodo proyectado 2018-2026. Los escenarios son los siguientes:

1. Generación máxima: a partir de las importaciones en peso neto en el periodo 1991-2017 y proyectadas en el periodo 2018-2025 con el valor correspondiente de 2017 y constante hasta 2025, sumada a la producción nacional en el periodo 2000-2016. Se calcula primero la suma de las importaciones y la producción nacional en unidades, y el resultado se convierte en peso por el peso promedio unitario derivado de las declaraciones de importación.

2. Generación media: a partir de las importaciones en peso neto en el periodo 1991-2017 y proyectadas en el periodo 2018-2025 con el valor correspondiente de 2017 y constante hasta 2025.

3. Generación mínima: a partir de las importaciones en peso neto en el periodo 1991-2017 y restándole las exportaciones en peso neto en el periodo 1993-2017. La diferencia se proyecta en el periodo 2018-2025 con el valor correspondiente de 2017 y constante hasta 2025. Es de anotar que se exceptuaron del cálculo los casos de valores negativos derivados de la diferencia efectuada.

Figura 28. Generación de RAEE (consumo masivo) 2016-2026



Fuente: elaboración propia.

En la Figura 28 se pueden observar los resultados de los cálculos para los tres escenarios (mínimo, medio y máximo) en el periodo 2016-2026.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 144 21/12/2023 4:09:09 p. m.

Anexo 3. Listado de actores en la gestión integral de RAEE

Tabla 8. Listado de actores en la gestión integral de RAEE

Actor	¿Quiénes son?	Rol que desempeñan
Productores de AEE	Son aquellas personas naturales o jurídicas que se encargan de introducir al país o de poner los AEE en el mercado colombiano. La definición de productores incluye a fabricantes, importadores, ensambladores de aparatos con componentes de otros productores y a los remanufacturadores.	Proveer a los usuarios los mecanismos adecuados y expeditos para la devolución de los RAEE y encargarse de su gestión ambientalmente segura.
Comercializadores de AEE	Son las personas naturales o jurídicas que se encargan de la comercialización y de la distribución (mayorista o minorista) de los AEE.	Apoyar a los productores en la logística de devolución y retoma de los RAEE a través de los establecimientos de comercio, permitiendo la instalación de puntos fijos de recolección o la devolución uno a uno de los RAEE de parte de sus clientes.
Gestores de RAEE	Son las instalaciones que cuentan con los requisitos técnicos y legales (licencia ambiental cuando se requiere) para ofrecer los servicios de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento o disposición final de los RAEE.	Gestionar en el marco de los sistemas de recolección y gestión de RAEE los residuos recolectados de forma adecuada, observando los planes de manejo de su respectiva licencia ambiental, maximizando su aprovechamiento, incluido el tratamiento, valorización o disposición final de las fracciones peligrosas.
Usuarios o consumidores	Son todas aquellas personas naturales o jurídicas que adquieren y hacen uso de un AEE. En el caso de los AEE que por sus características se consideran residuos peligrosos, los usuarios o tenedores de los aparatos se convierten en generadores de residuos peligrosos en el momento de proceder a descartar los mismos en el ámbito de la normativa sobre gestión de residuos peligrosos (Decreto 4741 de 2005 compilado en el Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible).	Devolver y entregar sus RAEE a través de los canales formales de recolección y gestión para minimizar el posible manejo inadecuado y los impactos derivados de ello. Además, son los encargados a través de sus decisiones de compra de motivar la producción de AEE más sostenibles, en términos de durabilidad, reparabilidad, reciclabilidad y con materias primas más amigables con el medio ambiente.
Recuperador flotante (conocido como reciclador del sector informal)	Son las personas naturales o jurídicas que realizan actividades de recolección, transporte, almacenamiento o aprovechamiento de los RAEE bajo condiciones inseguras o con la implementación de prácticas que pueden generar impactos negativos en la salud humana o en el ambiente. Aunque no hacen parte del sector oficial con responsabilidades y obligaciones, si se deben considerar como un actor relevante e influyente en la manipulación de los RAEE.	Coadyuvar en la recolección de los RAEE a los sistemas de recolección y gestión formales cercanos a sus zonas de operación. Entregar en los centros de acopio RAEE de los sistemas o directamente a los gestores para su gestión autorizada.
Comité nacional de residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos	Es un órgano creado por la Ley 1672 de 2013 y conformado por: dos representantes del Minambiente, un representante del Mincomercio, un representante del MinTIC, un representante del Minsalud, tres representantes del sector productivo, dos representantes de los gestores de residuos, y dos representantes de entidades nacionales e internacionales, líderes en la gestión de RAEE.	Asesorar al Minambiente en formular, fomentar y fortalecer la Política nacional para la gestión integral de los RAEE de manera concertada con el sector privado.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Es la entidad del Gobierno nacional rectora de la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.	Formular la política pública para la gestión integral de los RAEE y velar porque su plan de acción se lleve a cabo, además de reglamentar la Ley 1672 de 2013, con la participación de todos los actores involucrados y buscando que los sistemas de recolección y gestión de RAEE sean un instrumento eficaz que reduzca la problemática de los RAEE.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 145 21/12/2023 4:09:09 p. m.

