

**ESTADO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y  
ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA EN EL MARCO GENERAL  
INTERNACIONAL Y LA GESTIÓN ESPECIFICA DE PAÍSES DE LA  
UNIÓN EUROPEA, ASIA Y ÁFRICA**

**JONATHAN BARTOLO PINZÓN  
JESSICA KIMBERLY URBINA GUERRA**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS  
BOGOTÁ  
2015**

**ESTADO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y  
ELECTRÓNICOS EN COLOMBIA EN EL MARCO GENERAL INTERNACIONAL  
Y LA GESTIÓN ESPECÍFICA DE PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA, ASIA Y  
ÁFRICA**

**JONATHAN BARTOLO PINZÓN**

**CÓDIGO 20062081009**

**JESSICA KIMBERLY URBINA GUERRA**

**CÓDIGO 20062081072**

**Monografía para optar al título de  
Tecnólogo en Gestión Ambiental y Servicios Públicos**

**Director**

**NÉSTOR SERGIO GUTIÉRREZ**

**Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
TECNOLOGÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL Y SERVICIOS PÚBLICOS**

**BOGOTÁ**

**2015**

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director

---

Firma del Jurado

*A Dios por ser el diseñador y realizador de este objetivo profesional, por mantener intacta nuestra fe, esperanza y amor en lo que hasta un momento parecía difícil lograr.*

*A nuestras familias que con su apoyo y amor han contribuido a labrar este logro tan anhelado.*

*A todas y cada una de las personas que con sus honestas observaciones le dieron valor a este trabajo y nos ayudaron a entender que esto es solo el comienzo, queda mucho más por lograr!*

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestro director el docente Néstor Gutiérrez, por su valiosa colaboración en la orientación de este trabajo, a Carolina Melo Pinilla, Manuel Alejandro Díaz Nagles, Diego Escobar Ocampo, Olga Ortiz Ortiz entre otros, por sus importantes observaciones y sugerencias, así como por el aporte de información correspondiente al contexto nacional. De igual manera a todas y cada una de las organizaciones y profesionales que desde del exterior nos brindaron su apoyo con el aporte de información relevante sobre el contexto internacional, logrando con ello el alcance de los objetivos propuestos en este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	1
1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
2 JUSTIFICACIÓN.....	5
3 OBJETIVOS.....	6
3.1 OBJETIVO GENERAL .....	6
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
4 MARCO REFERENCIAL .....	7
4.1 MARCO TEÓRICO .....	7
4.1.1 Clasificación de RAEE .....	7
4.1.2 Características de RAEE.....	9
4.2 MARCO NORMATIVO.....	11
4.2.1 Marco Regulatorio Internacional .....	11
4.2.1.1 Acuerdos Ambientales Multilaterales.....	11
4.2.1.2 Legislación Regional de la Unión Europea.....	13
4.2.1.3 Legislación Regional de Asia.....	15
4.2.1.4 Legislación Regional de África.....	17
5 METODOLOGÍA.....	18
6 ACTIVIDADES O ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO .....	20
6.1 PAÍSES DESARROLLADOS.....	20
6.1.1 Bélgica .....	21
6.1.2 Alemania .....	26
6.1.3 Italia.....	30
6.2 PAÍSES EN DESARROLLO .....	35
6.2.1 República Popular de China.....	35

