



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA

PROSIC

Programa Institucional
Sociedad de la Información
y el Conocimiento

Universidad de Costa Rica
Vicerrectoría de Investigación
Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento

**PROGRAMA DE FORMACIÓN INTRODUCTORIA
CONOCIENDO EL MUNDO DE LOS AEE Y SUS RESIDUOS**

GUÍA DE CAPACITACIÓN

Preparado por
Valeria Castro Obando

Enero 2024

MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS

1.1. Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE)

Los Aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) refieren a todos los “productos de circuitos o componentes eléctricos y electrónicos que necesitan una fuente de alimentación de electricidad (requieren estar enchufados) o una batería para funcionar” (Wagner et. Al, 2022, p.16).

Según el *Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos* de Costa Rica, los AEE son:

Dispositivos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los dispositivos (consumibles y componentes) que son partes necesarias para su funcionamiento o necesarios para aprovechar, utilizar, generar, transmitir y medir tales corrientes y campos. Entiéndase aparatos como artefactos, equipos, mercancías o dispositivos nuevos o usados de uso doméstico, de uso de negocios o de uso profesional.

En años recientes se ha incrementado el uso de los AEE, ante los constantes avances tecnológicos que están ocasionando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y que se “están extendiendo rápidamente en países y sectores emergentes como el transporte eléctrico, la producción de energía limpia y las ciudades inteligentes, que basan sus servicios en AEE y sensores” (Wagner et. Al, 2022, p.16).¹

Los AEE se encuentran en todo lugar y en aparatos como:

- Teléfonos celulares y tabletas.
- Computadoras y servidores.
- Lavadoras.
- Refrigeradores.
- Lavaplatos.
- Juguetes
- Aparatos de cocina eléctricos.
- Aires acondicionados.
- Televisores
- Instrumentos musicales.
- Herramientas y equipos industriales

Estos ejemplos muestran que los AEE están presentes en todas las actividades que desarrollamos **cotidianamente**. Hoy es difícil imaginar la vida actual, sin tener que utilizar un AEE para cualquier tarea que realicemos.

1.2. Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

Cuando los AEE son descartados por su propietario, sin que se pretenda su reutilización, se convierten en residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE)². Según el *Convenio de Basilea*

¹ Esto si lo consideramos por número de dispositivos pero no en peso total, ya que los aparatos pequeños de TI representan menos del 10% en peso.

² También denominados e-waste en inglés.

sobre Control Fronterizo de Residuos Peligrosos y su Eliminación³ (Convenio de Basilea) los RAEE comprenden a los equipos eléctricos y/o electrónicos “incluidos todos los componentes, subconjuntos y artículos consumibles que forman parte del equipo en el momento en que se convierte en residuo” (Wagner et. Al, 2022, p.16). Estos son los residuos de mayor crecimiento en el mundo y se caracterizan por tener materiales valiosos (aprovechables) y peligrosos. No son chatarra, aunque pueden generarla una vez que los aparatos han sido desensamblados y descontaminados.

En el el *Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos* de Costa Rica, los RAEE son:

Todos los AEE y sus piezas que han sido descartadas por su propietario como residuos, sin la intención de reutilizarlos o que otros los reutilicen. Se consideran parte de estos residuos los componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto.

Los RAEE no son chatarra. Un aparato eléctrico y electrónico que se espera donar, reparar o reacondicionar no es un RAEE.

Tipos de RAEE

La amplia variabilidad de los AEE y por tanto de los RAEE ha llevado al establecimiento de categorías especiales, por ejemplo, la Unión Europea tiene una directiva específica que está enfocada al tratamiento de los RAEE (dicha directriz se denomina “*Directrices sobre estadísticas de residuos electrónicos*”). A pesar de que existen distintas clasificaciones para categorizar a los RAEE, en nuestro país se ha propuesto y utiliza un sistema de clasificación que identifica 6 categorías principales (ver figura 1).

Figura 1. Tipos y caracterización de RAEE



³ Este tratado fue aprobado en 1989 con el fin de controlar los movimientos transfronterizos de los residuos peligrosos, su eliminación, así como las actividades que se consideren como tráfico ilícito de este tipo de residuos. Por el tipo de componentes que pueden estar presentes en los RAEE estos son considerados como residuos peligrosos y es por eso que se les aplica lo establecido en este convenio. Según esta norma es obligación de cada Estado informar a la Secretaría del Convenio sobre los desechos que son considerados como peligrosos de acuerdo en su respectiva legislación, así como “sobre cualquier requisito relativo a los procedimientos de movimiento transfronterizo aplicables a tales desechos” (artículo 3).

Fuente: Tomado del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2023.

Esta categorización se basa en la consideración de criterios de agrupamiento como cuál es el riesgo de impacto a la salud y el ambiente de un tipo de aparato (prioridad ambiental), cantidad de RAEE que se genera del tipo en valores absolutos o como peso del total de RAEE (significancia de la categoría en el país), tasa de crecimiento del AEE del aparato, peso o tamaño y vida útil promedio y potencial de aprovechamiento.

Debido a que TODOS los RAEE contienen componentes, fracciones y materiales valiosos y peligrosos que los integran, estos deben ser recolectados de forma separada, preparados para el aprovechamiento, tratados y eliminados de una manera adecuada. Es aquí cuando se empieza a hablar de la necesidad de gestionar los RAEE, pero ¿qué es la gestión?

Algunos RAEE requieren de un tratamiento específico, como es el caso de los refrigeradores (por sus aceites, las espumas, los gases refrigerantes y el cobre), los televisores (por el cobre y el plomo que es un metal pesado tóxico), los monitores, las lámparas fluorescentes (por el contenido de mercurio, metal pesado tóxico) y las baterías, entre otros (Salhofer, 2022).

¿Qué es un material valioso (aprovechable)?

En la fabricación de AEE se requiere de distintos componentes, como los metales preciosos. Estos y otros componentes son considerados materiales aprovechables porque son materias primas que pueden ser recuperadas y reutilizadas en la fabricación de nuevos AEE. Aunque “el porcentaje de los metales preciosos es relativamente pequeño comparado con el peso total... su concentración, como es el caso del oro, alcanza a ser más alta que la encontrada naturalmente en una mina” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, 2010, p.12), lo que los convierte en materiales sumamente atractivos desde el punto de vista económico.

¿Qué es un material peligroso?

Los componentes peligrosos de los RAEE generalmente representan un riesgo para la salud humana y el ambiente por las “características tóxicas, inflamables, corrosivas, reactivas, explosivas, infecciosas o radioactivas” (RAEE Andalucía, s.f., párr.2). La manipulación inadecuada de este tipo de materiales podría hacer que estos se liberen en el aire, se filtren en la tierra y/o el agua, lo que implica un peligro para cualquier ser vivo. TODOS los RAEE tienen al menos una fracción y componente peligroso, y en general representa como en promedio un 15% del peso de todos, unos con más y otros con menos.

1.3. Gestión de RAEE

La gestión de los RAEE implica desarrollar actividades como la recolección, “la preparación para la reutilización, el tratamiento o la recuperación (lo que incluye el reciclaje y la exportación)” (Wagner et. Al, 2022, p.28) de los mismos. Este tipo de procesos pueden ser realizados por *actores formales* -definidos según un marco legal que regula las actividades- e *informales*; sin embargo, la distinción entre ambos tipos de actores sirve para distinguir la **gestión de RAEE** de otro tipo de actividades que están relacionadas con los residuos.

Gestión de RAEE	Otras actividades relacionadas con los RAEE
“Conjunto de actividades lícitas llevadas a cabo por actores del sector formal, tanto de carácter público	Incluyen acciones como la recolección, la eliminación de residuos y el vertido. Suele ser

<p>como privado, con el fin de recoger, transportar y tratar los residuos, incluyendo la eliminación final y el cuidado posterior de los lugares de eliminación bajo buenas prácticas” (Wagner et. Al, 2022, p.28).</p> <p>Este video muestra el profesionalismo del desensamble: https://youtu.be/os-kU6qCSzQ</p>	<p>realizado por actores del sector informal con prácticas artesanales.</p> <p>Puede centrarse en el “desmantelamiento selectivo de las piezas valiosas, [sin los cuidados a la salud de los desmanteladores y sus comunidades], la recuperación de algunos metales o el vertido en vertederos no controlados” (Wagner et. Al, 2022, p.29).</p>
--	---

Es importante señalar que debido a que los actores del sector informal no suelen cumplir con lo establecido en la normativa ambiental, los estándares mínimos de seguridad o con las técnicas de descontaminación adecuadas, sus actividades suelen ser bastante riesgosas (Wagner et. Al, 2022). Esto evidencia que no toda actividad implica un proceso vinculado a la gestión de RAEE, sin embargo, no nos aclara como deben ser manejados los RAEE. Es en este punto cuando se empieza a hablar de la gestión integral de RAEE.

1.3.1. Gestión Integral de RAEE

La Gestión Integral de RAEE refiere al proceso de planificación que permite un manejo correcto de los RAEE “desde la generación hasta la disposición utilizando las tecnologías y las prácticas más adecuadas” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, [MayDS], 2020, p.26). En ese sentido, la gestión integral se puede entender como un sistema en el que intervienen acciones:

- Regulatorias, operativas y financieras.
- Administrativas, de planificación, monitoreo y evaluación “para el manejo de un residuo desde su generación hasta su valorización” (MayDS, 2020, p.27) y disposición final.
- Educativas.

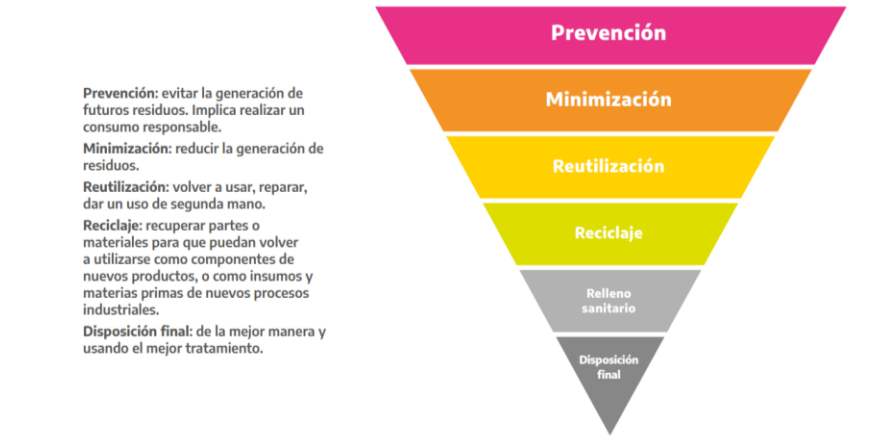
En Costa Rica, la Ley N° 8839 (*Ley para la Gestión Integral de Residuos*) se define la Gestión Integral de Residuos (GIR) como “el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final” (artículo 6). En el caso de los RAEE, esta definición es extendida y aplicada a la gestión integral de RAEE.

El objetivo principal de la gestión integral de RAEE es reducir la generación de más RAEE, por lo que tiene un carácter preventivo, pero también busca aumentar la reutilización y el reciclaje de los RAEE, además de disminuir los riesgos al definir procedimientos seguros para tratarlos. Para lograr esto, los sistemas de gestión de RAEE requieren:

- Datos y estadísticas que permitan el desarrollo de una estrategia de gestión de RAEE.
- Marco normativo y políticas públicas que “regulen todo lo concerniente a los RAEE, que establezcan los procedimientos y requisitos del sistema: guías técnicas, procesos de educación ambiental, capacitación y difusión de la problemática asociada...planes de monitoreo y control e incentivos económicos y financieros” (MayDS, 2020, p.27).
- La participación de diferentes actores (fabricantes de AEE, marcas, importadores, gestores de residuos, consumidores, gobiernos locales, cámaras empresariales, Administración

Pública, organizaciones privadas, sociedad civil, academia) que intervengan en las distintas etapas de la gestión.

Figura 2. Jerarquía en la gestión integral de residuos



Fuente: Tomado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación de la República de Argentina, 2020.

Las distintas etapas integran una **cadena de valor en la gestión de RAEE**, en la que es posible identificar procesos como la “separación en origen, recolección diferenciada, transporte y almacenamiento, selección y clasificación, reutilización, tratamiento (descontaminación, desensamblado) y recuperación de materiales, exportación y disposición final” (MayDS, 2020, p.27).

Las particularidades de los RAEE hacen que su gestión no sea sencilla, es técnica no solo por la presencia de sustancias peligrosas, sino también por la “gran diversidad de dimensiones y componentes de los aparatos, así como aparatos con potenciales de recuperación y valorización de materiales muy heterogéneos” (MayDS, 2020, p.27) y la eficiencia en el aprovechamiento importa (hasta el último tornillito). Esto significa que recolectar, almacenar, tratar y/o desensamblar un celular es un proceso distinto al de hacerlo para una lavadora o una computadora.

Es importante tener en cuenta que un RAEE está compuesto por una gran cantidad de diferentes materiales y se deben gestionar tanto los de alto valor (hierro, cobre, bronce, ...) como los de alto costo de tratamiento (mercurio, plomo, cadmio, tóner, ...) de una forma integral y en cumplimiento de la legislación nacional e internacional vigente.

Tomado de: José Ramón Domenech, SOLIRSA, Boletín Circuito RAEE #9, junio, 2023

1.3.2. Beneficios que aporta una adecuada gestión de los RAEE

Gestionar adecuadamente los RAEE aporta beneficios económicos y ambientales, entre estos pueden considerarse aspectos como (Clerc, et. Al, 2021):

- El ahorro energético, de materiales y de tiempo, al recuperar y no tener que extraer nuevamente materiales de la tierra. La minería extractiva, muy impactante.
- Se evita la sobre explotación de recursos y se atiende la escasez de las materias primas críticas.
- Se favorece la recirculación de materiales en los procesos productivos.
- Se genera “mayor control de la gestión y, por lo tanto, [se reduce el riesgo]⁴ de la contaminación del agua, aire y el suelo” (Clerc, et. Al, 2021, p.79).
- Se reducen los riesgos de afectación a la salud humana que son generados por una mala gestión de los RAEE.
- Disminuyen la emisión de gases de dióxido de carbono.
- Genera empleo para todas las actividades de gestión y nuevos modelos de negocio (si tomamos en cuenta el enfoque preventivo y no solo el aprovechamiento)
- Promoción de la innovación en áreas donde podemos ser fuertes.
- “La explotación de materias primas involucradas en el proceso de producción de los AEE presenta a la minería urbana como una oportunidad para reducir el impacto en el medio ambiente dado que permite obtener metales comunes y raros con una menor emisión de CO2 con respecto a la minería tradicional” (Clerc, et. Al, 2021, p.79).

En el caso particular y especial de las materias primas críticas (MPC), que son económica y estratégicamente importantes para algunas economías globales y empresas de tecnología, el reciclaje y aprovechamiento de los RAEE se presenta como una alternativa relevante para disminuir el riesgo de su suministro. Las MPC son escasas y se concentran en pocos países y están estrechamente relacionadas a tecnologías más limpias y son irremplazables en paneles solares, turbinas eólicas, vehículos eléctricos y la iluminación eficiente.

La gestión de RAEE y la minería urbana se presentan como una alternativa necesaria de suministro de estos materiales, a la vez que minimizan problemas ambientales asociados a la minería tradicional. De potenciar la minería urbana, la gestión de estos RAEE podría ser un proveedor de recursos secundarios. Sus costos son menores en relación con los costos energéticos, ambientales y sociales de la minería tradicional (Pascuar Rengifo, Correo Cruz y Marlés Betancourt, 2018).

MÓDULO 2: LOS AEE Y RAEE EN COSTA RICA

2.1. Estadísticas sobre los flujos

2.1.1. Situación a nivel internacional

El informe *The Global E-Waste Monitor 2020*, realizado por la *Global E-waste Statistics Partnership* (GESP) indica que durante el 2019 se alcanzó un total de 53,6 millones de toneladas (Mt) de RAEE, representando un incremento en la producción de RAEE del 21% en los últimos 5 años (Forti, Baldé, Kuehr & Bel, 2020). De esas 53,6 Mt de RAEE, únicamente el 17,4% de estos residuos fueron adecuadamente recolectados y reciclados según lo que se documentó oficialmente.