Actor	¿Quiénes son?	Rol que desempeñan
Ministerio de Comercio, Industria y Turismo	Es la entidad del Gobierno nacional que promueve el desarrollo económico y el crecimiento empresarial, impulsa el comercio exterior y la inversión extranjera, y fomenta el turismo, fortaleciendo el emprendimiento, la formalización, la competitividad, la sostenibilidad y el posicionamiento de las empresas en el mercado local e internacional, para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y empresarios, a través de la formulación, adopción, liderazgo y coordinación de políticas y programas.	Acompañar al Minambiente en la aplicación de la política pública y la normativa relativa a la gestión integral de los RAEE, teniendo en cuenta los intereses y aportes de sector de los productores y comercializadores de AEE en la sostenibilidad ambiental del país y el desarrollo productivo bajo el paradigma de la economía circular.
Ministerio de Educación Nacional de Colombia	Es la entidad del Gobierno nacional que lidera la formulación, implementación y evaluación de políticas públicas educativas, para cerrar las brechas que existen en la garantía del derecho a la educación y en la prestación de un servicio educativo de calidad, esto en el marco de la atención integral que reconoce e integra la diferencia, los territorios y sus contextos, para permitir trayectorias educativas completas que impulsan el desarrollo integral de los individuos y la sociedad.	Acompañar al Minambiente en la aplicación de la política pública y la normativa relativa a la gestión integral de los RAEE, poniendo de presente la importancia de la educación para que ocurra un cambio cultural hacia la producción y consumo sostenible de los AEE.
Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)	Es una entidad pública adscrita al Ministerio de Hacienda y Crédito Público, encargada de facilitar y garantizar el entendimiento y cumplimiento de los deberes tributarios, aduaneros y cambiarios, para contribuir a la seguridad fiscal del Estado y la competitividad del país.	Diseñar e implementar estrategias especiales para prevenir y controlar la introducción o importación al país de AEE de contrabando o de aquellos que no cumplan con las disposiciones establecidas en la Ley 1672 de 2013.
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	Es una entidad pública encargada de planear, implementar y evaluar procesos rigurosos de producción y comunicación de información estadística a nivel nacional, que cumplan con estándares internacionales y se valgan de la innovación y la tecnología, que soporten la comprensión y solución de las problemáticas sociales, económicas y ambientales del país, sirvan de base para la toma de decisiones públicas y privadas, y contribuyan a la consolidación de un Estado social de derecho equitativo, productivo y legal.	Llevar las estadísticas de consumo clasificado de aparatos eléctricos y electrónicos que se comercialicen en el país.
Entidades territoriales	De conformidad con la constitución política de Colombia, artículo 286, son entidades territoriales los departamentos, los distritos, los municipios y los territorios indígenas.	En el marco del principio de la descentralización establecida por la Ley 1672 de 2013 deberán incorporar en los planes de desarrollo territoriales acciones encaminadas a facilitar y apoyar la gestión diferenciada e integral de los RAEE y, de esta forma, contribuir con la consecución de los objetivos de la Política nacional para la gestión integral de los RAEE. Además, realizar de manera coordinada con los demás actores, las actividades de divulgación, promoción y educación que orienten a los usuarios o consumidores de los AEE, sobre la prevención de la generación y las prácticas para la extensión de la vida útil de los AEE, la separación en la fuente, el reciclaje y la existencia de los SRyG de RAEE.
Autoridades ambientales	Son entidades de carácter público que se encargan de la administración dentro del área de su jurisdicción del medio ambiente y los recursos naturales, y propenden por su desarrollo sostenible a través del cumplimiento de las regulaciones y disposiciones legales establecidas. En este caso, se refiere a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, y las de los Grandes Centros Urbanos.	Promover y difundir la Política nacional para la gestión Integral de los RAEE, y realizar las actividades a su cargo en el marco de sus competencias establecidas en el plan de acción. Asimismo, apoyar de manera coordinada con los demás actores, las actividades de divulgación, promoción y educación que orienten a los usuarios o consumidores de los AEE, sobre la prevención de la generación y las prácticas para la extensión de la vida útil de los AEE, la separación en la fuente, el reciclaje y la existencia de los SRyG de RAEE.
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Es la encargada de que los proyectos, obras o actividades sujetos de licenciamiento, permiso o trámite ambiental cumplan con la normativa ambiental, de tal manera que contribuyan al desarrollo sostenible del país.	Evaluar, aprobar y realizar el seguimiento ambiental a los sistemas de recolección y gestión de los RAEE, con base en indicadores de gestión por resultados atendiendo las estrategias de cubrimiento, número de puntos de recolección, número de días de recolección y las políticas de información y prevención adoptadas, así como las donaciones y el reacondicionamiento de AEE cuando las mismas contribuyan con la realización de programas de beneficio social y público.
Superintendencia de Industria y Comercio	Es la autoridad nacional de protección de la competencia, los datos personales y la metrología legal, protege los derechos de los consumidores y administra el Sistema Nacional de Propiedad Industrial, a través del ejercicio de sus funciones administrativas y jurisdiccionales.	Realizar acciones tendientes a brindar la información general a los consumidores de los AEE, acerca de su deber de cumplir con la normatividad sobre la gestión integral de los RAEE y su derecho a ser informado por los productores y comercializadores sobre el adecuado manejo y devolución de estos. Estas acciones podrán ser realizadas en coordinación con las entidades territoriales y las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