6.2.2	India .....	40
6.2.3	Ghana .....	44
7	ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD Y LA GESTIÓN DE RAEE EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO EN ESTUDIO .....	47
7.1	ACUERDOS AMBIENTALES MULTILATERALES: PRINCIPIOS FUNDAMENTALES .....	47
7.2	MARCO LEGAL AMBIENTAL REGIONAL Y NACIONAL EN RELACIÓN CON LOS ACUERDOS AMBIENTALES MULTILATERALES .....	47
7.2.1	Unión Europea .....	48
7.2.2	Asia .....	48
7.2.3	África .....	49
7.3	GESTIÓN DE RAEE EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO .....	50
7.3.1	Unión Europea .....	50
7.3.2	Asia .....	51
7.3.3	África .....	52
8	GESTIÓN DE RAEE EN COLOMBIA .....	54
8.1	GENERALIDADES .....	54
8.2	ACTORES EN EL CICLO DE VIDA DE COMPUTADORES Y TELÉFONOS MÓVILES EN COLOMBIA .....	57
8.2.1	Computadores .....	58
8.2.2	Teléfonos Móviles .....	60
8.3	GESTORES DE RAEE EN COLOMBIA .....	61
8.3.1	Gestores Informales .....	61
8.3.2	Gestores formales .....	63
8.4	IMPACTOS GENERADOS DURANTE LA GESTIÓN DE RAEE .....	68
8.5	NORMATIVIDAD .....	69
9	DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE RAEE EN COLOMBIA .....	77
10	CONCLUSIONES .....	87
11	RECOMENDACIONES .....	89
	REFERENCIAS .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de RAEE según la Directiva de la Unión Europea .....	7
Tabla 2: Clasificación de RAEE según el Ministerio de Medio Ambiente.....	8
Tabla 3: Clasificación de RAEE desde el contexto de gestión.....	9
Tabla 4: Composición de materiales (Computador y Teléfono Móvil).....	10
Tabla 5: Concentración de Metales en Tarjetas de Circuito Impreso (Computador y Teléfono Móvil). .....	10
Tabla 6: Impactos de las sustancias químicas contenidas en los RAEE .....	11
Tabla 7: Resumen de la legislación regional de la Unión Europea sobre RAEE ..	13
Tabla 8: Legislación Nacional de Alemania sobre RAEE.....	14
Tabla 9: Legislación Nacional de Bélgica sobre RAEE .....	14
Tabla 10: Legislación Nacional de Italia sobre RAEE .....	15
Tabla 11: Legislación Nacional de India sobre RAEE.....	15
Tabla 12: Legislación Nacional de China sobre RAEE .....	16
Tabla 13: Legislación Nacional de Ghana sobre RAEE.....	17
Tabla 14: Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de residuos de dispositivos electrónicos domésticos en Bélgica .....	21
Tabla 15: Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de residuos de dispositivos electrónicos corporativos en Bélgica.....	22
Tabla 16: Procesamiento y reciclaje de RAEE realizado por Recupel.....	23
Tabla 17: Procesamiento y reciclaje de RAEE realizado por Umicore.....	25
Tabla 18: Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de residuos de dispositivos electrónicos domésticos en Alemania .....	26



Tabla 19: Procesamiento y reciclaje de RAEE realizado en Alemania .....	29
Tabla 20: Clasificación de RAEE según grupos de recolección en Italia. ....	30
Tabla 21: Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la cadena de reciclaje para RAEE domésticos en Italia. ....	31
Tabla 22: Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la cadena de reciclaje para RAEE corporativos en Italia. ....	33
Tabla 23: Roles, responsabilidades y hábitos de las partes interesadas en la cadena de reciclaje para RAEE en China.....	36
Tabla 24: Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector formal en China. ....	38
Tabla 25: Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en China. ....	39
Tabla 26: Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de RAEE en India según el proyecto reglamentario de 2011 .....	41
Tabla 27: Hábitos de los actores en la gestión de RAEE llevada a cabo actualmente en India.....	42
Tabla 28: Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en India. ....	44
Tabla 29: Hábitos de los actores en la gestión de RAEE llevada a cabo en Ghana. ....	45
Tabla 30: Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en Ghana. ....	46
Tabla 31: Gestores formales actualmente activos en Colombia .....	64
Tabla 32: Prácticas realizadas por el sector informal.....	68
Tabla 33: Análisis de la normatividad en Colombia referente a RAEE .....	72
Tabla 34: Análisis comparativo de la normatividad y la gestión de RAEE en países de la Unión Europea, Asia y África con Colombia.....	84