⁴ Lo contenido entre los paréntesis cuadrados no corresponde a la redacción original empleado en la fuente consultada, sino que fue introducido con propósitos sintácticos.

Se cree que la cantidad de los RAEE aumentará por el incremento en las tasas de consumo de este tipo de aparatos y la producción de dispositivos con ciclos de vida cada vez más corto y con limitadas posibilidades de reparación. En ese sentido, se estima que al 2030 la cantidad de RAEE podrá llegar a los 74 millones de toneladas, cifra que es casi el doble de lo reportado al 2014 (Forti, Baldé, Kuehr & Bel, 2020).

Según dicho estudio, hasta el 2019, 78 países del mundo tenían “una legislación, política o regulación en materia de residuos electrónicos, lo que supone un avance significativo respecto a los 67 países (66% de la población) identificados en 2017” (Wagner et. Al, 2022, p.19). No obstante, la mayoría de los países carece de políticas vinculantes y del apoyo financiero necesarios para garantizar el cumplimiento de estas políticas.

Aunque la mayoría de las regulaciones buscan mejorar la gestión de los RAEE, aún no aborda cuestiones para reducir los volúmenes de RAEE generados “ni las prácticas de gestión, como la reparación y la reutilización de los RAEE” (Wagner et. Al, 2022, p.19).

La más reciente actualización del *Global E-Waste Monitor 2024*, indica que para el 2022 se habían registrado 62 millones de megatoneladas (MT) de RAEE generados globalmente. El 22,3% de estos RAEE fueron recogidos/reciclado formalmente. Además, se registró un promedio de 7,8kg per cápita por año.

2.1.2. Situación a nivel latinoamericano

Según Wagner et. Al (2022) en América Latina la cantidad total de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) puestos en el mercado (POM)⁵ se incrementó del 2010 al 2017, pasando de 1,7 Mt (8,9kg/hab) en el 2010 a 1,9 Mt en el 2017. Posteriormente, esta volvió a bajar a los 1,7 Mt (8,1 kg/hab) en el 2019.

Los plásticos generados de los RAEE aumentaron de forma constante de 0,24 Mt. (1,29 kg/hab.) en 2010 a 0,38 Mt (1,85 kg/hab.) en 2019.

Por su parte, la cantidad de RAEE generados se incrementó en la región en un 49%, pues se pasó de 0,9 Mt (4,7 kg/hab) en el 2010 a 1,3 Mt (6,7 kg/hab) en el 2019); siendo Costa Rica el país con la mayor cantidad de RAEE generado per cápita (13,2 kg/hab) lo que se contrasta con Nicaragua que es el país con menor generación de RAEE (2,5 kg/hab)(Wagner et. Al, 2022).

Conjuntamente, los 13 países considerados en el estudio recolectaron y gestionaron 36,0 kt (0,21 kg/hab) de RAEE en el 2019 (Wagner et. Al, 2022). Costa Rica y Chile son los países de la región con las mayores tasas de recolección de RAEE.

Aunque los 13 países analizados tienen normativa para la gestión de residuos, sólo 5 de estos (Bolivia, Chile, Costa Rica, Ecuador y Perú) tienen regulaciones específicas sobre RAEE y la aplicación del principio de responsabilidad extendida del productor (REP) para los RAEE (Wagner et. Al, 2022).

⁵ La expresión refiere a “todos los productos suministrados al mercado nacional para su consumo y uso por parte de los hogares, las empresas y las autoridades públicas” (Wagner et. al, 2022, p.26). Esta medida sirve para calcular la generación de RAEE en un país, utilizando la vida útil respectiva.

De la cantidad de RAEE generados en el 2019 en América Latina (AL), 7t eran oro, 0,31t “tierras raras, 591 kt de hierro, 54 kt de cobre y 91 kt de aluminio, lo que representa un valor total de aproximadamente 1700 millones USD de materias primas secundarias” (Wagner et. Al, 2022, p.12).

Además, según la información disponible más del 97% de los RAEE generados en AL no son recolectados ni enviados a instalaciones para que sean gestionados de manera adecuada. La mayoría de los RAEE termina en vertederos y en muchos casos, los recolectores del sector informal suelen recopilar algunos de los componentes valiosos que pueden tener los RAEE (Wagner et. Al, 2022).

Costa Rica junto con Chile y Argentina, son los únicos países de AL que “tienen producción interna nacional de AEE y componentes relacionados, los otros diez países dependen totalmente de las importaciones de los mismos” (Wagner et. Al, 2022, pp.10-11). De igual modo, el país es el que presenta la mayor tasa de recolección de RAEE, registrando un 8% (1,0 kg/hab) de total de RAEE que son generados.

13 países de AL han ratificado el Convenio de Basilea y han generado prohibiciones para importar RAEE o AEE usado⁶, además muchos de los países de la región “no presentan informes sobre los movimientos transfronterizos al Convenio de Basilea” (Wagner et. Al, 2022, p.12). Esto dificulta el cumplimiento del convenio, así como el mapeo de los movimientos transfronterizos dentro y fuera de AL. Igualmente, cabe señalar que ninguno de esos países prohíbe la exportación de residuos peligrosos o de otro tipo para su recuperación/eliminación.

¿Qué es un RAEE generado?

Cuando se habla de RAEE generados se alude a la totalidad de RAEE antes de que estos sean gestionados (Wagner et. Al, 2022).

2.1.3. Situación en Costa Rica

A nivel latinoamericano, Costa Rica es uno de los países que más consume AEE, estimándose que para el 2022 fue uno de los países de la región que generó más cantidad de RAEE per cápita, unos 13,1 kg por habitante por año (Ministerio de Salud, 2023). Además, se estima que en el 2022 se pusieron en el mercado unas 86,100 toneladas de AEE y se generaron unas 66,200 toneladas de RAEE, de las cuales cerca del 40% de los RAEE generados fueron equipos eléctricos pequeños (Ministerio de Salud, 2023⁷).

En el 2022 sólo cerca del 8,5% de RAEE generado en ese año fue recolectado, lo que representa unas 5,600 toneladas. De estas se estima que solo 1000 toneladas “fueron gestionadas como parte de la Responsabilidad Extendida del Productor, a partir de las Unidades de Cumplimiento registradas y que han enviado sus reportes anuales” (Ministerio de Salud, 2022, p.18).

⁶ Esto es importante, porque el AEE debe demostrar que es funcional (por medio de una certificación desde el país de origen), para evitar el ingreso de residuos en lugar de aparatos con potencial de reutilización.

⁷ Reporte Anual de Costa Rica a OECD, 2023.

Se estima que a lo largo de los últimos 5 años el número de AEE puestos en el mercado nacional se incrementó un 5,1% en promedio, a pesar de la caída debida a la pandemia. (Ministerio de Salud, 2023).

El país ha mejorado la recolección⁸ y sistematización de datos sobre el desempeño del sistema RAEE. La propia información disponible indica que todavía el 19% de los RAEE, sigue siendo gestionado con “residuos ordinarios de origen doméstico, comercial o industrial” (Ministerio de Salud, 2022, p.18). Otro 41% de los RAEE sigue siendo entregado a recolectores que perifonean en los barrios y que recolectan el RAEE como chatarra, lo que implica “una gestión de las fracciones valiosas, pero un alto riesgo de afectación de la salud y el ambiente, por la no gestión integral de las fracciones peligrosas que caracterizan a los RAEE” (Ministerio de Salud, 2022, p.18). El 32% de los RAEE generados tiene un final desconocido.

Figura 3. ¿Dónde enviamos los ticos nuestros RAEE?



Fuente: Tomado del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2023.

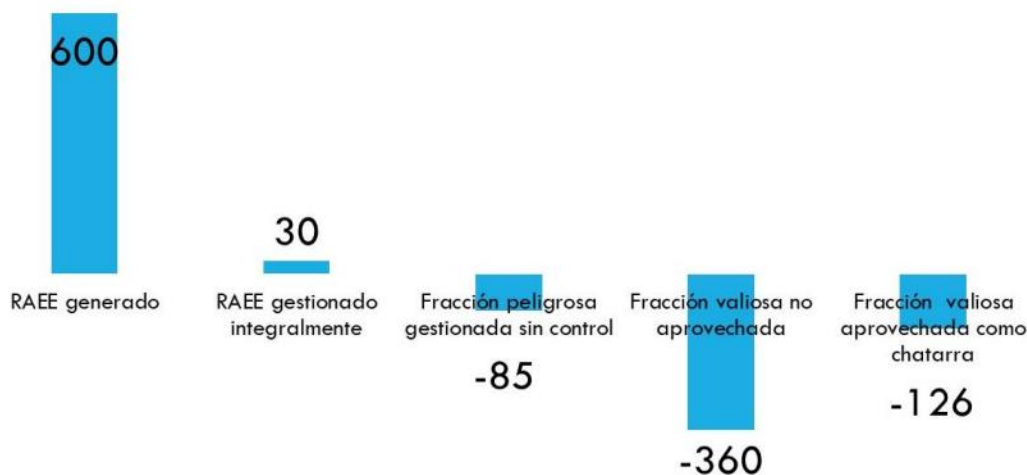
Uno de los problemas que enfrenta el sistema de gestión de RAEE en Costa Rica, está relacionado con el tratamiento de los RAEE como chatarra, lo que genera serios riesgos al ambiente y la salud humana.

Durante los últimos 10 años, se observan importantes brechas en la gestión de RAEE. Esto no solo se expresa en la baja cantidad de RAEE que recibieron un manejo integral, y el número de fracciones peligrosas que no fueron gestionadas de manera controlada; sino también con la pérdida de oportunidades para aprovechar fracciones valiosas.

⁸ De hecho, Costa Rica es de los países de América Latina que más recolecta RAEE, sin embargo, ese valor “está lejos del 17% que se estima se recolecta en el Mundo y aún más de valores como el 50% de los países europeos” (Ministerio de Salud, 2022, p.18).

Valoración de gestión del RAEE de los últimos 10 años

En miles de toneladas



Fuente: Tomado de Ministerio de Salud de Costa Rica, 2022.

Nota: El valor negativo indica comportamientos o prácticas indeseables en la gestión de RAEE.

2.2. Regulación sobre RAEE en Costa Rica

El proceso para implementar la gestión integral de los RAEE en el país inició en el 2003 con el establecimiento de alianzas multisectoriales y un diagnóstico que permitió saber el estado de situación de Costa Rica en la gestión de RAEE, y que estuvo más orientado a la fracción de electrónicos, que representa hoy un 8,2% de los RAEE totales.

En Costa Rica la gestión de RAEE deriva de lo establecido en la *Ley para la Gestión Integral de Residuos* (Ley GIR o N°8839), que desde el 2010 regula la Responsabilidad Extendida al Productor (REP), así como otros principios importantes para la gestión de residuos en nuestro país (Ministerio de Salud, 2022). La Ley GIR y su respectivo reglamento han sido importantes porque “consideran la jerarquía en la gestión y el enfoque preventivo en la generación del residuo...que ahora se relaciona con los esfuerzos nacionales en Economía Circular” y la circularidad en la gestión de los residuos (Ministerio de Salud, 2022, p.17).

En línea con este marco, se han promulgado otras normativas destinadas a regular diversos aspectos relacionados con la gestión y manejo de RAEE. Entre estas pueden mencionarse:

- El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos (Decreto Ejecutivo N°35933-S, 2010). Esta norma establece obligaciones para los actores que participan en la gestión de RAEE y establece prohibiciones sobre el manejo de los RAEE. Penaliza la disposición en sitios no autorizados, la recepción de un RAEE sin ser un gestor autorizado y la comercialización de residuos en el país, sin estar incorporado a una Unidad de Cumplimiento.
- El Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos (Decreto N°37567, 2013).

- El Reglamento para la Declaratoria de Residuos de manejo especial⁹ (Decreto N°38272, 2014).
- Guía Técnica para la Gestión Integral de los Residuos Eléctricos y Electrónicos¹⁰ (Acuerdo N° DM-CB-8016-2016, 2016).
- Oficialización del Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos (Decreto N°39742-S, 2016) y la Estrategia Nacional para la Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (Decreto N°39760-S, 2016).
- La actualización del Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables (Decreto N° 41052-S, 2018) cuya primera versión había sido realizada en el 2010.

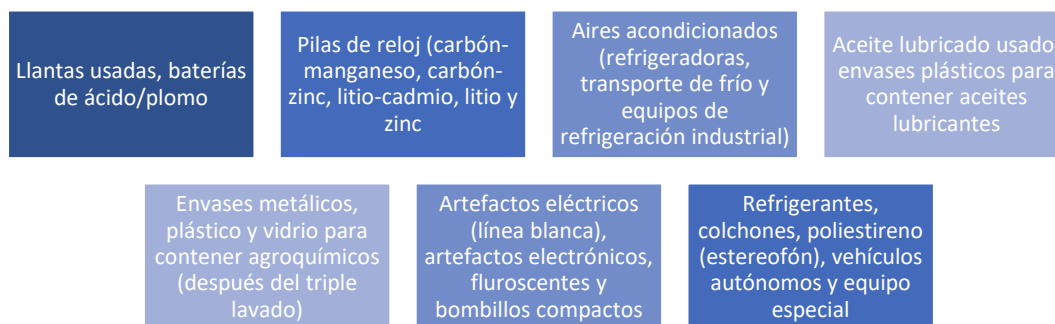
Se está actualizando en este momento y está pronto a salir a consulta pública el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos (con esto se busca introducir que ajustes que ayuden a fortalecer la aplicación de la REP y se plantean metas de recolección obligatorias).

Conceptualización de los RAEE en Costa Rica

La Ley para la Gestión Integral de Residuos clasifica los residuos en tres tipos distintos (ordinarios, peligrosos y de manejo especial). De acuerdo con esta categorización, los **RAEE son considerados como residuos de manejo especial y prioritarios**, por lo que deben ser separados de la corriente normal de residuos para ser sujetos a una gestión diferenciada que evite daños a la salud y al ambiente y se maximice su aprovechamiento.

Los residuos de manejo especial están regulados por el *Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial*, que indica cuáles objetos son considerados como residuos de esta índole. Por su parte, los residuos prioritarios son regulados por la Ley 8839 Ley GIR.

Figura 5. Residuos de Manejo Especial en Costa Rica



Fuente: Elaboración propia con base a Segura, 2021.

⁹ Este incluye el establecimiento de metas voluntarias, que no han sido aprovechadas por los productores y no han promovido la REP.

¹⁰ Es un instrumento creado para implementar el sistema RAEE desde un enfoque de “manejo general de las relaciones y procesos entre actores en la cadena y no estándares técnicos en las prácticas de gestión de las operaciones” (Ministerio de Salud, 2022, p.17), por lo que también está en revisión y actualización, contando en este momento ya con un primer borrador.

Durante el proceso de desmantelamiento y/o el desensamblaje, pueden quedar expuestos algunos de los componentes peligrosos de los RAEE y se aumenta el riesgo de exposición. En este caso, los RAEE se convierten en residuos peligrosos por lo que su manejo debe hacerse según lo definido en el *Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos*, que además de definir lo que es un residuo peligroso, determina los procedimientos para hacer una gestión integral desde una perspectiva sanitaria y ambientalmente sostenible. El desensamble se realiza para descontaminar, primero separando las fracciones y componentes peligrosos y luego para optimizar el proceso de aprovechamiento y agregar valor para mejores rendimientos de valorización.

2.3. Actores de la cadena de gestión, roles y responsabilidades

El Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Eléctricos (2010) estableció un *Sistema Nacional de Gestión Integral de Residuos Electrónicos*, en el que se identifican a los sectores que deben participar en la gestión de los RAEE dependiendo de la etapa del proceso y las responsabilidades. La gestión de RAEE contempla 3 etapas básicas.

1. Recuperación.
2. Transporte.
3. Valorización (que en Costa Rica es preparación para el aprovechamiento).

Estas etapas sirven para distinguir a distintos actores:

1. **Gobierno**: ejerce la rectoría en esta materia a través del Ministerio de Salud (MINSAL)¹¹, aunque en dicha labor es coadyuvado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT).

Desde este nivel se cuenta con el **Comité Ejecutivo para la Gestión Integral de Residuos Electrónicos y Eléctricos** (CEGIRE), una instancia multisectorial y articulada que busca interrelacionar las acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los RAEE desde la generación hasta su disposición final. Asesora al MS y tiene el deber de apoyar a implementar el Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Eléctricos, así como modificarlo cada vez que sea necesario.