Fuente: elaboración propia.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 146 21/12/2023 4:09:10 p. m.

Anexo 4. Documentos de referencia para el desensamble de RAEE

Tabla 9. Documentos de referencia para el desensamble de RAEE

Documentos con información para el desensamble de RAEE	Enlace
Directrices técnicas para el manejo de materiales plásticos recuperados de RAEE y vehículos desintegrados Minambiente 2022	Clic
Downstream Technology Option for E-waste Recycling GIZ 2019	Clic
E-waste Training Manual GIZ 2019	Clic
Procesamiento de plásticos de RAEE SRI 2019	Clic
Guía para el desensamble manual de refrigeradores y aires acondicionados GIZ 2017	Clic
Dismantling Guide for IT – Equipment SRI 2015	Clic
Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónico Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2010	Clic

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 147 21/12/2023 4:09:10 p. m.

Anexo 5. Marco normativo para la gestión de RAEE en Colombia

Tabla 10. Marco normativo para la gestión de RAEE en Colombia

Normativa	Enlace
Ley 1672 del 19 de julio de 2013 "Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de RAEE, y se dictan otras disposiciones".	Clic
Política nacional para la gestión integral de los RAEE de 2017.	Clic
Decreto 284 del 15 de febrero de 2018 "Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones".	Clic
Resolución 076 del 16 de enero de 2019 "Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), para el trámite de licencia ambiental de proyectos para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, y/o aprovechamiento (recuperación/reciclado) de RAEE".	Clic
Resolución 480 del 17 de abril de 2020 "Por la cual se implementa el Registro de Productores y Comercializadores de Aparatos Eléctrico y Electrónico . RPCAEE y se establecen sus requisitos".	Clic
Resolución 851 del 5 de agosto de 2022."Por la cual se desarrollan los artículos 2.2.7A.1.3, 2.2.7A.2.1, el numeral 3.1 del artículo 2.2.7A.2.2, el numeral 3 del artículo 2.2.7A.2.4, el artículo 2.2.7A.4.2 y el artículo 2.2.7A.4.4 del Título 7A del Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones".	Clic
Resolución 0479 del 27 de abril de 2023." Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 0480 de 2020, se actualiza su Anexo 1, y se dictan otras disposiciones".	Clic

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 148 21/12/2023 4:09:12 p. m.

REFERENCIAS

[1] Adeola, F. (2017). *WEEE generation and the consequences of its improper disposal.* University of New Orleans.

[2] Baldé, C. P., D'Angelo, E., Forti, V., Kuehr, R. y Van den Brink, S. (2018). *Waste mercury perspective, 2010-2035: from global to regional – 2018*. United Nations University.

[3] Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R. y Stegmann, P. (2017). *Observatorio de los Residuos Electrónicos – 2017. Cantidades, flujos y recursos*. Universidad de las Naciones Unidas, Unión Internacional de Telecomunicaciones, Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA). https://www.itu.int/en/ITU-D/Climate-Change/Documents/GEM%202017/GEM2017_Executive%20Summary_S.PDF

[4] Baldé, C. P., Kuehr, R., Blumenthal, K., Fondeur Gill, S., Kern, M., Micheli, P., Magpantay, E. y Huisman, J. (2015). *E-waste statistics. Guidelines on classifications, reporting and indicators*. United Nations University. https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/project/2238/E-waste-Guidelines_Partnership_2015.pdf

[5] Basel Convention. (2018). *Draft guidance on the environmentally sound management of household waste*. United Nations University.