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1: Nivel de penetración de Teléfonos Móviles en Colombia .....	54
Gráfica 2: Nivel de penetración de Computadores en Colombia .....	56
Gráfica 3: Cantidad de RAEE de Computadores y Teléfonos Móviles .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Descripción del sistema de gestión de RAEE realizado por Recupel. ....	24
Figura 2: Agrupación de categorías de RAEE por ElektroG .....	28
Figura 3: Esquema del proceso de tratamiento de RAEE en Alemania.....	29
Figura 4: Sistema de RAEE en Italia: flujo de RAEE domésticos y corporativos ...	34
Figura 5: Flujo de RAEE en India.....	43
Figura 6: Flujo de computadores en Colombia .....	58
Figura 7: Flujo de teléfonos móviles en Colombia .....	60
Figura 8: Flujo de RAEE en el sector informal .....	63
Figura 9: Flujo de RAEE en Colombia .....	66
Figura 10: Diagrama de gestión de RAEE en sus distintas etapas.....	67

## GLOSARIO

**Abonado:** Persona natural o jurídica que ha celebrado un contrato de prestación de servicios con un proveedor de telecomunicaciones.

**ACRE:** Asociación de las Ciudades y Regiones por el Reciclaje y la gestión sostenible de los Recursos.

**AEE:** Aparato Eléctrico y Electrónico.

**ASOMOVIL:** Asociación de la Industria Móvil de Colombia.

**BFR:** Retardantes de llama bromados.

**Bioacumulación:** Es el incremento progresivo en la concentración o cantidad de una sustancia química en un organismo como resultado de la tasa excesiva de absorción de su metabolismo así como de su excreción, generalmente hace referencia a los organismo que habitan en ambientes contaminados con componentes orgánicos<sup>1</sup>.

**Biomagnificación:** Es el proceso por el cual una sustancia química pasa hacia la cadena alimenticia. Un proceso biológico donde la concentración de contaminantes incrementa a medida que se escala en cada nivel de la cadena alimenticia dando como resultado un alto grado de contaminantes en los organismos de los niveles superiores de la cadena, entre ellos los seres humanos<sup>2</sup>.

**Cargo de gestión de RAEE:** es la suma de dinero pagada sobre la compra de un nuevo dispositivo electrónico por parte de los clientes, para la gestión de RAEE, este monto se encuentra incluido en el valor del producto.

**CCIT:** Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones.

**Ciclo de vida de AEE:** Comprende diversas etapas de los AEE desde su puesta en el mercado; estas etapas comprenden su producción, distribución, uso y pos consumo.

---

<sup>1</sup> CARR, G. M., y NEARY, J. P. Water Quality for Ecosystem and Human Health. En: Annals of surgery. 2 ed. Burlington: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme. 2008. p. 89

<sup>2</sup> Ibid., p. 90

**CNPMLTA:** Centro Nacional de Producción más Limpia y Estudios Ambientales.

**Contaminantes Orgánicos Persistentes:** son compuestos químicos altamente tóxicos con capacidad de acumulación en los seres humanos y el medio ambiente y resistentes a la degradación.

**COP:** Contaminantes Orgánicos Persistentes.

**Despiece:** Proceso manual o mecánico por el cual se obtienen diversas piezas internas o externas de un objeto.

**Dioxinas y Furanos:** son los nombres abreviados o cortos referentes a una familia de sustancias con estructura química similar de alta toxicidad entre los que se encuentran los dibenzofuranos policlorados (PCDFs), dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDDs) y bifenilos policlorados (PCB), producidos por la quema de productos que pueden entrar al organismo a través del aire, el agua y los alimentos contaminados llegando a generar efectos perjudiciales en los seres humanos como cáncer, cambios en los niveles hormonales, enfermedades de piel como cloracné, en animales cambios en el sistema hormonal, cambios en el desarrollo de fetos, baja reproducción y la destrucción del sistema inmune<sup>3</sup>.