CEGIRE funciona desde el 2010 y está constituido por representantes del MINSAL; el MINAE, el MICITT, el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal (IFAM), la Unión Costarricense de Cámaras y Asociaciones del Sector Empresarial Privado (UCCAEP), la Asociación Centroamericana para la Economía, la Salud y el Ambiente como representante de ONGs (ACEPESA), la Asociación de Empresarios para la Gestión Integral de Residuos Electrónicos (ASEGIRE) en representación de las Unidades de Cumplimiento y los importadores/productores y el Consejo Nacional de Rectores (CONARE) de la academia.

Entre sus principales funciones están el elaborar metodologías y mecanismos para la definición de metas de recuperación, impulsar periódicamente campañas de información y sensibilización sobre la gestión integral de RAEE y determinar un mecanismo afín para que las Municipalidades velen para que este tipo de Residuos no formen parte de la corriente de residuos ordinarios y lo coordinen con las Unidades de Cumplimiento.

¹¹Debe llevar un registro actualizado de las Unidades de Cumplimiento (UC) y de los gestores autorizados, así como definir y publicar anualmente las metas de recuperación de los productores.

2. Importadores/comercializadores: Deben organizarse en Unidades de Cumplimiento para garantizar a sus clientes la gestión integral de los RAEE y tener gestores GIRAEE autorizados que los apoyen (con contratos). La gestión de RAEE no es sencilla por lo que debemos apoyar a nuestros clientes para hacerlo bien, es un servicio post venta más que debe ser obligatorio.

A diferencia de los residuos ordinarios cuya gestión se financia con los impuestos municipales, la gestión del RAEE se financia por la propia persona consumidora. Como la gestión es un proceso sofisticado y complejo, para que este sea desarrollado de una manera adecuada, los productores deben establecer las facilidades, asumiendo esta responsabilidad para TODOS los RAEE que se generen. Ahora bien, por un tema de gradualidad la exigibilidad se propone por metas de cumplimiento.

Como este no es el negocio de los productores, la legislación establece la obligatoriedad de que estos constituyan a las Unidades de Cumplimiento (UC). Debido al costo asociado, la integración en una UC promueve mayor eficiencia y la participación de todos (responsabilidad compartida). Desde este punto de vista, puede ser más conveniente que el comercializador apoye al productor construyendo un centro de recolección, en lugar de que lo haga el productor. De igual modo, el productor puede beneficiarse si el distribuidor le apoya con acciones de logística inversa.

3. Unidades de Cumplimiento: Son estructuras legales conformadas por uno o más productores para “establecer mecanismos y acciones que garanticen la gestión integral de los respectivos residuos y su sostenibilidad. Estas pretenden cumplir con el principio de responsabilidad extendida del productor, así como con los lineamientos técnicos y ambientales nacionales” (Segura, 2021, p.68).

LA EXPERIENCIA DE ASEGIRE

La Asociación de Empresarios para la Gestión Integral de Residuos Electrónicos (ASEGIRE) fue una de las primeras Unidades de Cumplimiento (UC) en constituirse en Costa Rica y América Latina. En este contexto, las empresas COCOCO, Electrónica Daytron, Epson, GBM, Grupo CESA, Grupo Monge, INTCOMEX, Panasonic, Ricoh y Grupo Sasso, con el apoyo de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR), la cooperación holandesa y alemana, fundaron ASEGIRE en el 2009.

La asociación fue creada para procurar que los generadores de RAEE, aplicaran y cumplieran con la regulación nacional en materia de gestión de RAEE. Actualmente, aglutina a más de 100 empresas y no sólo se limita a trabajar con el sector importador y/o productor de AEE, sino que se cuenta con empresas de otras ramas productivas que se ven atraídas por el modelo de gestión de la asociación.

4. Generadores/consumidores/compradores: están en la obligación de entregar los RAEE en sitios autorizados (sea en una unidad de cumplimiento, un evento de recolección y/o ante un gestor autorizado) y asumir las consecuencias de no ponerlos en sitios adecuados.
5. Gestores Autorizados de residuos: deben estar “registrados ante el Ministerio de Salud, y cumplir con la legislación, garantizando el tratamiento ambiental y sanitariamente seguro de los RAEE, además de tener un sistema de registro de movimiento de los RAEE” (Segura, 2021, p.68). Están en la obligación de preparar un reporte anual sobre los volúmenes y tipos de RAEE que gestionan y su presentación ante el MS. Pueden encargarse de una etapa de la gestión integral de residuos (GIRE) o de la cadena completa.

Otros actores que muchas veces trabajan de la mano con los gestores son los centros de recuperación, las empresas recicladoras y los transportistas (Segura, 2021). Todos estos deben ser

gestores autorizados. Adicionalmente, se pueden identificar actores como los importadores, comercializadores, distribuidores, productores/fabricantes y talleres de reparación.

Las capacidades de procesamiento y gestión de algunos de los gestores autorizados en Costa Rica, ha hecho que empresas fabricantes e importadores con operaciones en la región deseen gestionar los RAEE generados en otros países con gestores autorizados de Costa Rica (Ministerio de Salud, 2022).

6. **Municipalidades:** les corresponde asegurar que los residuos especiales no entren en el flujo de residuos ordinarios y también deben apoyar las iniciativas cantonales que promuevan la gestión integral de los RAEE.

La gestión integral de RAEE en Costa Rica

En Costa Rica la gestión integral de RAEE comprende distintas etapas, iniciando con la generación del RAEE por parte de la persona consumidora y finalizando en una fase de valorización que varía en función de si el aparato y sus fracciones y componentes serán reutilizados, reparados, exportados, dispuestos y/o al mismo se le recuperarán componentes valiosos que puedan ser reinsertados nuevamente en la cadena productiva.

Figura 6. Proceso general de gestión de RAEE en Costa Rica



Fuente: Tomado del Ministerio de Salud de Costa Rica, 2023.

Nótese que la recepción/almacenamiento temporal puede estar a cargo de los importadores, comercializadores o gestores autorizados en el país. Estos pueden abrir puntos de recepción temporal o permanentes como los del Mapa de Puntos RAEE (<https://oges.ministeriodesalud.go.cr/visores/catalogo/recoleccion/recoleccion.html>), llevar a cabo eventos de recolección o crear centros de recuperación de residuos valorizados o centros de acopio (según lo establecido en la legislación costarricense). En dichos espacios, se acopian o almacenan los RAEE y están a la espera de su tratamiento.

El tratamiento debe implicar, clasificación por tipo, desensamblaje para descontaminar y promover el mayor aprovechamiento, lo cual suele ser realizado por gestores autorizados por el grado de especialización técnica que se requiere para llevar a cabo estos procesos. Es importante recordar que los gestores deben garantizar la trazabilidad de estos procedimientos, es decir que deben ser capaces de informar sobre la ubicación y trayectoria de un AEE y/o un RAEE, entre otros aspectos. Además, deben velar porque sus instalaciones cumplan con los “requerimientos técnicos y de seguridad para asegurar que el tratamiento de estos residuos no se convierta en un problema de salud, ni una amenaza para el ambiente” (Miranda, 2021, p.39).

Si los RAEE o sus componentes y fracciones se exportan (aprovechables y peligrosos), los gestores autorizados deben cumplir con los lineamientos establecidos en el Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación y el Reglamento General a la Ley de Gestión Integral de Residuos (Decreto 37567-S-MINAE-H).

Infraestructura del sistema de gestión de RAEE en Costa Rica

Este video puede ser útil <https://youtu.be/tRppM-eD9AA>

En línea con el sistema de gestión descrito, Costa Rica contaba con la siguiente infraestructura para la gestión de RAEE cuenta con:

- 230 unidades de Cumplimiento (UC), las cuales aglutinan a 362 productores e importadores de AEE (poco más del 10% de las empresas que colocan AEE en el mercado nacional).¹²
- 53 gestores autorizados para gestionar RAEE. Este tipo de organizaciones “pueden transportar, almacenar y dismantelar para valoración de los RAEE” (Ministerio de Salud, 2022, p.20)¹³, dependiendo de la autorización que tengan.
- Más de 320 puntos de recepción de RAEE, la cual puede ser consulta en el mapa: <https://oges.ministeriodesalud.go.cr/visores/catalogo/recoleccion/recoleccion.html>
- El sector informal desarrolla procesos de recuperación y reciclaje inapropiados, lo que obliga a “integrar a estos actores con la REP a fin de evitar una mayor proliferación de estas prácticas y prevenir mayores impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública” (Ministerio de Salud, 2022, p.20).
- No se cuenta con “soluciones integrales en un mercado pequeño, para algunas fracciones peligrosas o componentes complejos, como las pilas secas, los fluorescentes, los vidrios de monitores y pantallas de tubos de rayos catódicos y los plásticos con retardantes de llama bromados tipo Contaminante Orgánicos Persistentes (COP)” (Ministerio de Salud, 2022, p.20) en el país. Esto hace que se tenga que “recurrir a la costosa exportación, y eso es un elemento que tiene relación con la capacidad y eficiencia del sistema nacional” (Ministerio de Salud, 2022, p.20).

¹²En el 2019, las UC de RAEE “propusieron una meta de recuperación ponderada de 2,3% de lo puesto en el mercado (POM), y lograron 1,6% de lo declarado como puesto en el mercado en ese año” (Ministerio de Salud, 2022, p.20).

¹³“Entre sus retos comunes se asocia con asegurar un nivel de gestión mínimo” (Ministerio de Salud, 2022, p.20).

MÓDULO 3: RIESGOS DERIVADOS DE LA INADECUADA GESTIÓN DE RAEE

La dependencia tecnológica actual que tenemos hacia los AEE ha generado un problema ambiental relacionado con el vertido inadecuado de los RAEE, lo que puede provocar “consecuencias devastadoras para el Medio Ambiente y la salud pública” (RAEE Andalucía, s.f., párr.1).

Es importante señalar que los RAEE en condiciones normales y controladas, no representan ningún peligro, aun cuando en su composición posean sustancias tóxicas para el ambiente y la salud humana, en su mayoría, estas están contenidas en las estructuras de los equipos de modo que no hay riesgo de exposición humana o emisión al ambiente por su uso en un contacto normal directo.

Sin embargo, si los RAEE llegan a desensamblarse de manera inadecuada, por ejemplo, electrodomésticos desarmados, lámparas quebradas, baterías abiertas y otros equipos internos expuestos, dichos RAEE cambian su categoría a residuos peligrosos, y deben de manejarse como tales (Miranda, 2021, p.34).

Todos los RAEE, sin excepción contienen partes, fracciones y componentes peligrosos.

Por lo anterior, los RAEE deben ser sometidos a procesos de descontaminación, para que se puedan eliminar adecuadamente los elementos peligrosos de los mismos y se puedan recuperar los componentes que pueden ser reciclados (Wagner et. al, 2022). Es aquí donde se empieza a hablar de la gestión de RAEE, la cual puede ser ambientalmente racional o no. Si no lo es, esta puede “causar daños al medio ambiente al no ser tratadas las sustancias peligrosas de los residuos electrónicos” (Wagner et. al, 2022, p.29).

Ejemplos de prácticas inadecuadas en el manejo de los RAEE pueden ser:

- *Mezcla con residuos domiciliarios por lo que pueden terminar en rellenos sanitarios o vertederos.*
- *Mezcla con chatarra metálica, siendo reciclada junto con materiales que no siempre pueden ser reciclados y dejando sin tratar los componentes peligrosos.*

3.1. Componentes peligrosos que están presentes en los RAEE

Los componentes peligrosos y/o contaminantes que están presentes en los RAEE se pueden clasificar de dos formas (Salhofer, 2022):

1. **Contaminantes primarios:** derivan directamente de los RAEE (por ejemplo, los metales pesados) y su eliminación en vertederos sin tratamiento previo puede causar problemas ambientales y de salud.
2. **Contaminantes secundarios:** surgen de los procesos de tratamiento a los que pueden ser sometidos los RAEE. En este caso, se encuentran las emisiones que suceden por la quema a cielo abierto de RAEE o sus partes, fracciones o componentes y que pueden llevar a la

atmósfera dioxinas. También las emisiones de lixiviación ácida (proceso usado cuando se intenta extraer metales como el zinc, uranio, níquel, cobalto), las emisiones de cloro y de otros residuos que tienen metales pesados, entre otros procesos.

Algunas de las sustancias peligrosas que pueden encontrarse en los RAEE y que pueden ser liberados a la atmósfera, el agua y/o la tierra si estos no son debidamente gestionados y tratados, son (Ecolec, 2024 y Salhofer, 2022):

- Metales pesados (por ejemplo, plomo, cadmio, mercurio, arsénico) contenidos en placas de circuitos.
- Gases de equipos de aire acondicionado y equipos de refrigeración. Son sustancias que “afectan el calentamiento global como los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofluorocarbonos (HFC), hidrocarburos (HC) o amoníaco (NH₃)” (Ecolec, 2024, párr. 6).
- Tubos de rayos catódicos (presentes en todos los TV y monitores de cajón) y baterías.
- Materiales como el fósforo, cromo, litio y el níquel metal.
- Aceites peligrosos y gases que dañan la capa de ozono.
- Retardantes de llama bromados utilizados en placas de circuito impreso, cables y algunas carcasas de plástico.



Muchos de estos “elementos pueden encontrarse en los esqueletos de los móviles, e incluso en los acabados de las tablets, o en las baterías de los patinetes eléctricos”¹⁴ (RAEE Andalucía, s.f., párr.4).

¹⁴ También llamados scooters eléctricos.

Si estas sustancias no son recuperadas y procesadas de manera segura pueden terminar en vertederos ilegales y pueden llegar a filtrarse en los terrenos y a los acuíferos (FECE, 2023). El impacto de una inadecuada gestión puede generar situaciones como las siguientes:

1. Cuando una refrigeradora no es dispuesta ni tratada de una forma adecuada puede llegar a emitir unos 15.000 kilogramos de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
2. El fósforo presente en un televisor puede “contaminar hasta 80.000 litros de agua” (Ecolec, 2023, párr.22).



Los componentes peligrosos pueden convertirse en un problema si no se tratan adecuadamente. Hay estudios que demuestran la correlación entre la exposición a componentes peligrosos de los RAEE y el nivel de sustancias químicas y otros materiales tóxicos presentes en el cuerpo humano (Specker, 2022).

3.2. Impacto a la salud humana

Desde el punto de vista de la salud humana, los RAEE constituyen un peligro por la presencia de elementos que pueden ocasionar daños neurológicos, inmunológicos y severas lesiones cutáneas. Estos riesgos pueden ocurrir si se da un mal manejo de los RAEE y hay exposición (poca o mucha), sobre todo cuando son “desmontados en condiciones peligrosas y sin las medidas de protección adecuadas para recuperar materiales valiosos [o cuando llegan al suelo, el agua o el aire circundante a comunidades o que luego entra en contacto con nosotros]¹⁵. Esto expone a los trabajadores y las comunidades cercanas a sustancias tóxicas, lo que puede causar problemas de salud a largo plazo y agravar la pobreza y la desigualdad” (RAEE, s.f., párr.4).

Figura 7. **Desmantelamiento y manejo inadecuado de RAEE (Vietnam)**¹⁶

¹⁵ Esto fue introducido y no corresponde a la redacción original empleada en el texto que fue referenciado.

¹⁶ Los RAEE se desmantelan y clasifican manualmente en partes, mientras que los trabajadores tienen poco o ningún equipo de protección. En Vietnam se han creado aldeas artesanales y antes estuvieron en China y



Tomado de: Salhofer, 2022.

Nota: Este tipo de procesos los realizan los recolectores de base que perifonean, porque de los residuos que recolectan solo les reciben las fracciones valiosas. Quienes reciben estas fracciones no están en disposición y muchas veces no tienen capacidades para tratar los componentes peligrosos.

Manipular RAEE sin el conocimiento, los equipos y condiciones de seguridad mínima puede acarrear problemas de salud, sobre todo para quienes deben trabajar en procesos de separación que buscan extraer ciertos componentes. Entre los principales riesgos se encuentran los de la tabla 1.