[6] Bill, A., Michael, G., Arthur, H. y Heinz, B. (2019). *Procesamiento de plásticos de RAEE. Manual práctico*. https://www.step-initiative.org/files/_documents/other_publications/Manual%20Pl%C3%A1sticos%20RAEE%20Espa%C3%B1ol-min.pdf

[7] Camacho, Á. y Escobar, D. (2020). Metodología para la identificación y clasificación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Colombia. *El arrendajo escarlata,* (8), 40-49. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/09/Revista-El-Arrendajo-No.-8.pdf

[8] Clerc, J., Pereira, A., Álfaro, C. y Yunis, C. (2021). *Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47429/1/S2100496_es.pdf

[9] Comisión Europea. (2020). *Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad*. Comisión Europea.

[10] Congreso de Colombia. (1992). Ley 29 del 28 de diciembre de 1992. "Por medio de la cual se aprueba el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987, con sus enmiendas adoptadas en Londres el 29 de junio de 1990 y en Nairobi el 21 de junio de 1991". https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=10584

[11] Congreso de Colombia. (2008a). Ley 1196 del 5 de junio de 2008. "Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, la Corrección al artículo 1o del texto original en español, del 21 de febrero de 2003, y el Anexo G al Convenio de Estocolmo, del 6 de mayo de 2005". https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38387

[12] Congreso de Colombia. (2008b). Ley 1252 del 27 de noviembre de 2008. "Por la cual se dictan normas prohibitivas

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 149 21/12/2023 4:09:12 p. m.

en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1252-2008.pdf

[13] Congreso de Colombia. (2009). Ley 1341 del 30 de julio de 2009. "Por la cual se definen principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones –TIC–, se crea la Agencia Nacional de Espectro y se dictan otras disposiciones". http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1341_2009.html

[14] Congreso de Colombia. (2013). Ley 1658 del 15 de julio de 2013. "Por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1658-2013.pdf

[15] Congreso de Colombia. (2013). Ley 1672 del 19 de julio de 2013. "Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1672-2013.pdf

[16] Congreso de Colombia. (2019a). Ley 1968 del 11 de julio de 2019. "Por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1968-2019.pdf

[17] Congreso de Colombia. (2019b). Ley 1970 del 12 de julio de 2019. "Por medio de la cual se aprueba la Enmienda de Kigali al Protocolo de Montreal, adoptada el 15 de octubre de 2016, en Kigali, Ruanda". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-1970-2019.pdf

[18] Constitución Política de Colombia [Const]. Art. 68. Gaceta Asamblea de 1991. (Colombia). Recuperado de: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125

[19] Convención de Basilea. (2015). *Convenio de Basilea. Sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Protocolo sobre responsabilidad e indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación*. PNUMA. https://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf

[20] Corporación EcoCómputo (2020). *Balance de materiales 2019*. Corporación EcoCómputo

[21] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). *Ficha técnica de indicadores Objetivos de Desarrollo Sostenible. CONPES 3918*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. https://www.dane.gov.co/files/indicadores-ods/indicadores/12/ODS12-Indicadores-nacionales/1251P-Tasa-de-reciclaje-y-nueva-utilizacion-de-residuos-solidos.pdf

[22] Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s.f). *Ficha técnica. Sistema de Información del Medio Ambiente*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Sima/Agotadoras_ozono13.pdf

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 150 21/12/2023 4:09:12 p. m.

[23] Departamento Nacional de Planeación. (2004). *Cadenas productivas. Estructura, comercio internacional y protección*. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/PRESENTACION.pdf

[24] Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Documento CONPES 3874. Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos*. Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf

[25] Department of Ecology State of Washington. (2018). *Mercurio en interruptores no automotrices*. https://apps.ecology.wa.gov/publications/documents/1604013es.pdf

[26] Fontana, D., Forte, F., Pietrantonio, M. y Pucciarmati, S. (2021). Recent developments on recycling end-of-life flat panel displays: A comprehensive review focused on indium. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 51(5), 429-456. https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1729073

[27] Forti, V., Baldé, C. y Kuehr, R. (2018). *E-Waste Statistics. Guidelines on Classification Reporting and Indicators*. United Nations University, International Telecommunication Union, International Solid Waste Association.