**Electro-obtención:** es un proceso electroquímico para la recuperación de cobre que consiste en el uso de celdas que tienen en su interior ánodos y cátodos, el ánodo es una placa de aleación de base de plomo (polo positivo), el cátodo es una placa de acero inoxidable (polo negativo). En estas celdas se aplica una corriente eléctrica de baja intensidad que circula de los cátodos a los ánodos a una solución electrolítica conformada por sulfato de cobre  $\text{CuSO}_4$  y agua, los cationes del  $\text{Cu}^{+2}$  presentes en la solución empiezan a depositarse en el cátodo paulatinamente obteniéndose como producto cobre y ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ <sup>4</sup>.

**EMPA:** Laboratorio Federal Suizo para la Ciencia y Tecnología de Materiales.

**Espectroscopia:** es una técnica instrumental que permite la determinación cualitativa y cuantitativa de una muestra a partir de su absorción o emisión de radiación electromagnética que es contrastada con una muestra patrón conocida.

**Esquema de recolección colectiva:** los productores configuran un sistema de recolección colectiva en el que conjuntamente organizan y financian el aprovechamiento o disposición de los RAEE, así como en el esquema de

---

<sup>3</sup> ESTADOS UNIDOS. US EPA, O. Dioxins and Furans.

<http://www.epa.gov/wastes/hazard/wastemin/minimize/factshts/dioxfura.pdf>, 2011.

<sup>4</sup> VARGAS, C., Y NAVARRO, P. Aspectos preliminares de la evaluación y efecto de aditivos surfactantes en el proceso de electroobtención de cobre. Trabajo de grado Ingeniero Metalúrgico. Santiago: Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, 2010. 13 p.

recolección no selectiva individual, los productores adscritos a este sistema recogen los contenedores con los RAEE de todos los productores según el grupo de recolección y asumen el costo de gestión según las cuotas de RAEE que le pertenezcan a cada uno de los miembros en el colectivo.

**Esquema de recolección de marca selectiva individual:** es aquel en el que el productor asume la recolección y tratamiento únicamente de los RAEE de sus propia marca puestos en el mercado, por tal motivo, las empresas de aseo municipal y comercializadores deben realizar la clasificación, separación y almacenamiento por aparte de los RAEE de tales marcas del flujo general que reciben, para después entregarlos al gestor o los gestores de RAEE contratados por el productor, por estas actividades adicionales el productor debe pagar un cargo a las empresas de aseo municipal y comerciantes.

**Esquema de recolección no selectiva individual:** al igual que el esquema de recolección de marca selectiva individual, el productor debe contratar al gestor(es) que realizarán el aprovechamiento o disposición final de los RAEE, sin embargo, el productor no solo se encargara de recoger de los puntos de recolección de las empresas de aseo municipal, los RAEE de su marca, sino por el contrario todos los del grupo de recolección que le fue asignado, pero solo asumirá el costo de gestión de los RAEE que caen en cada uno de los grupos de recolección referente a su cuota de mercado en el país.

**FRIEE:** Fundación para el Registro de la Información de Equipos Electrónicos.

**Lixiviación acida:** Es un proceso hidrometalúrgico que permite la recuperación de cobre de minerales oxidados a partir del uso de ácido sulfúrico y agua, en el contexto de los RAEE, este proceso es realizado para la separación del cobre y otros metales preciosos de las tarjetas de circuito impreso de dispositivos electrónicos descartados.

**Metales pesados:** Son elementos químicos con un peso atómico alto, que debido a su toxicidad relativa pueden ser nocivos en los seres vivos a bajas concentraciones con efectos de bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimenticia. Entre este tipo de sustancias químicas se destacan el arsénico, el cadmio, el plomo y el mercurio entre otros<sup>5</sup>.