Tabla 1. Riesgos para la salud por manipulación de RAEE

Tipo de residuo	Peligros
RAEE con gases en su interior	Cortes en la piel Asfixia por inhalación de gases Congelaciones por contacto directo con líquido Explosión a altas temperaturas por exposición a fuentes de calor, chispas, llama abierta y/o superficies calientes
Pantallas y monitores	Irritación por exposición directa a compuestos de plomo (irritación por inhalarlo, por ingestión, contacto ocular y/o dérmico) Cortes en la piel
Lámparas con residuos peligrosos en su interior	Rotura de la lámpara, lo que puede provocar liberación de mercurio que queda en la atmósfera antes de depositarse y puede hacer que el mercurio se transporte luego de la fuente de emisión. El mercurio puede dañar los riñones, el hígado, el estómago, los intestinos, pulmones e impacta de manera especial al sistema nervioso.
RAEE con residuos peligrosos en su interior	Cortes en la piel Exposición a compuestos de cadmio, litio níquel y otros componentes que tengan pilas o baterías dentro de los RAEE.

Fuente: Elaboración propia con base a Clerc, et. al, (2021).

Ghana, con una profesión separada de las actividades agrícolas para la fabricación/procesamiento independiente. Este nicho laboral resulta sumamente atractivo para las personas y representa una de las principales fuentes de ingresos para los habitantes de estas aldeas (Salhofer, 2022).

Otro de los riesgos más importantes lo representa la exposición a retardantes de llama bromados (BFR por sus siglas en inglés) y dioxinas y furanos, que son sustancias del tipo de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). Esto quiere decir que tienen **baja biodegradabilidad** (que el material puede ser biodegradado) y **alto potencial de bioacumulación** -acumulación de sustancias químicas en el cuerpo humano, alcanzando concentraciones más altas que las del medioambiente- (Salhofer, 2022).

Una persona puede verse expuesta a BFRs, dioxinas y furanos mediante (Salhofer, 2022):

- La inhalación directa de dioxinas y furanos.
- Consumo de vegetales que han crecido/sido cultivados cerca de fuentes de dioxinas.
- Consumo de carne y pescado contaminados.
- Consumo de productos animales contaminados (leche, huevos).

Un estudio realizado en Ghana examinó los efectos de las dioxinas en la salud humana y demostró que a corto plazo las personas pueden experimentar cambios en la piel, cloroacné, alteraciones hepáticas y oscurecimiento irregular de la piel. Además, a largo plazo pueden llegar a generarse afectaciones en:

- Sistema inmunológico y nervioso.
- Sistema endocrino y reproductivo.
- Inducir al desarrollo de varios tipos de cáncer.

IMPACTOS A LA SALUD HUMANA

Manipular los RAEE sin los equipos y condiciones de seguridad puede generar problemas de salud para quienes trabajan en la separación y desmantelamiento.

TIPOS DE AFECTACIONES

Daños a los sistemas:

- Neurológico.
- Inmunológico.
- Endocrino.
- Reproductivo.
- Lesiones cutáneas.

Contaminantes Orgánicos Persistentes

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) son “compuestos orgánicos resistentes a la degradación ambiental mediante procesos químicos, biológicos y fotolíticos” (Wagner et. al, 2022, p.20). Estos pueden producirse a partir de diversos procesos industriales para fabricar aparatos y/o elaborar productos químicos. Surgen como residuos a partir de los procesos de combustión que se generan o por la creación de productos.

Están presentes en pesticidas, productos químicos industriales y subproductos industriales. Los COP se acumulan en los sedimentos y el agua, además se introducen en la cadena alimentaria, los ecosistemas y el cuerpo humano.

Las principales afectaciones que pueden generar “incluyen el cáncer, alergias, hipersensibilidad, daños en el sistema nervioso central y periférico, trastornos reproductivos y alteraciones del sistema inmunitario” (Wagner et. al, 2022, p.20). Además, de daños al sistema reproductivo y el funcionamiento hormonal de las personas al alterar el sistema endocrino. Aunque los COP se utilizan desde hace varias décadas, es hasta hace poco que se han conocido su alta toxicidad y los efectos adversos que puede tener en la salud.

Lo anterior ha llevado a que los Estados limiten o prohíban la producción, uso y liberación de los COP al medio ambiente, así como a considerarles como residuos de manejo especial ya que:

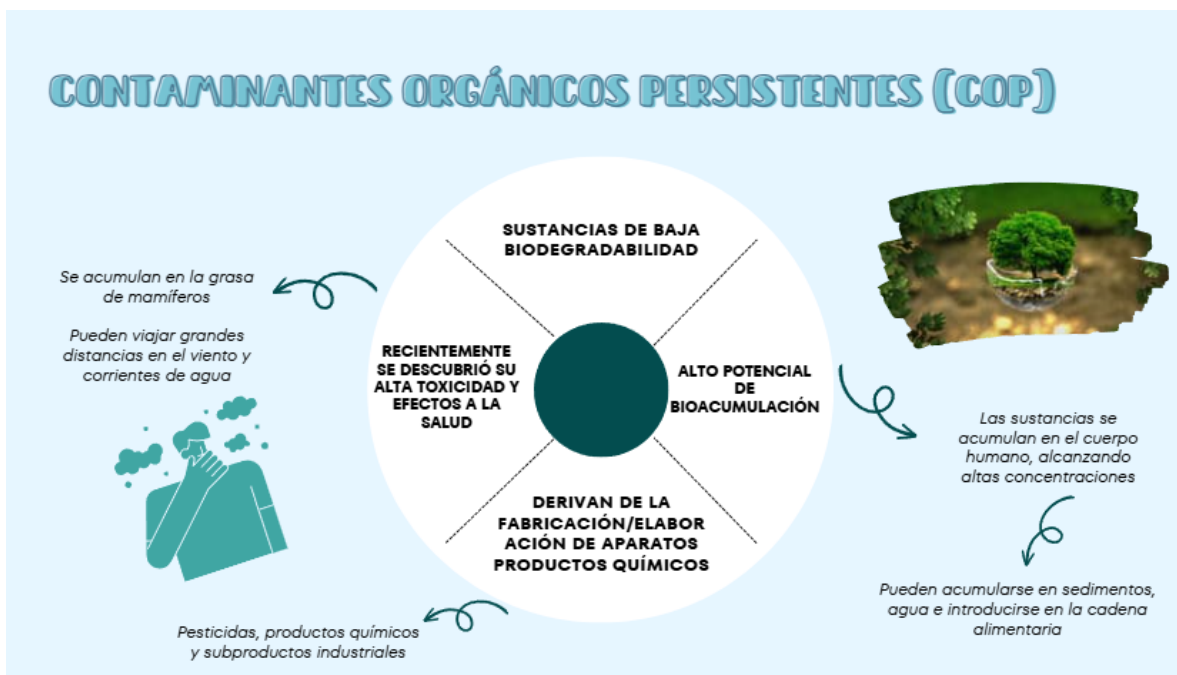
- ✓ Pueden permanecer en los suelos, sedimentos y el aire.
- ✓ Son altamente tóxicos y se acumulan en la grasa corporal de los mamíferos.
- ✓ Se puede transmitir de la madre al feto.
- ✓ Tienen capacidad de recorrer grandes distancias en el viento y las corrientes de agua, lo que ha hecho que hoy estén presentes en todas partes.

Es posible encontrar COP hasta en los lugares más remotos del mundo, inclusive en sitios que aún no ha utilizado productos que contengan COP. Actualmente, hay una enorme acumulación de COP en poblaciones del Ártico (Groenlandia y Alaska) (Specker, 2022).

Algunos de los COP que pueden tener los RAEE son “los PCB, los éteres difenólicos polibromados (PBDE) y otros retardantes de llama halogenados” (Wagner et. al, 2022, p.21). El uso de retardantes de llama bromados (BFR) u otros retardantes de llama es usual en los AEE ya que estos “sirven para disminuir el riesgo de incendio aumentando la resistencia al fuego de los materiales a los que se aplican” (Wagner et. al, 2022, p.21).

De hecho, se estima que el 25% del peso de los RAEE corresponde a plásticos que están presentes bajo la forma de distintos polímeros. El problema de esto es que muchos de esos plásticos tienen “una amplia gama de aditivos como retardantes de llama, rellenos, pigmentos y estabilizadores, que en conjunto repercuten en el reciclaje de plásticos” (Wagner et. al, 2022, p.21).

Entre los principales aditivos de los plásticos se encuentra metales pesados (como el cadmio y el plomo), retardantes de llama y los ftalatos de bajo peso molecular (como el DEHP, BBP, DBP y DIBP), entre otros (Wagner et. al, 2022). En regiones como América Latina, no se tienen datos suficientes para determinar el nivel de los COP contenidos en los plásticos presentes en los RAEE generados en la zona (Wagner et. al, 2022).



3.3. Afectaciones en el ambiente (suelos, aire, agua, biodiversidad)

Una mala gestión de los RAEE representa un grave riesgo para el medio ambiente, pues si los RAEE son dispuestos en vertederos o abandonados en la naturaleza, los materiales peligrosos “pueden filtrarse y contaminar los suelos y las fuentes de agua. Esto no solo afecta a la flora y fauna locales, sino que también puede entrar en la cadena alimentaria, representando un grave riesgo para nuestra salud” (RAEE Andalucía, s.f., párr.2).

Cuando se vierten de manera inadecuada los RAEE, se produce una pérdida de materiales/componentes valiosos ya que esos “dispositivos contienen metales preciosos y materiales recuperables que podría ser reutilizados en la fabricación de nuevos productos” (RAEE Andalucía, s.f., párr.3). Esto produce un desperdicio de recursos e incrementa la extracción de materias primas de la tierra, generando un agotamiento de los recursos naturales.

Las prácticas informales en la gestión del RAEE pueden generar emisiones a la atmósfera, sobre todo con la **quema** al aire libre **y la fundición** de los RAEE. Las partículas que quedan suspendidas en el aire durante dichos procedimientos provocan una exposición a humos tóxicos que afecta a quienes participan del procesamiento de los RAEE y a quienes viven en las cercanías de los centros informales de desmantelamiento y recuperación (Salhofer, 2022).

Muchas veces los plásticos presentes en los RAEE suelen ser quemados para deshacerse de las carcasas que cubren las computadoras (u otros dispositivos) o para recuperar ciertos metales presentes en chips electrónicos (por ejemplo, en los circuitos integrados), lo que puede liberar metales tóxicos a la atmósfera. Estos metales generan humos tóxicos que pueden tener dioxinas y furanos polihalogenados derivados del proceso de combustión (Salhofer, 2022). Además, para hacer las quemas se pueden emplear sustancias como combustibles, lo que contribuye a incrementar las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Miranda, 2021).

Algunos ejemplos de prácticas con impacto ambiental son:

- Quema al aire libre de plásticos que tienen metales pesados y retardantes de llama (liberan emisiones tóxicas al aire).
- Quema de cables para extraer los alambres de cobre.
- Quema para deshacer plásticos sin valor.
- Se cocinan placas de circuitos al aire libre o en ollas poco profundas, lo que genera una alta exposición a los vapores de plomo.
- Se cocinan/calientan o queman placas de circuito impreso para recuperar metales valiosos.
- Se calientan las placas de circuitos para aflojar circuitos integrados y otros componentes, lo que libera metales pesados como mercurio, plomo y cromo al medio ambiente.

El desmantelamiento y recuperación de materiales desde el sector informal, tiende a acrecentar el riesgo a exposición a estas sustancias. De hecho, cerca de los sitios manejados por el sector informal pueden encontrarse tóxicos contaminantes en plantas, animales y personas. Asimismo, los alimentos y cuerpos de agua cercanos a sitios informales suelen presentar altas concentraciones de plomo, cadmio, cobre y otras sustancias tóxicas (Specker, 2022).

Se ha demostrado en diversos estudios que las actividades informales de desensamble de RAEE suelen ser realizadas por personas de escasos recursos económicos, sin adecuadas medidas de seguridad y para quienes representan un medio de vida. Este tipo de actividades han sido

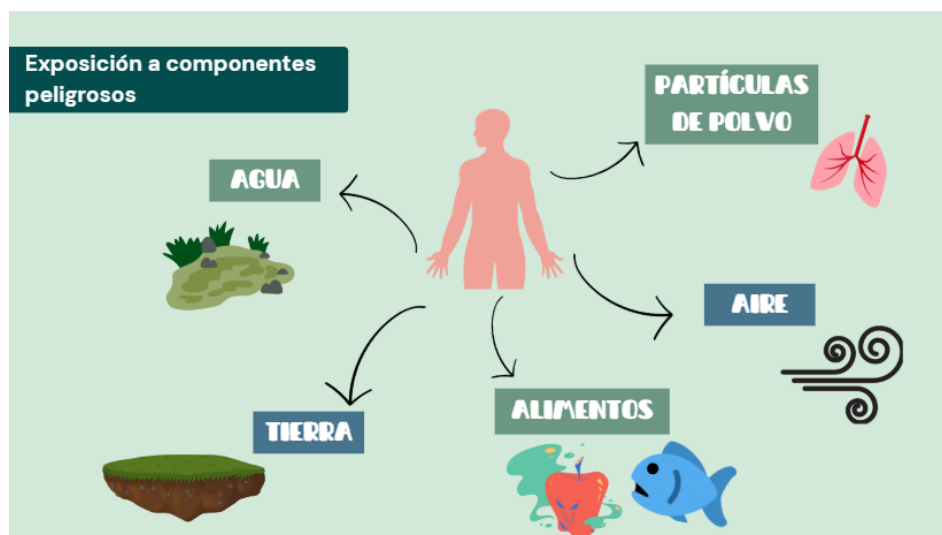
incentivadas por el “aumento de los precios de los metales, en particular de cobre, níquel, oro, plata, hierro y aluminio. Estos metales pueden ser extraídos y vendidos localmente para ser exportados a los mercados globales” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, p.14).

La eliminación de ácidos lixiviantes para extraer ciertos metales de los RAEE, también representa un riesgo si estos no son eliminados de la forma adecuada. Los baños ácidos que se emplean para extraer materiales como oro de las placas de circuito, libera gases tóxicos al aire y genera un riesgo para las personas si dichos gases son inhalados. Esto también representa un peligro, sobre todo si los ácidos concentrados son arrojados a terrenos abiertos que van a dar a cuerpos de agua superficiales (Salhofer, 2022).



A partir de lo anterior resulta evidente que tanto comunidades como personas trabajadoras pueden ser expuestas a componentes peligrosos presentes en los RAEE. Esto puede ocurrir por distintas vías, sea por la ingesta de agua y alimentos contaminados, la inhalación de aire (humos tóxicos) o la aspiración de micropartículas/polvos aspirados (Specker, 2022).

Figura 8. Exposición a componentes peligrosos



Fuente: Tomado de Specker, 2022.

Uno de los riesgos de contaminación y exposición más frecuentes en Costa Rica es la inadecuada disposición en el suelo (a orillas de los caminos, lotes y ríos) de las fracciones peligrosas de los fluorescentes, televisores con cajón (CRT con emisiones de plomo Pb) y gases refrigerantes, entre muchos otros.

Regulando el manejo de los componentes peligrosos

Las situaciones y los impactos descritos en la sección muestran que los RAEE necesitan de un cuidado especial, no sólo en su tratamiento y reciclaje, sino también en el resto de los procesos de recogida, almacenamiento y transporte. Todas las etapas de la gestión de estos aparatos deben hacerse en unas condiciones que garanticen su seguridad, sin mezclarse con otros flujos de residuos (recogida separada) y evitar manipulaciones o roturas que puedan liberar las sustancias peligrosas al medio ambiente. (Ecolec, 2024, párr.27).

Este panorama evidencia la necesidad de establecer orientaciones que definan el modo como los RAEE deben ser gestionados y ello, ha llevado a la creación de normativa y políticas a través de las cuales se busca afrontar los efectos adversos transferidos al medio ambiente y salud humana (Castro-Obando, 2021). En Costa Rica, estamos actualizando la Guía Técnica de RAEE, pero ya tenemos una que se mencionó anteriormente.

Los peligros que puede ocasionar el manejo inadecuado de los RAEE ha llevado a los Estados a adoptar normas para proteger el medio ambiente y la salud humana sobre todo ante la presencia de productos químicos y residuos peligrosos como los metales pesados y los COP. En ese sentido, algunas de las principales normas que regulan el tema a nivel internacional son:

- Convenio de Basilea sobre Control Fronterizo de Desechos Peligrosos y su Eliminación.
- Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.
- Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional.