[28] Forti, V., Baldé, C., Kuehr, R. y Bel, G. (2020). *The Global E-Waste Monitor – 2020*. United Nations University, International Telecommunication Union, International Solid Waste Association.

[29] Gorá, J., Franus, M., Barnat-Hunek, D. y Franus, W. (2019). Utilization of Recycled Liquid Crystal Display (LCD) Panel Waste in Concrete. *Materials, 12(18),* 2941. https://doi.org/10.3390/ma12182941

[30] Haig, S., Morrish, L., Morton, R. y Wilkinson, S. (2012). *Electrical product material composition* [Tabla]. U.K. WRAP.

[31] Herreras, L., Anta, M., Bountis, R. (2021). Recommendations for tackling fires caused by lithium batteries in WEEEA. Survey results (Part B) and compilation of practices and recommendations. WEEE Forum, EuRIC, EERA, EUCOBAT, MWE, WEEELABEX. https://weee-forum.org/wp-content/uploads/2021/07/Tackling-fires-caused-by-batteries-in-e-waste.pdf

[32] ICONTEC. (1996). Norma Técnica Colombiana NTC 3970. Transporte de mercancías peligrosas. Clase 7. Materiales Radiactivos. Transporte terrestre por Carretera. https://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC3970.pdf

[33] ICONTEC. (2013). Norma Técnica Colombiana NTC 6023. Etiquetas ambientales tipo I. Sello Ambiental Colombiano (SAC). Criterios ambientales para cartuchos de tóner. https://archivo.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Sello_ambiental_colombiano/NTC_6023_-_Etiquetas_Ambientales.pdf

[34] ICONTEC. (2018). Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 31000. Gestión del riesgo. Directrices. https://tienda.icontec.org/gp-gestion-del-riesgo-directrices-ntc-iso31000-2018.html

[35] ICONTEC. (2019). Norma Técnica Colombiana NTC 6352. Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Requisitos para la logística y el tratamiento de los RAEE. Logística y Tratamiento.

[36] Lenz, K., Afoblikame, R., Karcher, S., Kotoe, L., Schluep, M, Smith, E., Schröder,

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 151 21/12/2023 4:09:12 p. m.

P. y Valdivia, S. (2019). *E-Waste Training Manual*. Deutsche Gesellschaft für; Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

[37] Lindhqvist, T., Manomaiviboo, P y Tojo, N. (2008). *La responsabilidad extendida del productor en el contexto latinoamericano. La gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Argentina*. Lund University. https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/5610769/1267834.pdf

[38] Méndez, S., Böni, H., Hernández, C., Schluep, M. y Valdivia, S. (2017). *Guía práctica para el diseño sistémico de políticas para la gestión de RAEE en países en vía de desarrollo*. Sustainable Recycling Industries.

[39] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). Resolución 0222 de 2011. "Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB)". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-0222-de-2011.pdf

[40] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf

[41] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Resolución 1741 del 24 de octubre de 2016. "Por el cual se modifica la Resolución 222 de 2011 y se adoptan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-1741-de-2016.pdf

[42] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017a). *Política nacional para la gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

[43] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017b). Resolución 2246 del 31 de octubre de 2017. "Por la cual se modifica el artículo 10 de la Resolución 1297 de 2010 y se dictan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-2246-de-2017.pdf

[44] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018a). Decreto 284 del 15 de febrero de 2018. "Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones". https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=85199

[45] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018b). Resolución 2267 del 30 de noviembre de 2018. "Por la cual se modifica la Resolución 909 de 2008 y se adoptan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-2267-de-2018.pdf

[46] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019a). Resolución 076 del 16 de enero de 2019. "Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), para el trámite de licencia ambiental de proyectos para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, y/o aprovechamiento (recuperación/reciclado) de Residuos de Aparatos Eléctricos o Electrónicos (RAEE)". https://www.andi.com.co/Uploads/MinAmbiente-Resolucion%20

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 152 21/12/2023 4:09:12 p. m.

0076%20de%202019.pdf

[47] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019b). *Términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental - EIA en proyectos de construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento y/o aprovechamiento (recuperación/reciclado) de residuos de aparatos eléctricos o electrónicos-RAEE. TdR-025*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Terminos-de-Referencia-EIA-RAEE-R076-2019-11.pdf

[48] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022a). *Ciclo de vida de plásticos con retardantes de llama bromados COP 2022* [MOOC]. https://aulamads.minambiente.gov.co/enrol/index.php?id=217

[49] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022b). Resolución 851 de 2022. "Por la cual se desarrollan los artículos 2.2.7A.1.3, 2.2.7A.2.1, el numeral 3.1 del artículo 2.2.7A.2.2, el numeral 3 del artículo 2.2.7A.2.4, el artículo 2.2.7A.4.2 y el artículo 2.2.7A.4.4 del Título 7A del Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones". https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/08/Resolucion-0851-de-2022.pdf