**Obsolescencia Programada:** Reducción del ciclo de vida de un TIC por función, calidad o deseo.

---

<sup>5</sup> ESTADOS UNIDOS. US EPA, O. Términos M. Recuperado de <http://espanol.epa.gov/espanol/terminos-m>, 2011.

**PBDE:** Éteres de Polibromobifenilos, son sustancias químicas que se agregan a una variedad de productos de consumo para retardar llamas y hacer más difícil que se incendien<sup>6</sup>.

**PCB:** Policlorobifenilos, se emplean como fluidos aislantes (“aceites”) en los transformadores y condensadores<sup>7</sup>.

**PNUMA:** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**RAEE Histórico:** Residuo de AEE, Aparatos Eléctricos y Electrónicos que fue puesto en el mercado antes de la Ley 1672 del 3013.

**RAEE Huérfano:** Residuos de AEE, Aparatos Eléctricos y Electrónicos, que no cuenta con un fabricante y/o productor asociado.

**RAEE:** En la actualidad no existe una definición clara y unificada de residuos electrónicos por lo cual muchas organizaciones lo definen de distintas maneras.

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico **OCDE**, define los residuos electrónicos como “Cualquier dispositivo que usa una fuente de energía eléctrica que ha alcanzado su fin de vida”<sup>8</sup>.

Por otro lado la **Directiva de 2002/96 de la Comisión Europea** define a los residuos electrónicos como “El equipo eléctrico o electrónico el cual es un residuo incluyendo todos los componentes, sub-ensamblajes y consumibles que lo constituyen, los cuales son parte del producto en el tiempo de descarte”<sup>9</sup>.

Según la Red de Acción de Basilea **BAN** “Los residuos electrónicos incluyen una amplia y creciente gama de aparatos electrónicos que van desde aparatos domésticos voluminosos, como refrigeradores, acondicionadores de aire, teléfonos móviles, equipos de sonido y aparatos eléctricos de consumo, hasta computadores desechados por sus usuarios”<sup>10</sup>.

**Reacondicionamiento:** Proceso técnico en el cual se restablecen las condiciones físicas y sistemáticas de los AEE.

---

<sup>6</sup> ATSDR. Resumen de Salud Pública: Éteres de polibromobifenilos. [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs68-pbde.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs68-pbde.html), 2004.

<sup>7</sup> BLOUNT, E. y ROMANO, D. Eliminación de PCB de los lugares de trabajo. En: Guía sindical para la eliminación de PCB, 2003. p.7.

<sup>8</sup> LUNDGREN, K. The global impact of e-waste: addressing the challenge. Programme on Safety and Health at Work and the Environment. Geneva: ILO; 2012. p.11.

<sup>9</sup> Ibid., p.11

<sup>10</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Bogotá, 2010. p.8.

**REACH:** Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, en español, Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de sustancias y mezclas químicas.

**REP:** Responsabilidad Extendida del Productor, se trata de un principio para promover mejoras ambientales al extender las responsabilidades de los fabricantes del producto a varias fases del ciclo total de su vida útil<sup>11</sup>.

**Respel:** Residuos Peligrosos.

**Sector Informal:** Se refiere a los actores y prácticas que se encuentran por fuera de las instituciones oficiales y estructuras regulatorias.

**SECO:** Secretaría Estatal para Asuntos Económicos.

**StEP initiative:** Solving the E-waste Problem Initiative

**TCI:** Tarjeta de Circuito Impreso.

**TIC:** Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, conjunto de instrumentos, herramientas o medios de comunicación como la telefonía, los computadores, el correo electrónico y la Internet que permiten comunicarse entre sí a las personas u organizaciones<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> GREENPEACE. Responsabilidad Extendida del Productor (REP).  
<http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Responsabilidad-Extendida-del-Productor-REP>, 2010

<sup>12</sup> OSILAC. El estado de las estadísticas sobre Sociedad de la Información en los Institutos Nacionales de Estadística de América Latina y el Caribe.  
<https://www.itu.int/net/wsis/stocktaking/docs/activities/1102712635/statistics-es.pdf>, 2004, p.6