MÓDULO 4: RESPONSABILIDAD E IMPACTO DE LA PERSONA CONSUMIDORA SOBRE LAS TENDENCIAS DE PRODUCCIÓN DE LOS AEE

El incremento en la cantidad de los residuos que producimos representa uno de los problemas ambientales más importantes de nuestra época. Esta situación se ha agravado por la existencia de un modelo de desarrollo económico “que se basa en un sistema lineal de hiperproducción e hiperconsumo que provoca que la generación y acumulación de materiales residuales aumente cada año en el mundo” (Miranda, 2021, p.30).

Aunque este modelo productivo está presente desde la primera Revolución Industrial, este se expandió después de 1950 al resto del mundo, generando un impacto ambiental también creciente, al provocar un incremento significativo de los gases de efecto invernadero, un aumento en la contaminación de los ríos, lagos y mares, la desaparición de bosques, arrecifes y

otros hábitats y el despojo de servicios ambientales básicos a comunidades enteras como: el acceso a agua limpia, a tierra fértil y a un ambiente sano (Miranda, 2021, p.30).

Hay que mencionar que producto de lo anterior, se percibe con el aumento de alergias, padecimientos inmunológicos, afectaciones hormonales, entre otros.

La necesidad que han tenido las empresas e industrias de ser más competitivas las ha llevado a buscar estrategias para reducir los tiempos de producción y crear productos que sean rentables y atractivos o accesibles para los clientes, más y más con el desarrollo de países emergentes, que representan mercados muy grandes y atractivos (China, India, Brasil, México y varios más del Sudeste Asiático). Esto no solo ha estimulado el diseño de productos novedosos, sino también ha llevado a mantener la

dinámica de los mercados a partir de la creación de necesidades a través de la homogeneización e internacionalización de los patrones de consumo, que busca unificar las necesidades creadas de la gente, estableciendo las mismas pautas y los mismos usos a nivel mundial (Miranda, 2021, p.30).

Este modelo productivo promueve la producción en masa, la explotación desmedida de los recursos naturales y la fabricación de productos con materiales de corta duración y/o inclusive desechables. Todo esto fomenta prácticas consumistas que nos incitan a comprar, usar, tirar y comprar de nuevo (BBVA, 2024).

4.1. Obsolescencia de los AEE

Una de las formas de continuar perpetuando este estilo productivo es la obsolescencia de los aparatos y bienes de consumo que se fabrican, acortando sus ciclos de vida. Es aquí cuando tiene sentido referirse al tema la **obsolescencia programada**.

La **obsolescencia programada** refiere a la “decisión consciente de producir un bien para que “tenga una vida útil delimitada de antemano, y tras ese instante, pierda su calidad, funcionalidad y utilidad, forzando al consumidor a sustituirlo por uno nuevo” (BBVA, 2024, párr.3). Esto puede lograrse mediante el uso de “materiales menos consistentes, menos duraderos, baterías agotables o, incluso, introduciendo chips con contadores que limiten el uso hasta un determinado número de veces” (Miranda, 2021, p.30).

Las bombillas y la obsolescencia programada

En términos históricos, la bombilla supone el primer caso registrado de obsolescencia programada. Cerca de 30 años después de su invención, los fabricantes habían alcanzado tal perfección en el diseño y concepción de bombillas que cada una de ellas podía funcionar durante casi 2.500 horas. Lejos de considerarlo un éxito para la industria, esta longevidad de las bombillas ponía en riesgo el modelo de negocio, ya que no había demanda suficiente que sostuviera todos los costes fijos imprescindibles para obtener la materia prima y pagar a los trabajadores.

De este modo, los fabricantes decidieron empezar a acortar el tiempo de vida útil de sus productos y, desde entonces, las bombillas se funden, se queman, en hogares del mundo entero y hay que cambiarlas cada cierto tiempo.

Tomado de: BBVA, 2024.

Este tipo de obsolescencia está presente en todos los sectores productivos, porque permite que las empresas reduzcan sus costes productivos y aseguren la demanda de sus productos en el mercado, lo que implica que motivaciones comerciales y económicas están detrás del fenómeno. Esta práctica no solo afecta el bolsillo de las personas consumidoras, sino que también implica la sobreexplotación de los recursos naturales y “la generación de inmensas cantidades de residuos tóxicos para el entorno cuando estos productos se vuelven inservibles” (BBVA, 2024, párr.2).

Hay distintos tipos de obsolescencia programada, entre los cuales pueden mencionarse:

- Obsolescencia funcional: ocurre cuando las fallas en un aparato suceden porque el “fabricante lo diseñó para que dejara de funcionar a partir de un determinado momento” (BBVA, 2024, párr.7). Las baterías de los teléfonos celulares que al año de adquiridas y empiezan a dar problemas, representan un ejemplo de esta índole.
- Obsolescencia tecnológica: implica la “incorporación a los productos de tecnología desfasada que enseguida queda obsoleta e inoperante” (BBVA, 2024, párr.8). Puede ocurrir porque los fabricantes deciden cambiar una tecnología por otra y con ello obligar a que las personas consumidoras a que desechen los productos actuales porque ya no hay posibilidad de actualizad dicha tecnología.

Un ejemplo sucede cuando el sistema operativo de los teléfonos móviles y computadoras deja de funcionar porque es una versión inferior a la que tienen aparatos más recientes, también cuando un automóvil se avería y se experimentan dificultades para encontrar

piezas de repuesto adecuadas para determinados modelos lanzados al mercado hace apenas unos años. Y es que las grandes marcas de coches dejan de fabricar recambios debido a que ya no les sale rentable su producción, por lo que concentran toda su fuerza de trabajo en vehículos nuevos, dejando a los conductores sin otra alternativa que la sustitución del coche (BBVA, 2024, párr.12).

- Obsolescencia de diseño/psicológica o percibida: actúa sobre la mente de la persona consumidora porque hace que esta perciba un producto como obsoleto, solo porque ha pasado de moda. Incita el “deseo de poseer una cosa un poco más nueva, un poco mejor y un poco antes de que sea necesario” (Miranda, 2021, p.30). Este tipo de obsolescencia está muy presente en el sector de la moda y los textiles, pero no son los únicos.

Además de los factores mencionados, la obsolescencia programada también se debe a cuestiones diversas como las que ilustra la figura 9.

Figura 9. **Causas de la obsolescencia programada**



Fuente: Elaboración propia con base a BBVA, 2024.

¿Qué podemos hacer frente a la obsolescencia programada?

A pesar de que estas prácticas productivas condicionan la durabilidad de los productos y bienes que son puestos al mercado, esto no significa que no podamos hacer algo frente a las mismas. Desde este punto de vista podemos implementar prácticas personales como las siguientes:

- Tener un consumo más sostenible, procurando reducir la cantidad de residuos que generamos diariamente.
- Adoptar patrones de consumo que fomenten la **Alargascencia**, es decir que extiendan la vida útil de los productos y bienes que utilizamos diariamente.
- Evitar disponer cualquier producto que se pueda reutilizar o reparar. Muchos aparatos “pueden ser arreglados y seguir funcionando durante más tiempo” (BBVA, 2024, párr.14).
- Cuando sea necesario adquirir ciertos productos, se puede apostar por la compra de artículos de segunda mano y/o reparados.
- Reciclar, ya que “correctamente separados en sus contenedores pertinentes, la materia orgánica, el vidrio, los envases, los aparatos electrónicos, el papel y cartón conforman la base a partir de la cual dar forma a miles de nuevos objetos, sin necesidad de extraer más materias primas del ecosistema” (BBVA, 2024, párr.15).

Vida útil de un producto

Es el tiempo que transcurre desde que un producto es puesto en el mercado hasta que este ya no es utilizado más por su propietario o usuario y se convierte en un RAEE. Esta comprende el almacenamiento del equipo, así como el traslado del mismo a otro propietario en caso de que el producto sea reutilizado (Wagner et. al, 2022).

Una forma en la que las empresas pueden contribuir a la gestión de RAEE es con la creación y diseño de “productos más sostenibles, facilitando la recolección y el reciclaje de sus productos y optando por prácticas de economía circular” (RAEE Andalucía, s.f., párr. 5).

4.2. Durabilidad y reparabilidad de los AEE

Las implicaciones sobre la obsolescencia programada han llevado a discusiones sobre la durabilidad de los aparatos, así como a encontrar soluciones que provengan desde el lado de los fabricantes. Es así como en los últimos años se ha comenzado a hablar sobre la reparabilidad, la actualización y la eficiencia energética. Todos estos términos han sido puestos sobre la mesa como prácticas productivas para hacer los aparatos más eficientes y reducir el impacto ambiental que genera la producción de aparatos con ciclos de vida cada vez más cortos. Pero ¿en qué consiste cada práctica?, ¿qué la caracteriza? Y ¿qué ventajas aporta?

La **reparabilidad de aparatos** refiere a las condiciones y procesos que ayudan a alargar la vida útil de un AEE. Este concepto plantea que los

dispositivos [eléctricos y]¹⁷ electrónicos deben diseñarse de manera que permitan repararlos cuando se rompen o fallan, en lugar de desecharlos y reemplazarlos. Esta práctica se alinea con los principios de una economía circular, donde se maximizan los recursos y se minimizan los residuos (Energy5, 2023, párr.35).

Hay propuestas de que la reparación posterior a la garantía pueda ser reconocida sobre el cumplimiento de metas de recolección de RAEE, evitando la generación.

Representa un cambio de mentalidad que responde a preocupaciones ambientales y a las presiones ejercidas por las personas consumidoras para buscar aparatos tecnológicos que sean fáciles de reparar. Todo tipo de aparatos pueden ser reparados, sean estos AEE pequeños como teléfonos y computadoras portátiles, así como “electrodomésticos más grandes, como refrigeradores y lavadoras” (Energy5, 2023, párr.19).

La reparación puede ser muy desafiante porque ciertos aparatos pueden tener componentes patentados que no pueden ser conseguidos fácilmente y/o porque ciertos dispositivos pueden haber sido diseñados para ser desechados rápidamente. Sin embargo, esta práctica ofrece múltiples ventajas entre las que pueden mencionarse:

- **Extensión de la vida útil de los aparatos**, pues al ser reparados cuando se presenten problemas, esto disminuye “la necesidad de reemplazos frecuentes y, en última instancia, reduce” (Energy5, 2023, párr.4) la generación de RAEE.
- **Ahorro de costos**, ya que cuando se invierte en “productos electrónicos reparables, los consumidores pueden ahorrar dinero a largo plazo” (Energy5, 2023, párr.5).

¹⁷ Esto fue introducido y no corresponde a la redacción original empleada en el texto.

- **Disminución del impacto ambiental**, puesto que, al extenderse la vida útil de un aparato, reduce la cantidad de RAEE que terminan generándose. Esto disminuye la cantidad de RAEE que terminan en vertederos y/o no son tratados adecuadamente.
- **Reduce la demanda de productos nuevos**, porque “reparar un dispositivo requiere muchos menos recursos en comparación con fabricar un nuevo, lo que se traduce en una reducción significativa de consumo de energía y de la extracción de materia prima” (Energy5, 2023, párr.36).
- Es una **oportunidad para crear nuevos empleos**, pues el auge en la reparación puede estimular la creación de más “talleres de reparación y centros de servicio, creando nuevas oportunidades laborales. Esto no sólo contribuye a la economía, sino que también fomenta un sentido de participación comunitaria y apoyo local” (Energy5, 2023, párr.38).

Tanto la demanda como la regulación y la iniciativa de las personas consumidoras están apuntando hacia la reparabilidad de los aparatos, por lo que es de esperar que en los próximos años “veamos más dispositivos...diseñados con la intención de facilitar su reparación” (Energy5, 2023, párr.32).

Hay una encuesta más reciente, que soporta la Normativa Europea del “Derecho a Reparar”

Según una encuesta de la Comisión Europea (CE) en el 2014, el 77% de consumidores europeos

preferían reparar los dispositivos que no funcionaban en lugar de adquirir nuevos, siendo la dificultad para repararlos o su excesivo costo los principales motivos para no hacerlo. Además, se observa que cada vez es mayor el número de consumidores dispuestos a reparar sus propios aparatos en el hogar...mostrándose a su vez dispuestos a adquirir productos si se encuentran etiquetados como más duraderos y reparables (Espeleta et. al, 2021, p.4).

Por su parte, la **actualizabilidad** refiere a la capacidad de los aparatos para que estos permitan “a los consumidores actualizar fácilmente componentes específicos de sus dispositivos. Ya sea aumentando la capacidad de RAM, el espacio de almacenamiento o incluso el procesador” (Energy5, 2023, párr.6). Esta capacidad permite:

- **Mejorar el rendimiento de los aparatos**, al posibilitar que estos se personalicen según las necesidades de cada persona y que se actualicen componentes específicos para estar al día con la evolución de la tecnología.
- **Extender la vida útil del aparato**, porque al actualizar ciertos componentes los dispositivos pueden durar más y no hay que incurrir en un cambio completo. A la larga esto ayuda a reducir los RAEE, “amplía el valor de su inversión inicial y hace que la tecnología de alta calidad sea más accesible para una gama más amplia de consumidores” (Energy5, 2023, párr.41).
- Es **más rentable**, ya que no hay que necesidad de comprar un aparato completo, lo que ayuda a tener una “mejor gestión del presupuesto y reduce la carga financiera de mantenerse al día con la última tecnología” (Energy5, 2023, párr.9).

- Hace que los **aparatos** sean **más flexibles y personalizables**, porque las personas pueden adaptar sus dispositivos a las “necesidades cambiantes y los avances tecnológicos. Pueden optar por actualizar solo los componentes que les interesan, lo que proporciona una experiencia personalizada y adaptada” (Energy5, 2023, párr.42).

La **eficiencia energética** es otro de los aspectos que está adquiriendo importancia pues permite que los dispositivos “consuman menos energía y reduzcan las emisiones de carbono” (Energy5, 2023, párr.10).

4.3. Claves para un consumo responsable de los AEE

Sin duda, los AEE hacen nuestras vidas más cómodas y sencillas, sin embargo, como muchos de sus componentes pueden ser contaminantes, es fundamental que todos contribuyamos a la gestión responsable de los RAEE de modo que estos no se conviertan en un problema para el ambiente y nosotros/as mismos. Esto ha llevado a la puesta en práctica de diversas iniciativas por parte de gobiernos, empresas y personas consumidoras, con el fin de ofrecer opciones que permitan ahorro de recursos, la reducción de costos y fomenten el potencial de reparación de los AEE.

4.3.1. Acciones para incentivar el potencial de reparación

Una de las iniciativas destacadas en este ámbito es la promovida por el gobierno español en marzo del 2021, cuando se dio a conocer el **Índice de Reparabilidad**. Esta medición nació como una medida para luchar contra la obsolescencia programada y funciona de manera similar a la herramienta que se adoptó en Francia. Con el índice se busca que las personas consumidoras cuenten con información suficiente para que puedan comprar sus AEE de una manera informada y responsable.

Este índice funciona como un “nuevo etiquetado mediante el cual se clasifican los dispositivos electrónicos con una escala de puntuación de cero a diez, en la que diez es la mejor calificación que se puede conseguir” (Orange, 2021, párr.4). Para esto se examina cada aparato a partir de 5 criterios distintos:

- Que se aporte documentación sobre la reparación y el nivel de detalle.
- Que el producto se pueda desmontar fácilmente.
- Si hay una “alta disponibilidad de piezas de repuesto” (Orange, 2021, párr.6).
- Si no hay grandes diferencias entre el precio entre el producto original y las piezas de repuesto.
- Otros aspectos que sea necesario evaluar en función del producto analizado.

Cabe señalar que estas puntuaciones son “establecidas por los propios fabricantes bajo la supervisión de las autoridades de Consumo, para que sean lo más realistas posible” (Orange, 2021, párr.7).

Otro de los casos destacados es el de la **empresa iFixit**, la cual lidera el movimiento de la reparabilidad y busca que las personas accedan a herramientas, guías y repuestos para que ellos mismos puedan reparar sus dispositivos. Esta empresa fue fundada por dos jóvenes estadounidenses (Kyle Wiens y Luke Soules) cuando encontraron un iBook G3 roto y decidieron tratar de reparar el aparato. Desde ahí “empezaron a recolectar piezas de portátiles parcialmente rotos y a venderlas por Internet” (iFixit, s.f., párr.4) y a partir de eso, comenzaron a desarrollar manuales de reparación que luego subían a Internet.