[50] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f). *Huella de carbono*. https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/mitigaci/huella-de-carbono

[51] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Ministerio de Comercio Industria y Turismo. (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Ministerio de Comercio Industria y Turismo. https://www.andi.com.co/Uploads/Estrategia%20Nacional%20de%20EconA%CC%83%C2%B3mia%20Circular-2019%20Final.pdf_637176135049017259.pdf

[52] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

[53] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). *Aprendamos con Juan sobre los COP. Contaminantes Orgánicos Persistentes*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/05/Cartilla_Rotafolio_aprendamos_sobre_COP_2006.pdf

[54] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009a). *Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Guia_RAEE_MADS_2011-reducida.pdf

[55] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2009b). Resolución 0372 del 26 de febrero de 2009. "Por la cual se establecen los elementos que deben contener los planes de gestión de devolución de productos posconsumo de baterías usadas plomo acido, y se adoptan otras disposiciones". https://

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 153 21/12/2023 4:09:12 p. m.

www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-372-de-2009.pdf

[56] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010a). Resolución 1297 del 8 de julio de 2010. “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones". https://www.mincit.gov.co/ministerio/normograma-sig/procesos-de-apoyo/gestion-de-recursos-fisicos/resoluciones/resolucion-1297-de-2010.aspx#:~:text=Se%20proh%C3%ADbe%3A%20a)%20Disponer%20residuos,acumuladores%20en%20el%20espacio%20p%C3%BAblico

[57] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010b). Resolución 1511 del 5 de agosto de 2010. “Por la cual se establecen los Sistemas De Recolección Selectiva y Gestión Ambiental De Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones”. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-1511-de-2010.pdf

[58] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010c). Resolución 1512 del 5 de agosto de 2010. “Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones”. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-1512-de-2010.pdf

[59] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2020). Resolución 0480 del 17 de abril de 2020. “Por la cual se implementa el Registro de Productores y Comercializadores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos — RPCAEE y se establecen sus requisitos”. https://www.mincit.gov.co/getattachment/8bd4d677-6c48-43e6-acea-e21ead0b73f0/Resolucion-0480-del-17-de-abril-de-2020-por-la-cua.aspx

[60] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2021). Decreto 0402 del 16 de abril de 2021. “Por el cual se establecen disposiciones relacionadas con la prohibición de la importación y la exportación de asbesto en desarrollo de la Ley 1968 de 2019” https://www.andi.com.co/Uploads/DECRETO-402-DEL-16-DE-ABRIL-DE-2021.pdf

[61] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2023). Resolución 0479 del 27 de abril de 2023. “Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 0480 de 2020, se actualiza su Anexo 1, y se dictan otras disposiciones". https://www.vuce.gov.co/vuce/media/docs/2023/pdf/Resolucion-0479-de-2023.pdf

[62] Ministerio de Minas y Energía. (2005). Resolución 181682. “Por la cual se adopta el reglamento para el transporte seguro de materiales radiactivos”. https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minminas_181682_2005.htm

[63] Ministerio de Minas y Energía. (2010). Resolución 180005 del 7 de enero de 2010. “Por la cual se adopta el Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en Colombia”. https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_180005_de_2010_ministerio_de_minas_y_energia.aspx#/

[64] Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2022). *Fibras cerámicas refractarias. Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional de las fibras cerámicas refractarias*. Ministerio de Trabajo y Economía Social de España. https://www.insst.es/documents/94886/431980/DLEP+138+Fibras+cer%C3%A1micas+refractarias+2022.pdf/9d5067b1-f111-c7d0-

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 154 21/12/2023 4:09:12 p. m.

42df-393151b14446?t=1651654762816#:~:text=Sus%20aplicaciones%20son%20variadas%2C%20b%C3%A1sica,temperaturas%20de%20hasta%201.350%C2%BAC

[65] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (1979). Resolución 2400 del 22 de mayo de 1979. "Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo". https://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf

[66] Ministerio de Transporte. (2015). Decreto 1079 del 26 de mayo del 2015. "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte". https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62514

[67] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2013). Decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013. "Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo". https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-08/decreto-2981-de-2013-reglamentario-del-servicio-publico-de-aseo.pdf

[68] Müller, E. y Widmer, R. (2010). *Materialflüsse der elektrischen und elektronischen Geräte in der Schweiz* [Tabla]. EMPA.