## RESUMEN

Las TIC son una herramienta determinante en el desarrollo del mundo contemporáneo, sin embargo los cambios tecnológicos y la obsolescencia programada de dispositivos como teléfonos móviles, computadores de escritorio y portátiles despiertan una gran preocupación por la cantidad creciente y progresiva de RAEE generados al término de su vida útil. La falta de legislación, de voluntad y conciencia de los consumidores de TIC y la ausencia de los fabricantes en su deber de establecer una REP, los hace objeto de varios tipos de gestión, aprovechamiento y disposición diferenciado entre países desarrollados y en vía de desarrollo, en unos casos las prácticas de reciclaje son eco-eficientes y sostenibles pero en otros casos las prácticas son potencialmente perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. Siendo Colombia un país en desarrollo, el reciclaje de RAEE es emprendido por el sector formal e informal con fortalezas y debilidades, que son objeto de análisis bajo el marco internacional de acuerdos ambientales multilaterales y las experiencias de varios países de la Unión Europea, África y Asia con estudios de caso sobre la normatividad promulgada y aplicable y las actividades y prácticas establecidas para la gestión de RAEE, estableciendo así elementos de diagnóstico sobre el estado actual de su gestión en el país en comparación a los países en referencia.

**Palabras Clave:** TIC, AEE, Gestión de RAEE, Países en vía de desarrollo, Países desarrollados.

## ABSTRACT

Communication and Information Technologies (CIT), is a determinant tool in development of contemporary world, however technological changes and programmed obsolescence of devices like mobile phones and computers wakes up a great concern due to increasing and progressive amount of Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE) produced in its end of life. Lack of laws, will and awareness of CIT consumers and absence of manufacturers in their duty of enforce Extended Producer Responsibility (EPR), cause that WEEE has different types of management, recovery and disposal among developed countries and developing countries, in some cases the recycling activities are eco-efficient and sustainable but in other cases the activities are harmful to human health and environment. Being Colombia a developing country, the recycling activities are undertaken for formal and informal sector with strengths and weakness that are analysis target under international framework of multilateral environmental agreements and case studies of many countries that belongs to European Union, Asia and Africa with their experiences about statement and enforcement of laws together with the activities and processes for WEEE management that provides diagnosis elements around of current state of its management in Colombia regarding to countries in reference.

**Keywords:** CIT, EEE, WEEE management, Developing countries, Developed countries.

## INTRODUCCIÓN

Las TIC constituyen una herramienta determinante en el vertiginoso desarrollo tecnológico que experimenta el mundo contemporáneo, en contraposición con lo anterior, surge una gran preocupación mundial por la cantidad de RAEE generados al término de la vida útil de dispositivos como teléfonos móviles, computadores de escritorio y portátiles, entre otros, cuyo flujo es cada vez más creciente y su control sigue siendo precario e insuficiente; La falta de legislación y el desinterés en el cumplimiento y/o aplicación de normas en torno a los RAEE en distintas zonas o regiones los hace objeto de tipos de gestión, aprovechamiento y disposición diferenciados que es notable entre países desarrollados y en vía de desarrollo, evidenciando en algunos casos, la utilización de técnicas y tecnologías de bajo impacto, en otros casos la utilización de técnicas rudimentarias con recursos inapropiados que en últimas se convierten en una amenaza para el medio ambiente y la sociedad.

Colombia por su parte, es un mercado emergente en desarrollo en donde el uso de las TIC fomentada por la penetración de dispositivos electrónicos como teléfonos móviles y computadores junto con la ampliación de la redes de telecomunicaciones es cada vez más creciente generando recíprocamente un volumen creciente de RAEE por efecto de los avances e innovaciones tecnológicas así como por la obsolescencia programada que reduce la vida útil de AEE; Su gestión y aprovechamiento a pesar de los esfuerzos de varios colectivos es llevado a cabo en su gran mayoría por el sector informal que realiza una serie de actividades perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana en la recuperación de materiales de valor, el control y monitoreo por parte de las autoridades competentes es insuficiente debido a la ausencia de un marco normativo exclusivo para la gestión de RAEE que junto a la ignorancia, falta de conciencia y voluntad de los consumidores, impide la implementación de planes efectivos para la gestión de RAEE en el país.