Prontamente, los procesos de reparación empezaron a enfocarse en dispositivos nuevos y en desmontajes con el fin de identificar qué tan difícil sería repararlos. De ese modo, la empresa comenzó a generar puntuaciones de reparabilidad de los aparatos, para indicar qué tan fácil resulta reparar un aparato. Esto ha hecho que hoy la empresa se haya convertido en una de las comunidades de reparación más grandes del mundo. Además, de las guías de reparación, iFixit también cuenta con insumo para realizar las reparaciones como “piezas de repuesto de calidad, herramientas de precisión especializadas y, lo más importante, guías de reparación paso a paso gratuitas para miles de productos” (iFixit, s.f., párr.1).

Figura 10. Manifiesto de Reparación de la empresa iFixit



Fuente: Tomado de iFixit, s.f.

4.3.2. Medidas para impulsar la responsabilidad de las empresas

Las preocupaciones por la situación ambiental del planeta, junto con el incremento en la demanda de productos más sostenibles, ha llevado a los productores y fabricantes a buscar medios para cambiar y/o adaptar sus métodos de producción (Energy5, 2023). Para apalancar este tipo de transformaciones, los gobiernos han impulsado la adopción del principio de la **Responsabilidad Extendida al Productor (REP)**.

La REP es un enfoque político con el que se pretende reducir el impacto ambiental que generan los “sistemas de productos durante el ciclo de vida completo mediante la extensión de las responsabilidades del fabricante de un producto hacia varias etapas del ciclo de vida del mismo, es especial hacia la retoma, el reciclaje y la disposición final” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, [MAyDS], 2010, p.16). Para esto pueden establecerse obligaciones e instrumentos de carácter político, administrativo, informativo y económico que hacen que los productores piensen en lo que sucede con sus productos y bienes, luego de que estos abandonan sus instalaciones.

Según la REP los productores/fabricantes de AEE deben asumir la responsabilidad financiera/física “de la recogida y el tratamiento o la eliminación de sus productos después del consumo” (Wagner

et. al, 2022, p.29). Esto implica hacerse responsables del proceso de gestión de los residuos, así como del de reciclaje y eliminación de estos después de su uso. Si en un sistema de gestión de residuos -en este caso de RAEE- se aplica la REP se contabilizan los residuos que son recolectados y reciclados de una forma ambientalmente responsable.

Para cumplir con este tipo de obligaciones, los fabricantes deben hacer un análisis minucioso de sus procesos productivos para identificar las “acciones correctivas que mitiguen los impactos perjudiciales de los productos que se colocan en el mercado, considerando el diseño del producto, su fabricación, el uso y manejo de los residuos posconsumo” (MAyDS, 2010, p.16). Esto posibilita que las empresas desarrollen productos y servicios con valor agregado mediante la “oferta de servicios postventa y de disposición de productos” (MAyDS, 2010, p.16).

¿Cómo es aplicada la REP en Costa Rica?

En Costa Rica la REP está establecida en la Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ley 8839) y es entendida como la responsabilidad que tienen los productores o importadores en el país sobre los productos que ponen en el mercado, durante todo el ciclo de vida de dichos productos, incluyendo las fases postindustrial y postconsumo (Segura, 2021).

Como Costa Rica no es un país que produce AEE, el principio de la REP usualmente es aplicado a los importadores, distribuidores y comercializadores de AEE. Esto supone que dichos actores son responsables de financiar los costes ambientales en el precio de mercado del producto (Segura, 2021). También están en la obligación recibir los residuos y gestionarlos mediante el reuso y el reciclaje, lo cual puede ser delegado a una organización de productores (Unidades de Cumplimiento).

Con la aplicación de la REP se busca “combatir los grandes problemas de contaminación terrestre y marina, así como proteger la salud de las personas” (Martínez, 2023, párr.7). Y financiar con el aporte del que demanda, la gestión de residuos y no cargarlo a los impuestos.



4.3.3. Acciones impulsadas desde la persona consumidora

Como consumidores de AEE tenemos una enorme responsabilidad sobre los mismos. La forma como decidamos disponerlos afectará la correcta gestión de los AEE cuando se conviertan en RAEE. Muchas veces, la falta de conocimientos sobre los impactos que ocasiona la mala gestión de los RAEE hace que estos terminen en vertederos y/o mezclados con el flujo de residuos ordinarios. Desde este punto, podemos elegir “productos de empresas que prioricen la reparabilidad y la capacidad de actualización. Al exigir productos electrónicos que puedan repararse y actualizarse fácilmente, enviamos un mensaje poderoso a los fabricantes y los alentamos a adoptar prácticas sostenibles” (Energy5, 2023, párr.47).

El principal rol de la ciudadanía es adquirir conciencia de la manera como disponemos los RAEE y en lugar de tirarlos con los residuos ordinarios podemos:

- Buscar puntos de recolección autorizados (MAPA).
- Participar/inscribirnos en programas de reciclaje locales.

También es importante que antes de que un dispositivo sea convertido en RAEE se deben “borrar los datos personales, y si es posible considerar la posibilidad de donarlo o venderlo para que otra persona pueda darle un nuevo uso” (RAEE Andalucía, s.f., párr.6).

MÓDULO 5: TENDENCIAS PARA LA REGULACIÓN, PRODUCCIÓN Y CONSUMO AUTOSOSTENIBLE DE AEE Y LA GESTIÓN DE RAEE

Ante el reconocimiento de los impactos negativos que puede tener la inadecuada gestión de los RAEE y considerando las nuevas tendencias en materia de fabricación (la reparabilidad, la actualización y la eficiencia energética) es que en años recientes se han generado diversas iniciativas y regulación destinada a “instaurar patrones de producción y de consumo sostenibles en los que se priorice un uso más eficaz y sostenible de recursos” (Espeleta et. al, 2021, p.4).

5.1. Respuesta normativa: la emergencia de nuevas obligaciones y regulaciones

Una de las regiones que más esfuerzos ha realizada para promover prácticas productivas más amigables con el medioambiente ha sido la Unión Europea (UE). La UE cuenta con un *Plan de Acción de Economía Circular* desde el 2015, el cual fue actualizado en el 2020 ¹⁸y fue alineado con el **objetivo de neutralidad climática para el 2050** que dispone el *Pacto Verde Europeo*¹⁹. A partir de esto, la Comisión Europea (CE) propuso distintos paquetes de medidas, con el objetivo de acelerar la transición hacia la economía circular (ver figura 11).

¹⁸ Este plan tiene 7 áreas clave para lograr una transición hacia la economía circular, lo que significa que interviene en sectores como el de “plásticos, textiles, residuos electrónicos, alimentos, agua y nutrientes, embalaje, baterías y vehículos; edificaciones y construcción” (Parlamento Europeo, 2021, párr.10).

¹⁹ El Pacto Verde Europeo fue presentado por la Comisión Europea en el 2019. Este contiene una hoja de ruta en la que se busca que la economía de la Eurozona sea más sostenible, a la vez que se pretende que los retos climáticos sean convertidos en oportunidades y que con ello, se favorezca una transición en la forma como se desarrollan los procesos productivos. Su objetivo es establecer a Europa como el primer continente con cero emisiones al 2050, procurando alcanzar con esto una mejora en la salud y calidad de vida de la población, al tiempo que se cuida el medioambiente (Comisión Europea, 2019). Este busca fomentar “la durabilidad, reutilización, actualización y reparabilidad de los productos” (Espeleta et. al, 2021, p.4).

Figura 11. **Medidas propuestas en el Plan de Acción de Economía Circular de la UE**

Marzo 2022	Octubre 2022	Noviembre 2022
<ul style="list-style-type: none"> • Impulsar la fabricación sostenible. • Capacitar a consumidores para enfrentar la transición ecológica. • Revisar normativas de productos de construcción. • Textiles sostenibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de normas que regulan contaminantes orgánicos persistentes (COPs). • Se busca introducir controles estrictos y eliminar los COPs de la cadena de reciclaje y prohibir ciertas sustancias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se introduce normativa que afecta envases en la UE. • Exige mejora en diseño de envases y el etiquetado claro para fomentar la reutilización y el reciclaje. • Plantea la transición a plásticos de base biológica, biodegradables y compostables.

Fuente: Elaboración propia con base a Parlamento Europeo, 2021.

Otra de las iniciativas que destaca es la **Directiva sobre diseño ecológico (2009/125/CE) (2017/2087(INI))** que introdujo estándares de eficiencia energética y plantea la necesidad de que los fabricantes diseñen productos que puedan ser reparados y fácilmente desmontados. Junto con ello, establece que quienes no cumplan con esas normas podrán “enfrentar sanciones y restricciones a la hora de vender sus productos dentro de la Unión Europea” (Energy5, 2023, párr.19). Recientemente, se ha propuesto ampliar la directiva “a los productos no relacionados con la energía y crear pasaportes digitales de productos, con el objetivo de compartir toda la información relevante a lo largo del ciclo de vida del producto” (Parlamento Europeo, 2021, párr.8).

Este tipo de intervenciones afectan directamente a los productores pues exigen el diseño de productos con potencial de reparación y ha contribuido a establecer el **derecho a reparar**. Este lo podemos entender como una extensión de los derechos humanos de tercera generación²⁰, y reivindica la obligación que tienen los Estados de garantizar el acceso a un medio ambiente ecológicamente sano y equilibrado.

En ese sentido el derecho a reparar debe ser visto como un medio para potenciar “la reutilización y la reparación de productos, proponiendo esquemas de reparaciones sistemáticas y rentables, ofreciendo garantías para las piezas de recambio o mejorando el acceso a la información sobre la reparación y el mantenimiento de los aparatos” (Espeleta et. al, 2021, p.4).

¿Por qué hablar del derecho a reparar?

Desde el Parlamento Europeo esto se ve como un medio para “luchar contra la obsolescencia programada, mejorar la durabilidad y la capacidad de reparación de los productos” (Parlamento Europeo, 2021, párr.9), así como para proteger a las personas consumidores, garantizando su derecho a “estar debidamente

²⁰ Son aquellos que se relacionan con la justicia, la paz, la solidaridad y otros temas globales, que trascienden las fronteras nacionales y requieren cooperación internacional para su protección y promoción. Dentro de estos podemos encontrar demandas como el derecho a la paz, derecho al desarrollo, a la libre determinación y a un medioambiente ecológicamente equilibrado.

informados sobre el impacto medioambiental de los productos y servicios que compran” (Parlamento Europeo, 2021, párr.9).

Este derecho también puede ser visto como una forma de evitar el **lavado verde**, una práctica mediante la cual las empresas hacen creer a sus consumidores/as que sus prácticas productivas son más sostenibles, de lo que realmente son (Parlamento Europeo, 2021, párr.9).

5.2. Economía circular y recuperación de materiales valiosos presentes en los RAEE

Durante décadas, el modelo económico dominante ha propiciado prácticas extractivistas en las que las materias primas sacadas de la naturaleza son integradas en los procesos productivos y transformadas en “productos de consumo que se descartan cuando ya no satisfacen las necesidades” (MAyDS, 2020, p.27) de las personas consumidoras. Estas prácticas han ocasionado serios cuestionamientos no sólo por el daño al medioambiente, sino también porque “promueve la idea de un crecimiento infinito en un planeta finito, que tiene una limitada capacidad de asimilación de contaminantes, y con bienes naturales que se agotan o se regeneran a un ritmo muy inferior al de su extracción” (MAyDS, 2020, p.27).

Es por esto que en los últimos años, ha surgido un enfoque alternativo en el que se busca “instaurar nuevas formas de producir y consumir, un modelo que sea más sustentable, que optimice los flujos de materiales, de agua y de energía” (MAyDS, 2020, p.27). Es así como surgió la **economía circular**, como un enfoque productivo en el que se pretende extender la vida útil de los productos, mediante transformaciones productivas que disminuyan la cantidad de residuos generados en la fabricación de productos y aseguren un diseño que facilite la “reutilización, reparación, restauración y el reciclaje de materiales/productos” (Núñez, 2021, p.56).

El objetivo es mantener “el valor de los productos materiales y recursos en la economía el mayor tiempo posible” (Ecoléc, 2024, párr.9). Por tanto, incorporar la economía circular en los procesos productivos implica pensar en aspectos como (Núñez, 2021):

- El tipo de materiales que son usados durante la fabricación.
- Diseñar y crear dispositivos que puedan ser reparados y/o reciclados.
- Evaluar la durabilidad de un producto.

La transición hacia la economía circular puede generar múltiples beneficios, entre los que pueden mencionarse:

- La reducción de gases de efectos invernadero (GEI).
- La conservación de reservas naturales y la biodiversidad, producto de la mejora que se genera en las “capacidades de adaptación y la resiliencia de los ecosistemas” (MAyDS, 2020, p.28).
- La mejora en la “calidad del agua, del aire y de los suelos” (MAyDS, 2020, p.27).

Con el paradigma de la economía circular podemos extender la vida útil de los AEE mediante “estrategias de reutilización, donación o la comercialización de equipos de segunda mano” (MAyDS, 2020, p.28). Sin embargo, para que los AEE puedan ser comercializados estos deben tener “cierto nivel de reparación antes de poder reutilizarse, para lo cual son necesarios conocimientos y

capacidades técnicas para llevar a cabo la tarea, así como la disponibilidad de piezas de recambio” (MAyDS, 2020, p.28).

Productores y fabricantes deben considerar aspectos como la durabilidad y la reparabilidad cuando diseñan aparatos, además de procurar dar información adecuada para el desensamblado y proveer de información de contacto que tenga “servicios técnicos propios o tercerizados que puedan llevar a cabo la reparación” (MAyDS, 2020, p.29).

Figura 12. Modelo de la Economía Circular



Fuente: Tomado de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación de la República de Argentina, 2020.

Adoptar el enfoque de economía circular requiere de la vinculación de distintos actores que desempeñan funciones distintas (MAyDS, 2020):

- **Fabricantes/productores:** deben diseñar bienes y servicios que sean más sustentables (integrando el ecodiseño) y procurar que sus procesos productivos sean más ecoeficientes (respetuosos con el medio ambiente).
- **Gobierno y Administración Pública:** son las instancias encargadas de articular la normativa, políticas, incentivos económicos e infraestructuras que permitan la implementación del modelo de economía circular.
- **Personas consumidoras y organizaciones (públicas o privadas):** están en la obligación de consumir productos de una manera responsable, separar los residuos y disponerlos de manera correcta.
- **Industrias dedicadas a la reparación y/o recuperación de componentes valiosos:** tienen que ser integradas a la cadena de valor, de modo que los materiales con potencial de

recuperación puedan ser extraídos, procesados y puestos de nuevo en los procesos productivos.

5.2.1. Componentes valiosos en los RAEE

Los planteamientos de la economía circular permiten la recuperación de materiales valiosos los cuales pueden ser reintroducidos en procesos productivos. En el caso particular de los RAEE, resulta posible la extracción de diversos **materiales valorizables**, es decir, que pueden ser recuperados y usados, extendiendo su vida útil y pudiendo ser “conservados para futuras generaciones, siendo un claro ejemplo de aplicación de la economía circular” (Ecolec, 2024, párr.8).

Muchos de los materiales valiosos presentes en los RAEE son “metales preciosos que tienen un precio muy elevado y cuya extracción es difícil y supone un alto impacto ambiental” (FECE, 2023, párr.2). Algunos ejemplos de materiales valiosos son:

- Plata y oro
- Cobre
- Estaño
- Zinc
- Hierro
- Aluminio

¿Por qué recuperar materiales y componentes de los RAEE?

Cuando no recuperamos materiales valiosos de los RAEE estamos desaprovechando el valor de estos, sobre todo porque muchos materiales “pueden reinsertarse en otros procesos productivos, evitando los costos ambientales, sociales y económicos que hubiera ocasionado su extracción” (MAyDS, 2020, p.27). De hecho, se estima que el reciclaje de metales puede ser un proceso hasta 2 y 10 veces más eficiente desde el punto de vista energético, que la fundición de metales que son obtenidos mediante la minería primaria.