[69] Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

[70] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2003). Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ac89e64f-a4a5-4c13-8d96-1fd1d6bcaa49.0005.02/DOC_1&format=PDF

[71] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (2012). Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo del 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) (refundición) (Texto pertinente a efectos del EEE). http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:ES:PDF

[72] Perry, J., Smit, E., Kuehr, R., Döfnäs, P., Murillo, C., Toorens, B., Gunsillius, E., Hinchliffe, D., Rakowski, M. y Linnell, J. (2018). *Developing Legislative Principles for e-waste policy in developing and emerging countries*. United Nations University/Step Initiative. https://www.step-initiative.org/files/_documents/whitepapers/Step_White_Paper_7_180221_low_compressed.pdf

[73] República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125

[74] Schluep, M., Spitzbart, M. y Blaser, F. (2015). *Dismantling Guide for IT – Equipment*. Sustainable Recycling Industries. https://www.sustainable-recycling.org/wp-content/uploads/2020/09/2015_Schluep_et_al_SRI_DismGuide_IT_Equipment.pdf

[75] SEMARNAT. (2018a). *Buenas prácticas para el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: marco general*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

[76] SEMARNAT. (2018b). *Buenas prácticas para el manejo integral y ambientalmente adecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: aprovechamiento y disposición*. Programa

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 155 21/12/2023 4:09:12 p. m.

de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

[77] SERI. (2021). R2. Standard for Electronics Recyclers.

[78] StEP Initiative. (2014). *One global definition of e-waste*. United Nations University/Step Initiative. https://www.step-initiative.org/files/_documents/whitepapers/StEP_WP_One%20Global%20Definition%20of%20E-waste_20140603_amended.pdf

[79] StEP Initiative. (2016). *Guiding Principles to Develop E-waste Management Systems and Legislation*. United Nations University/Step Initiative. https://www.step-initiative.org/files/_documents/whitepapers/Step_WP_WEEE%20systems%20and%20legislation_final.pdf

[80] Thiébaud(-Müller), E., Hilty, L., Schluep, M., Widmer, R. y Faulstich, M. (2017). Service lifetime, storage time and disposal pathways of electronic equipment: A Swiss case study. *Journal of Industrial Ecology, 22(1),* 196-208. https://doi.org/10.1111/jiec.12551

[81] Vanina Bianchi, L. (2018). La influencia del principio del consumo sustentable en el combate de la obsolescencia programada, la garantía de los 'productos durables' y el derecho a la información de los consumidores en Argentina. *Revista de Derecho Privado, (34),* 227-310. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3140828 Recuperado de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3140828

[82] Wagner, M., Baldé, C.P., Luda, V., Nnorom, I. C, Kuehr, R. e Iattoni. G. (2022). *Monitoreo regional de los residuos electrónicos para América Latina: resultados de los trece países participantes en el proyecto UNIDO-GEF 5554*. Universidad de las Naciones Unidas. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2022-01/REM_LATAM_2021_ESP_Final_dec_10.pdf

[83] Wang, F. (2014.). *E-waste: collect more, treat better. Tracking take-back system performance for eco-efficient electronics recycling* [Tesis de doctorado Delft University]. Delft University Institutional Repository. https://doi.org/10.4233/uuid:91404545-dc7b-48c8-b9b5-a37fbf74ce5c

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 156 21/12/2023 4:09:12 p. m.

REFERENCIAS COMPLEMENTARIAS

[84] Antolínez, S. A., López, S. y Pinzón, F. (2015). *Muestreo, toma de muestras, análisis e identificación de equipos y desechos contemplados en la normativa ambiental de PCB*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/2.Tomo3_web_Identificacion.pdf

[85] Basel Action Network. (s.f.). The e-Stewards® Standard for Ethical and Responsible Reuse, Recycling, and Disposition of Electronic Equipment and Information Technology. Version 4.0

[86] Benavides, L., Forero, M., Ramírez Restrepo, Á., Camelo Martínez, E., Rodríguez, C. y Rodríguez Castañeda, J. Á. (2022). *Cartilla del curso. Manejo ambiental adecuado del mercurio en Colombia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2023/02/17_Cartilla_Curso_Mercurio.pdf

[87] Bornand, P. (2007). *La ventaja de sistemas colectivos de residuos electrónicos. Reunión de expertos "Tendencias internacionales en la gestión de residuos electrónicos"*. Universidad de los Andes.