El presente trabajo, propone realizar un análisis del estado de la gestión de RAEE en Colombia, teniendo como contexto referente el marco internacional de acuerdos ambientales multilaterales junto con el marco regulatorio regional, estrategias y acciones de gestión de países de la Unión Europea, Asia y África, para finalmente establecer los elementos de diagnóstico de la gestión de RAEE en el país y formular recomendaciones con respecto a los métodos y sistemas de gestión de RAEE apropiados.

Para este fin se abarcará la descripción de los RAEE, su clasificación, características y componentes, el marco legislativo regional y nacional de los países en estudio, las actividades dentro de la cadena de gestión de RAEE de cada nación, las tendencias en la penetración de TIC en Colombia, el análisis de

las normas más representativas en la gestión de RAEE en el país, la comparación de los sistemas de gestión de todos los países según los lineamientos de la directiva de gestión de RAEE de la Unión Europea como herramienta integral y las conclusiones y recomendaciones respectivas.

# 1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La generación de RAEE a nivel mundial, es ocasionada principalmente por los cambios tecnológicos y la obsolescencia programada de dispositivos TIC entre los que se destacan computadores y teléfonos móviles, fomentando su rápido y progresivo cambio en hogares y empresas; actualmente la gestión de RAEE en Colombia, a pesar de la participación de varias empresas formales que se dedican a su reciclaje, en su gran mayoría es realizado por el sector informal<sup>13</sup>. A pesar de los esfuerzos para llevar a cabo su adecuado manejo, la recolección es insuficiente, cubriendo solo a unas partes de la población, lo que conduce a la disposición final inadecuada de los residuos generados en hogares y empresas en rellenos sanitarios; por otra parte, el aprovechamiento de RAEE efectuado con técnicas rudimentarias por el sector informal, genera una serie de riesgos e impactos a la salud humana y al medio ambiente por sus prácticas ineficientes y descontroladas que exponen a la población, a los contaminantes o elementos tóxicos contenidos en la mayoría de los RAEE, como metales pesados y Compuestos Orgánicos Persistentes<sup>14</sup>.

Las experiencias internacionales, ofrecen una perspectiva sobre la gestión de RAEE con notables diferencias, en el caso de la Unión Europea las directivas establecidas por su parlamento, han llevado a promover la responsabilidad extendida del productor, exigiendo a los fabricantes medidas necesarias para reducir, reciclar y recuperar los RAEE con un desempeño ambiental adecuado, asumiendo su financiación, a su vez este parlamento prohíbe el movimiento transfronterizo de RAEE y sus componentes, según lo establecido en los acuerdos ambientales multilaterales; por el contrario, varios países asiáticos y africanos reciben una cantidad cada vez mayor de RAEE, a través de importaciones ilegales provenientes de diferentes partes del mundo; los métodos o técnicas que estos países emplean para su aprovechamiento son rudimentarios y en últimas van en detrimento de las condiciones de salud humana y del estado del medio ambiente de su territorio, por efecto de las sustancias químicas generadas durante el procesamiento de dispositivos eléctricos y electrónicos, como consecuencia de la ausencia de políticas o la falta de aplicación, divulgación, cumplimiento y control de la normatividad establecida para la gestión de RAEE.