Por ejemplo, cuando el oro es reciclado se generan un 80% menos de emisiones de GEI, que cuando este mineral es extraído directamente. Esto no sólo evita una enorme “cantidad de impactos ecológicos como destrucción de áreas de glaciares, deforestación, contaminación por vertidos de sustancias como mercurio o cianuro, entre otros” (MAyDS, 2020, p.27), sino que también representa un ahorro de energía.

Por otro lado, materiales como los mencionados en el apartado previo, pueden ser usados para “fabricar nuevos aparatos electrónicos con la misma calidad que si se hubiera extraído de la tierra” (FECE, 2023, párr.2). Los metales -preciosos y comunes- adquieren un alto valor económico en un mercado global en el que la demanda de AEE crece exponencialmente, pero la “disponibilidad de algunos metales y minerales raros es escasa y la extracción de estos representan un fuerte impacto socio ambiental” (Cedeño, 2023, párr.12).

Oportunidades que ofrece la recuperación de materiales y componentes valiosos

Por la presencia de materiales valiosos, la recuperación de RAEE representa una oportunidad para desarrollar distintos procesos, entre los cuales mencionarse los siguientes:

- **Reciclaje de metales preciosos:** de los RAEE se pueden extraer “metales valiosos a partir de placas de circuitos y componentes electrónicos, reduciendo la necesidad de extraer y procesar nuevos recursos naturales” (RAEE Andalucía, s.f., párr.2).
- **Reutilización de componentes:** si bien un AEE puede haber concluido su vida útil, muchas de sus piezas y/o componentes individuales pueden ser reutilizados si se encuentran en buen estado. Esto puede ser realizado con la separación de los RAEE, un proceso donde se recuperan piezas que pueden reutilizarse en la fabricación de otros dispositivos.
- **Recuperación de materiales:** hay una multiplicidad de elementos que se pueden recuperar de los RAEE (metales preciosos, vidrio, metales comunes, plásticos) para “su uso en diversas aplicaciones, desde la fabricación de envases hasta la creación de nuevos productos” (RAEE Andalucía, s.f., párr.4).
- **Reacondicionamiento y donación:** debido a que muchos AEE pueden estar en buenas condiciones, cuando se desechan, estos pueden ser “reacondicionados y luego donados a organizaciones benéficas, escuelas u otras entidades que puedan necesitar tecnología funcional pero asequible” (RAEE Andalucía, s.f., párr.5).
- **Investigación y desarrollo:** los RAEE pueden utilizarse para diseñar “productos más sostenibles y técnicas de reciclaje más eficientes” (RAEE Andalucía, s.f., párr.7), lo que puede ayudar a identificar procesos de fabricación que contribuyan a mejorar la durabilidad y reciclabilidad de nuevos dispositivos que salgan al mercado.

5.4. Modelos de negocio y productivos innovadores

El reciclaje, reutilización y recuperación de materiales presentes en los RAEE potencia la generación de valor en la cadena de producción y comercialización, pues con la introducción de estos procedimientos se pueden generar nuevos empleos, más inversión, así como “crear oportunidades en las industrias mediante la incorporación de mejores prácticas y, eventualmente, un menor costo de ciertos metales producto de la minería urbana” (Clerc, et. al, 2021, p.72).

5.4.1. Sistemas de Logística Inversa

La logística inversa inició en 1970 “cuando se comienza a analizar la estructura de los canales de distribución para el reciclaje, los miembros que participan en estos canales, las nuevas funciones” (Vásquez, 2008, p.123), entre otros aspectos. No obstante, este modelo se empezó a popularizar a partir de 1990 ante el incremento en la cantidad de productos que terminan siendo devueltos, la posibilidad de colocar dichos productos en mercados secundarios,

la enorme proliferación de las devoluciones fin de vida, la presión de los consumidores sobre las empresas para responsabilizarlas de la eliminación de los productos que contienen residuos peligrosos y que la capacidad de los vertederos ha llegado a ser limitada y cara (Vásquez, 2008, p.123).

Los *Sistemas de Logística Inversa* comprenden un conjunto de actividades y procesos que se implementan con el fin de “recoger productos usados, dañados, no deseados o desfasados, al igual que los envases y embalajes y el transporte de éstos desde los usuarios finales al vendedor” (Vásquez, 2008, p.124). Estos representan un modelo de negocio que las empresas fabricantes buscan “recibir el valor más alto posible por los bienes y productos, de acuerdo con las restricciones

legales o cláusulas impuestas por el vendedor, o en caso contrario proceder a su eliminación al menor coste posible” (Vásquez, 2008, p.124).

Un sistema de logística inversa comprende actividades diversas, de las cuales algunas pueden tener un fin ecológico -como la recuperación y el reciclaje de productos-, mientras que otras pueden estar destinadas a mejorar los procesos productivos, así como el abastecimiento de los mercados. Es así como el sistema puede incluir actividades tales como “el retorno de excesos de inventario, devoluciones de clientes, productos obsoletos, inventarios sobrantes de demandas estacionales...y actividades de retirada, clasificación, reacondicionamiento y reenvío al punto de venta o a otros mercados secundarios” (Vásquez, 2008, p.124).

Este modelo productivo también puede ser aplicado a la planificación, ejecución y control de materias primas, los inventarios de la empresa, “los bienes terminados e información relacionada” (Clerc, et. al, 2021, p.72) con el fin de asegurar cierto nivel de recuperación de materiales durante la fabricación de productos o la recolección de productos/materiales usados.

Figura 13. **Ciclo de vida de un producto**



Fuente: Tomado de Vásquez, 2008.

A partir de lo anterior, resulta evidente que un sistema de logística inversa puede ser aplicado por empresas vinculadas a la fabricación y comercialización de AEE, pues ello permite que los clientes tengan la opción de acceder a la “recuperación de AEE obsoletos o que presenten fallas” (Clerc, et. al, 2021, p.72). Además, algunas de las ventajas que puede traer la adopción de un sistema de logística inversa para este sector productivo son:

- Reducir el uso de ciertos recursos y promover el reaprovechamiento de materiales mediante el “reacondicionamiento completo de los equipos o del reciclaje de piezas para ser utilizados en la fabricación de productos” (Clerc, et. al, 2021, p.73).
- Permite la incursión en nuevos nichos de mercado, por ejemplo, a “empresas de recuperación que a través del uso de tecnologías generan productos de valor agregado, impulsando el sistema de reciclaje por las ganancias que éste genera” (Clerc, et. al, 2021, p.73).

- Produce una mejora en la imagen de la empresa ante las personas consumidoras.
- Posibilita el acceso a ciertos clientes, que prefieran que los productos que consumen tengan ciertos tipos de certificaciones o a los que tienen “proyectos medioambientales sustentables” (Clerc, et. al, 2021, p.73).

5.4.2. Minería Urbana

La minería²¹ urbana se puede concebir como una práctica económica que contribuye al desarrollo de la economía circular. Esta comprende una serie de “actividades y procesos relacionados con la recuperación de compuestos, energía y elementos de productos, edificios y residuos generados a partir de ciclos urbanos” (Sánchez & Guerra, 2020, p.555). Esta se “sustenta en los criterios de producir, usar y reciclar recursos y subproductos, cerrando el ciclo productivo, en contraposición a los dictados de la economía actual basada en producir, usar y desechar” (García-Robo, 2020, pp.36-37).

Su objetivo es frenar los efectos adversos que genera la minería tradicional, para lo cual busca disminuir “los recursos obtenidos de la actividad minera para su transformación en materias primas principales en la fabricación de múltiples productos, recuperando una fracción de los metales y minerales descartados en los residuos sólidos” (García-Robo, 2020, p.36).

Esto quiere decir que la minería urbana integra procesos de recuperación, reutilización, recirculación de residuos, lo que supone enormes beneficios entre los que pueden mencionarse:

- Contribuye al desarrollo y avance de la economía circular, sobre todo mediante la recuperación de materiales diversos para “volverlos a utilizar en la fabricación de nuevos productos, con mejores costes de producción” (García-Roba, 2020, p.38).
- Representa menores gastos a nivel energético, ambiental y social, lo que contrasta enormemente con la minería tradicional.
- Evita el desperdicio de recursos y la contaminación, pues no se usan nuevos recursos para fabricar nuevos bienes y productos.
- Ayuda a frenar el impacto negativo que producen los residuos que derivan de la actividad minera, pues estos al degradarse en vertederos o rellenos sanitarios contaminan “las fuentes de agua, los suelos y el aire” (Sánchez & Guerra, 2020, p.555).
- Permite la recuperación de metales raros (como el indio y el rutenio) y Materias Primas Críticas (MPC)²² por lo que ofrece una solución para los “problemas derivados de la escasez

²¹ Hay que recordar que en la minería como proceso extractivo comprende “desde la búsqueda de las sustancias mineras hasta su venta como materia prima al consumidor final” (Sánchez & Guerra, 2020, p.555).

²² Muchos de estos elementos están presentes en equipos electrónicos, computadoras, automóviles, centros de datos e inclusive en maquinarias (Clerc, et, al. 2021). Estas tienen gran importancia pues son recursos escasos y que pueden estar disponibles solo en unos cuantos países (Clerc, et, al. 2021) lo que los convierte en un activo productivo muy valioso.

de materias primas metálicas y minerales, y del auge de los precios de las mismas” (García-Roba, 2020, p.38).

- Al potenciar la minería urbana, la gestión de RAEE puede convertirse en una oportunidad de negocios para proveer de recursos secundarios que pueden ser reinsertados en las cadenas productivas nuevamente (Clerc, et. al, 2021).

Desarrollar este tipo de minería requiere que se conozca adecuadamente el

proceso metabólico de los materiales dentro de los sistemas urbanos para poder planificar en el tiempo y el espacio de su momento de salida, potencial, reuso o reciclaje inmediato o posterior ante la obsolescencia programada de los equipos electrónicos tirados por quienes la ejecutan en las ciudades (Sánchez & Guerra, 2020, pp.555-556).

Asimismo, para quienes se encargan de desarrollar este tipo de actividades implica ejercer un “manejo precautorio y planificado en el tiempo y el espacio, considerando cantidades, cualidades y complejidad de los residuos (en términos de las sustancias que los componen)” (Sánchez & Guerra, 2020, p.556).

5.4.3. Ecoetiquetado

La preocupación de las empresas e industrias para adoptar prácticas productivas que no sean perjudiciales para el medio ambiente llevó a que en 1990 naciera el **ecotiquetado** cuando la UE definió “los estándares mínimos para que un producto pudiese llevar el rótulo de ecológico” (Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Refugiados, [ACNUR], 2017, párr.3). Si bien el ecotiquetado comenzó a usarse en detergentes, bombillas y pinturas, prontamente se extendió a otro tipo de sectores y productos.

De ese modo, el ecotiquetado puede definirse como un procedimiento mediante el cual se le otorga un distintivo a un producto con el fin de certificar que este cumple con los requisitos y estándares ambientales establecidos por la autoridad competente en la materia (ACNUR, 2017, párr.2). De ese modo, las ecoetiquetas (también llamadas *etiquetas ambientales*) son

manifestaciones, declaraciones o afirmaciones, con forma de símbolos, que se otorgan a aquellos productos cuya producción y reciclado producen un menor impacto sobre el ambiente debido a que cumplen con una serie de criterios ambientalmente más adecuados, definidos previamente por el análisis de su ciclo de vida (Dirección de Gestión de Calidad Ambiental, [DIGECA], 2024, párr.1).

En Europa las ecoetiquetas son otorgadas por el Comité de la Etiqueta Ecológica de la Unión Europea. Dicha instancia está integrada por distintos órganos y un foro de consulta de personas expertas en la materia.

El ecoetiquetado es una práctica sumamente beneficiosa porque:

- Posibilita que las empresas ofrezcan bienes y productos con un factor diferenciador.
- Ayuda a que las personas tengan suficiente información para seleccionar productos que tengan mejor desempeño ambiental.

- Permite “traducir términos técnicos o científicos a un lenguaje más asequible” (DIGECA, 2014, párr.2) para las personas consumidoras.

Desde el 2019, Costa Rica cuenta con el **Programa Nacional de Etiquetado y de Eficiencia Energética**, una iniciativa desde la cual se pretende promover la producción y el consumo sostenible y se definen los mecanismos para asignar el ecoetiquetado a las empresas. Este programa especifica como se desarrolla el proceso de ecoetiquetado en el país y establece el otorgamiento de dos tipos de etiquetas (I y II).

Figura 14. Tipos de ecoetiquetado en Costa Rica

Ecoetiquetado I	Ecoetiquetado II
<ul style="list-style-type: none"> • Sello con verificación de cumplimiento. • Hay una norma que define las características que debe cumplir/tener el producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Declaración ambiental o energética. • Incluye una verificación previa. • Integra valores para calcular huellas ambientales.

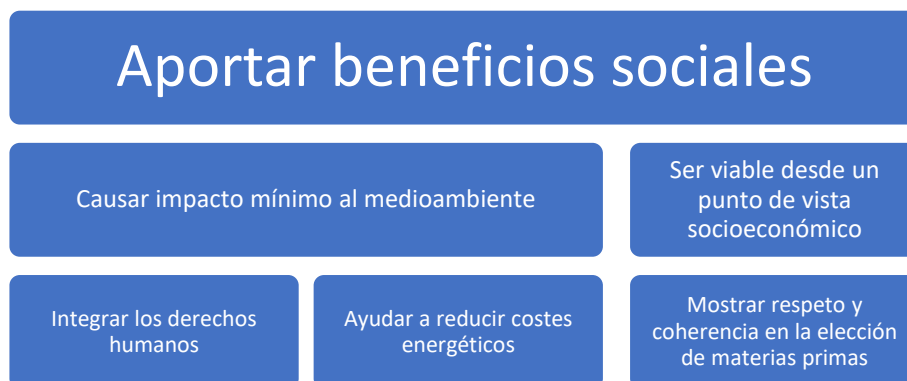
Fuente: Elaboración propia con base a DIGECA, 2024.

5.4.4. Claves para un diseño sostenible de RAEE

Tanto el diseño sostenible, como el diseño ecológico buscan generar el menor impacto posible al medio ambiente y representan “nuevas y coherentes maneras de crear y consumir lo que creamos o, incluso, de empezar a pensar en consumir menos para hacer del planeta un lugar más sostenible” (BBVA, 2024b, párr.3). Sin embargo, ambos términos expresan dos cuestiones distintas.

Por un lado, el **diseño sostenible** se originó en la exposición *The Green Design* que organizó el Concejo del Diseño de Reino Unido en el 2014. A partir de esto se planteó la necesidad de diseñar y fabricar productos tecnológicos más sostenibles, lo que debe reflejar sostenibilidad medioambiental, económica y social. Sobre esta base asume una noción de sostenibilidad en la que la gestión de recursos permita la satisfacción de “necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras” (BBVA, 2024b, párr.7).

Figura 15. Elementos que contempla el diseño sostenible



Fuente: Elaboración con base a BBVA, 2024b.

Lo anterior obliga a pensar en mecanismos para reducir el impacto generado por el diseño y fabricación de los productos, procurando extender el ciclo de vida. Por tanto, esto lleva a las empresas e industrias a preguntarse por (Gayá, 2024):

- El tipo de materiales que se usan para fabricar los bienes/productos.
- La procedencia/origen de los materiales que se usan.
- Los potenciales usos posteriores de un material/producto.

Por su parte el **ecodiseño** (también llamado *diseño ecológico*) busca identificar “los impactos ambientales de cualquier producto o servicio, desde la fase de diseño inicial hasta el final, y minimizarlos al máximo reduciendo el consumo de energía, agua, materias primas...sin olvidar la fabricación, el transporte, la distribución o el embalaje” (BBVA, 2024b, párr.6). Por tanto, en el diseño ecológico lo principal es lograr la sostenibilidad medioambiental.

En ese sentido para determinar si algo tiene un diseño ecológico (o no) el producto debe haberse creado de una manera tal en la que este no ocasione daños al ambiente, la salud humana y/o de los ecosistemas, entre otros. Es así como desde este enfoque se le puede prestar atención a aspectos como la “reducción de las emisiones, la elección y utilización de materias primas naturales como el corcho, el bambú, el coco, los hongos, las algas marinas, o el estiércol de vaca reciclado, y no olvida la fase de reciclaje, reutilización y desecho” (BBVA, 2024b, párr.11).