[88] Cadena, J. y Muñoz, F. (2018). *Lineamientos para la gestión segura de PCB*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/2.Tomo7_web_Gestion_segura.pdf

[89] Camelo, E., Pinzón. F. y Quattrini.C. (2017). *Lineamientos ambientales para autoridades de comercio exterior y aduanas en el control de movimientos transfronterizos de bifenilos policlorados (PCB).* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Guia-aduanas-diagramada_PCB_1.pdf

[90] Campuzano, J.; Hernández, A., Ortiz, J. y Camelo, E. (2022). *Directrices técnicas para el manejo y gestión de materiales plásticos recuperados de RAEE y vehículos desintegrados.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y del Caucho. https://economiacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/directrices-tecnicas-para-el-manejo-de-materiales-plasticos-recuperados-de-raee-opt.pdf

[91] Center for International Environmental Law. (s.f.). *Los residuos electrónicos y su impacto en los derechos humanos.* https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2016/06/HR_EWaste_SPA.pdf

[92] European Standard. (2014). EN 50625. Requisitos de recogida, logística y tratamiento para RAEE.

[93] ICONTEC. (2019). Norma Técnica Colombiana NTC 6359. Principios guía para la gestión sostenible de metales secundarios. https://tienda.icontec.org/gp-principios-guia-para-la-gestion-sostenible-de-metales-secundarios-ntc6359-2019.html

[94] IDEAM. (2013). *Determinación de bifenilos policlorados (PCB) en aceites dieléc-*

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 157 21/12/2023 4:09:13 p. m.

tricos por cromatografía de gases con detector de captura de electrones. https://www.cornare.gov.co/residuos/gestion-integral-de-bifenilos-policlorados-PCB/Anexo-3-Tomo-III-M2_SAPc_01-Determinacion_PCB_Aceites.pdf

[95] Instituto de Biomecánica de Valencia. (s.f.). *Guía para la prevención de la exposición al amianto*. Instituto de Biomecánica de Valencia. https://www.ibv.org/wp-content/uploads/2020/01/GuiaAsbestos_Amianto_w.pdf

[96] Marulanda C., Víctor, F., Pinzón, R., Fabián, M. y Quattrini, C. (2015). *Manejo ambientalmente racional de equipos y desechos contaminados con PCB*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/2.Tomo6_web_Manejo.pdf

[97] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Ozono, 34. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/boletin_ozono_34.pdf

[98] Ministerio de Economía. (s.f.). ¿Cuáles son las prácticas médicas que utilizan radiaciones ionizantes? https://www.argentina.gob.ar/cnea/proteccion-radiologica/cuales-son-las-practicas-medicas-que-utilizan-radiaciones-ionizantes#:~:text=tener%20en%20cuenta-,%C2%BFCu%C3%A1les%20son%20las%20pr%C3%A1cticas%--20m%C3%A9dicas%20que%20utilizan%20radiaciones%20ionizantes%3F,se%20aplican%20en%20todas%20ellas

[99] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). Pilas y acumuladores. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/pilas-y-acumuladores/#:~:text=Pilas%20alcalinas%20o%20pilas%20de,port%C3%A1tiles%20y%20en%20la%20industria

[100] Organización Mundial de la Salud. (2016). *efectos en la salud de las radiaciones ionizantes*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures

[101] Organización Mundial de la Salud. (2022). *Intoxicación por plomo y salud*. https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=Si%20el%20grado%20de%20exposici%C3%B3n,intelectual%20o%20trastornos%20del%20%20comportamiento

[102] Pinzón, F. (2015). *Generalidades y conceptos básicos sobre bifenilos policlorados*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/2.Tomo1_web_Generalidades.pdf

[103] Suárez, L., López, A. y Rodríguez, J. (2007). *Inventario preliminar de Compuestos Bifenilos Policlorados (PCB) existentes en Colombia*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. https://quimicos.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/6.Inventario-Preliminar-PCB_Colombia_2007.pdf

[104] Urrego Rodríguez, C. e Isaza Roldán, C. (2014). *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Manual-Buenas-Practicas-Refrigeracion-1.pdf

[105] VSMR, ARV, Swico y SENS eRecycling. (2015). *Asbest erkennen, beur-teilen und richtig handeln Was Sie in Recycling- betrieben über Asbest wissen müssen. Sammelstellen, Recycling und Entsorgungsbetriebe*. https://docplayer.org/70926291-Asbest-erkennen-beurteilen-und-richtig-handeln-wissen-muessen-sammelstellen-recycling-und-entsorgungsbetriebe.html

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 158 21/12/2023 4:09:13 p. m.

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 159 21/12/2023 4:09:13 p. m.



SRI
SUSTAINABLE
RECYCLING
INDUSTRIES

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)

1Guia_Gestion_RAEE_MinAmbiente_SRI_corrección de estilo_21Dic.indd 160 21/12/2023 4:09:14 p. m.