En consecuencia, para que un producto/bien tengan un diseño ecológico debe (BBVA, 2024b):

- Ocasionar un impacto medioambiental mínimo, sobre todo desde que se fabrica hasta que finaliza la vida útil.
- Usar materiales que puedan ser reutilizables y reciclados.
- Reflejar el “ahorro de recursos en general” (BBVA, 2024b, párr.12).
- Evaluar el diseño en conjunto, procurando alcanzar una trazabilidad ecológica total.

En síntesis, ya sea que se opte por implementar un diseño sostenible o ecológico, lo importante es que las empresas e industrias se plantean medidas para reducir su impacto ambiental. Para ello pueden:

- **Emplear un diseño modular**: implica fabricar los productos con “módulos intercambiables y actualizables en lugar de componentes fijos y soldados” (RAEE Andalucía, s.f., párr.2). Esto no sólo facilita la reparación de las partes que se dañen o estén desactualizadas, sino que evita que los productos sean desechados, ampliando su vida útil.
- **Elegir materiales sostenibles**: esto ayuda a disminuir la cantidad de sustancias tóxicas que se utilizan en los procesos productivos, a la vez que “simplifica el proceso de reciclaje y evita la liberación de productos químicos peligrosos en el Medio Ambiente y nocivos para la salud” (RAEE Andalucía, s.f., párr.3).
- **Diseñar materiales para el desmontaje**: cuando los productos son diseñados “con uniones desmontables y componentes claramente etiquetados, se simplifica el proceso de separación de materiales para el reciclaje” (RAEE Andalucía, s.f., párr.4), lo que repercute en los costes y duración de los procesos de recuperación de materiales valiosos.
- **Fabricar productos más longevos**: implica pensar en la durabilidad de los productos y en la necesidad de probar los bienes producidos a “pruebas rigurosas de durabilidad, garantías

extendidas y la promoción de la reparación en lugar de la sustitución” (RAEE Andalucía, s.f., párr.5).

- **Promover la economía circular:** diseñando productos que tengan componentes y materiales que puedan ser reutilizados al concluir su vida útil, así como crear programas de reciclaje y devolución de los aparatos. Con esto se genera “un flujo continuo de recursos y reduce la necesidad de extraer nueva materia prima de la naturaleza” (RAEE Andalucía, s.f., párr.6).
- **Sensibilizar a la persona consumidora:** esto puede ser impulsado por las empresas cuando informan “sobre la importancia de las actualizaciones, el reciclaje adecuado y las opciones de reparación puede influir en las decisiones de los usuarios y fomentar prácticas más sostenibles” (RAEE Andalucía, s.f., párr.7).

5.4.5. Certificaciones de sustancias peligrosas

Ante la presencia de sustancias peligrosas en los productos, las empresas e industrias fabricantes son responsables de proveer información sobre la presencia de este tipo de sustancias. Junto con esto también es fundamental que las mismas informen sobre la presencia de estos componentes y los cuidados que deben de tener las personas trabajadoras con productos y/o bienes que contengan sustancias peligrosas. Es por esta razón que se han creado diversas **Certificaciones de Sustancias Peligrosas**, como un mecanismo para garantizar el manejo responsable de sustancias peligrosas, así como la sustentabilidad de los productos que son comprados y/o consumidos.

Este tipo de certificaciones están disponibles en la Unión Europea (UE) desde el 2006 cuando se aprobó la *Restricción de sustancias peligrosas* (RoHs) y el *Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas* (REACH). Ambas normas afectan a los “sectores eléctricos, electrónicos, empaques, autopartes y químicos” (Juárez, 2021, párr.7) a lo interno de la Eurozona, como a las empresas e industrias que exportan bienes y servicios a la UE.

Tabla 2. Normativa europea que regulan la presencia de sustancias peligrosas en los AEE

Restricción de sustancias peligrosas (RoHs) ²³	Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas (REACH)
<p>-Regula aspectos relacionados con “metales pesados en la fabricación de dispositivos eléctricos y electrónicos” (Juárez, 2021, párr.4).</p> <p>-Debe ser cumplida por cualquier producto que sea vendido en la UE.</p> <p>-Limita el “uso de sustancias peligrosas encontradas con frecuencia en aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) como plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo hexavalente (Cr VI), bifenilos polibromados (PBB) y éteres difenil polibromados (PBDE)” (Juárez, 2021, párr.9).</p> <p>-Para obtener la certificación, los productos deben ser sometidos a pruebas en laboratorios que hayan sido acreditados para eso. Luego de obtener el visto bueno, se</p>	<p>-Introduce regulaciones para controlar la “producción y el uso de componentes químicos, y sus potenciales impactos, tanto sobre la salud humana como en el ecosistema” (Juárez, 2021, párr.5).</p> <p>-Se aplica a productos químicos industriales y/o aquellos presentes en artículos de limpieza, juguetes, ropa, muebles, pinturas o electrodomésticos.</p> <p>Exige que las empresas fabricantes y proveedoras proporcionen “información sobre los riesgos que presentan las sustancias y cómo deben manipularse en toda cadena de suministro” (Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, [OSHA], 2024, párr.1).</p>

²³Restriction of hazardous substances en inglés.

<p>realizan “revisiones independientes de los procesos de fábrica y de los resultados del ensayo de las muestras” (Juárez, 2021, párr.10).</p>	<p>También obliga a que los usuarios intermediarios (empresas y/o personas particulares) a que “transmitan información a las empresas fabricantes y proveedoras de productos químicos o a la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos (ECHA)” (OSHA, 2024, párr.2) y que velen por el uso seguro de sustancias químicas “mediante la aplicación de un uso seguro en su propio lugar de trabajo y la comunicación información relevante tanto a sus empresas proveedoras como a sus clientes”(OSHA, 2024, párr.2).</p> <p>-Las empresas deben evaluar riesgos y procurar que las personas trabajadoras “estén protegidas y provistas de información, orientación y capacitación sobre el uso seguro de productos químicos en el lugar del trabajo, basándose en información derivada de las etiquetas y la hoja de datos de seguridad. Las empresas también tienen derecho a exigir información adicional a la empresa proveedora” (OSHA, 2024, párr.4).</p>
<p>Reglamento sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas</p>	
<p>El Reglamento CLP fue aprobada en 2008 y entró en vigor en 2009. Esta define “los peligros, los consejos de prudencia y los pictogramas que constituyen una importante fuente de información para la protección del lugar de trabajo” (OSHA, 2024, párr.3).</p> <p>El reglamento pretende alinear la legislación de la UE con la del <i>Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sustancias Químicas</i> (SGA) el cual fue creado por la Organización de Naciones Unidas (ONU) para “identificar sustancias químicas peligrosas e informar a los usuarios sobre estos peligros” (OSHA, 2024b, párr.1).</p>	

Fuente: Elaboración propia con base a Juárez, 2021.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sustancias Químicas

Actualmente, el SGA se utiliza a nivel mundial como una herramienta base para orientar la normativa nacional y la regulación internacional que rige el “transporte de mercancías peligrosas” (OSHA, 2024b, párr.4). Según este sistema, los peligros que conlleva el uso y manejo de ciertos productos químicos debe ser informado mediante palabras de advertencia, hojas de datos de seguridad y pictogramas que deben ser incluidos en las etiquetas.

A partir de esto se establece que los símbolos de peligro naranja deben ser sustituidos por pictogramas enmarcados en rojo.



Ventajas de convertirse en un negocio preocupado por las RAEE

Gestionar adecuadamente los RAEE es una oportunidad para cualquier negocio pueda modernizar y ofrecer un servicio diferenciado a sus clientes, en línea con las necesidades de mejorar la situación medioambiental en el mundo y país. En ese sentido, algunas de las principales ventajas que pueden mencionarse son las siguientes:

- Ayuda a responder a las demandas que tienen las y los consumidores, quienes cada vez más tienen mayor conciencia sobre los desafíos ambientales de la época (FECE, 2023) como el cambio climático.
- Permite desarrollar un elemento diferenciador que haga que el negocio/empresa se destaque con respecto a sus competidores.
- Brinda seguridad para que los clientes sepan que pueden contar con un espacio en el que pueden entregar sus RAEE y que estos van a ser correctamente recolectados y tratados (FECE, 2023).
- Aunque puede representar una obligación legal “también es una labor social y comercial muy interesantes para nuestros establecimientos que pueden ser un referente para los compradores” (FECE, 2023, párr.7).

Referencias

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (2024). REACH: Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas. EU-OSHA. [REACH: Reglamento de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas | Safety and health at work EU-OSHA \(europa.eu\)](#)

Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. (2024b). CLP-Clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. EU-OSHA. [CLP — Clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas | Seguridad y salud en el trabajo EU-OSHA \(europa.eu\)](#)

Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Refugiados. (2017). Ecoetiquetas, ¿qué son y para qué nos sirven? ACNUR. [Ecoetiquetas, ¿qué son y para qué nos sirven? | eAcnur](#)

BBVA. (2024). Obsolescencia programada: qué es y cómo puedes evitarla. BBVA. [¿Qué es la obsolescencia programada y cómo evitarla? | BBVA](#)

BBVA. (8 de enero de 2024b). ¿Cuáles son las diferencias entre ecodiseño y diseño sostenible? BBVA. [Cuáles son las diferencias entre ecodiseño y diseño sostenible \(bbva.com\)](#)

Cedeño, I. (28 de febrero de 2023). Los RAEE: residuos con materiales valiosos ¿Qué son los RAEE y cómo se reciclan? GTA Ambiental. [Los RAEE: residuos con materiales valiosos » Proyectos llave en mano para el tratamiento y reciclado de residuos. - GTA Ambiental](#)

Clerc, J., Pereira, A. M., Alfaro, C., & Yunis, C. (2021). Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. CEPAL. [Economía circular y valorización de metales: residuos de aparatos eléctricos y electrónicos \(cepal.org\)](#)

Comisión Europea. (11 de diciembre de 2019). Comunicado de prensa Pacto Verde Europeo. [El Pacto Verde Europeo \(europa.eu\)](#)

- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental. (2024). Etiquetado Ambiental. DIGECA: MINAE. [Etiquetado Ambiental | Digeca | Dirección de Gestión de Calidad Ambiental](#)
- Ecolec. (2024). Sobre los RAEE. [Qué son los RAEE y por qué debes colaborar en su reciclaje | Ecolec](#)
- Energy5. (5 de diciembre de 2023). La importancia de la reparabilidad y actualización de la electrónica energéticamente eficiente. Energy5. [La importancia de la reparabilidad y actualización de la electrónica energéticamente eficiente \(energy5.com\)](#)
- Blanco Espeleta, E., Pérez-Belis, V., & Bovea, M. D. (2021). Medición del nivel de la reparabilidad de aparatos eléctricos y electrónicos. Revisión y aplicación a caso de estudio. XXV Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos ha sido coorganizado por el Campus de Alcoy de la Universitat Politècnica de València (UPV).
- Federación Española de Comerciantes de Electrodomésticos. (2023). Razones para reciclar RAEE. [3 razones para reciclar RAEE | FECE](#)
- Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G. (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam
- García Roba, M. (2020). Minería urbana como herramienta para una economía circular en la gestión de residuos: aspectos metodológicos. Trabajo fin de grado para acceder al título de grado en ingeniería de los recursos mineros. Universidad de Cantabria.
- Gayá, C. (2024). ¿Qué es el diseño sostenible? Domestika. [¿Qué es el diseño sostenible? | Domestika](#)
- iFixit. (s.f.). Acerca de nosotros. [Acerca de nosotros - iFixit](#)
- Juárez, C. (2 de julio de 2021). Certificaciones RoHS y REACH, necesarias para exportar productos a Europa. The Logistics World. [Certificaciones RoHS y REACH: ¿qué son y cómo se obtienen? \(thelogisticsworld.com\)](#)
- Ley N°7438, “Convenio de Basilea sobre Control Fronterizo de Desechos Peligrosos y su Eliminación 1989”, Diario Oficial La Gaceta, 6 de octubre de 1994.
- Martínez, A. (8 de marzo de 2023). Inicia campaña nacional de recolección de residuos eléctricos y electrónicos. DelfinoCR. [Inicia campaña nacional de recolección de residuos eléctricos y electrónicos - Delfino.cr](#)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Centro Nacional de Producción más Limpia 2009. [Guia RAEE MADS 2011-reducida.pdf \(residuoselectronicos.net\)](#)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación. (2020). Gestión Integral de RAEE. Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación y Oficina de País de la Organización Internacional del Trabajo para Argentina. [manual_raee.pdf \(argentina.gob.ar\)](#)

- Ministerio de Salud. (2022). Estado de la situación de la gestión integral de residuos en Costa Rica. [Linea-base-GIR-Taller-6-de-diciembre 2022.pdf \(ministeriodesalud.go.cr\)](#)
- Ministerio de Salud. (2023). Separá y vencerás. Ministerio de Salud de Costa Rica. [Separa y vencerás | Costa Rica \(ministeriodesalud.go.cr\)](#)
- Miranda, S. (2021). Gestión integral de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en Costa Rica. En: *Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos: desafíos en la era de la transformación digital*. Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (Prosic-UCR), pp.30-42.
- Núñez-Mata, O. (2021). Reutilización y recuperación de materiales en las máquinas eléctricas: consideraciones sobre análisis de ciclo de vida, confiabilidad y economía circular. En: *Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos: desafíos en la era de la transformación digital*. Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (Prosic-UCR), pp.49-60.
- Orange. (8 de junio de 2021). El índice de reparabilidad: ¿qué significa para los dispositivos? Orange. [¿Qué es el índice de reparabilidad y para qué sirve? \(orange.es\)](#)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2004). Aspectos generales del Convenio de Rotterdam. ONUAA. <https://www.fao.org/3/a0137s/a0137s02.htm#TopOfPage>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Convenio de Rotterdam sobre el procedimiento de consentimiento fundamentado previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional. [Texto del Convenio \(pic.int\)](#)
- Parlamento Europeo. (3 de febrero de 2021). ¿Cómo quiere la UE lograr una economía circular para 2050? Parlamento Europeo. [¿Cómo quiere la UE lograr una economía circular para 2050? | Noticias | Parlamento Europeo \(europa.eu\)](#)
- RAEE Andalucía. (s.f.). Los RAEE con litio o níquel metal son residuos peligrosos. [Los RAEE con litio o níquel metal son residuos peligrosos | Raee Andalucía \(raeeandalucia.es\)](#)
- RAEE Andalucía. (s.f.). Conoce los riesgos del vertido inadecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). [Conoce los riesgos del vertido inadecuado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos \(RAEE\) | Raee Andalucía \(raeeandalucia.es\)](#)
- RAEE Andalucía. (s.f.). Una segunda vida para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). [Una segunda vida para los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos \(RAEE\) | Raee Andalucía \(raeeandalucia.es\)](#)
- RAEE Andalucía. (s.f.). Hacia un diseño sostenible para reducir la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). [Hacia un diseño sostenible para reducir la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos \(RAEE\) | Raee Andalucía \(raeeandalucia.es\)](#)
- Salhofer, S. (2022). Environmental and public health issues. En: E-waste Academy for Scientists 2022. Universidad de Limerick.

- Sánchez, A. F. A., & Guerra, I. M. (2020). La minería urbana. Un análisis desde el ordenamiento jurídico en Cuba. Una apuesta al desarrollo sostenible desde la Economía Circular. *Derecho y Cambio Social*, (60), 551-592.
- Segura-Cárdenas, O. (2021). Normativa para la gestión integral de RAEE en Costa Rica. En: *Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis Gestión de Residuos Eléctricos y Electrónicos: desafíos en la era de la transformación digital*. Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento (Prosic-UCR), pp. 62-71.
- Specker, A. (2022). Focus on POPs and hazardous materials – safety sisees. En: E-waste Academy for Scientists 2022. Universidad de Limerick.
- Vázquez, J. F. (2008). Logística inversa. *Boletín de Información*, (307), 142-155.
- Wagner, M., Baldé, C. P., Luda, V., Nnorom, I. C., Kuehr, R., & lattoni, G. (2022). Monitoreo regional de los residuos electrónicos. https://residuoselectronicosal.org/wpcontent/uploads/2022/01/REM_LATAM_2022_ESP_Final.pdf.