---

<sup>13</sup> BLASER, F. Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia Diagnóstico de Electrodomésticos y de Aparatos Electrónicos de Consumo. Bogotá: Swiss e-waste programme, 2009, p. 97

<sup>14</sup> OGUCHI, M., SAKANAKURA, H., y TERAZONO, A. Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. En: Science of the Total Environment. October, 2013. vol. 463-464, p. 1124–1132.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Teniendo en cuenta el contraste alrededor de las prácticas de gestión de RAEE en países desarrollados como Alemania, Bélgica e Italia y países en desarrollo como China, India y Ghana, que recomendaciones se pueden formular en la construcción de la política de gestión integral de RAEE en proceso de desarrollo en Colombia?

## 2 JUSTIFICACIÓN

Los avances progresivos en el desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones reducen de una manera cada vez más rápida la utilidad de los dispositivos eléctricos y electrónicos, ya sea por la presión comercial con respecto a su necesidad o simplemente por la obsolescencia de los mismos, generando un aumento progresivo en la cantidad de residuos eléctricos y electrónicos, cuya gestión integral está por debajo de la producción y en muchos casos es inadecuada.

A pesar de que la gestión de RAEE en varios países se realiza de forma inadecuada, existen otros países que cuentan con la tecnología necesaria para llevar a cabo una gestión apropiada de este tipo de residuos, es por ende y de suma importancia establecer, los principios fundamentales que se destacan en los acuerdos y/o convenios ambientales multilaterales establecidos internacionalmente, la legislación regional promulgada en la Unión Europea, Asia y África y el marco de actuación en los procesos o actividades establecidas para la gestión de RAEE en los países pertenecientes a estas regiones, con el propósito de identificar su desempeño y las oportunidades que pueden traer estas prácticas en el desarrollo sostenible.

Actualmente en Colombia, pese a que ya existen varias empresas de reciclaje formal que efectúan el adecuado aprovechamiento de RAEE, se estima que una gran cantidad de estos residuos son reciclados o desechados inadecuadamente, lo que puede originar impactos negativos en el ambiente del territorio nacional y posibles afectaciones a la salud humana en un futuro próximo.

Por lo anterior, es de vital importancia los estudios de caso sobre el marco de actuación de la gestión de RAEE que otras naciones han emprendido, con la finalidad de analizar estos contextos frente a la situación actual de Colombia y de esta manera, lograr identificar las debilidades y fortalezas presentes, así como las oportunidades de mejora, que permitan la formulación de alternativas sostenibles para la gestión integral y eficiente de RAEE en el país.

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Construir el estado del arte de la gestión de RAEE en Colombia, a partir del análisis del marco internacional de convenios, acuerdos ambientales multilaterales y el análisis de estrategias de gestión de RAEE emprendidas en países de la Unión Europea (Alemania, Bélgica e Italia), Asia (China e India) y África (Ghana).

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Realizar la revisión de convenios y acuerdos ambientales multilaterales establecidos internacionalmente y del marco de legislación regional de la Unión Europea, Asia y África, con respecto a los RAEE.
- ✓ Realizar el análisis de estrategias y acciones de gestión de RAEE establecidas por países de la Unión Europea (Alemania, Bélgica e Italia), Asia (China e India), África (Ghana) y América (Colombia).
- ✓ Establecer el diagnóstico de la situación actual de la gestión de RAEE en Colombia a partir de la comparación en este ámbito con los países de la Unión Europea (Alemania, Bélgica e Italia), Asia (China e India) y África (Ghana).
- ✓ Formular recomendaciones para Colombia, con respecto a las estrategias y prácticas de gestión de RAEE adoptadas por los países de la Unión Europea (Alemania, Bélgica e Italia), Asia (China e India) y África (Ghana).



## 4 MARCO REFERENCIAL

### 4.1 MARCO TEÓRICO

#### 4.1.1 Clasificación de RAEE

En el contexto de gestión, la clasificación de RAEE toma una gran importancia debido a la complejidad en el diseño con el que fueron fabricados los AEE cuyas características físicas y químicas (dimensiones, composición de materiales y sustancias químicas) pueden diferir entre unos y otros, lo que implica una recolección, almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y disposición diferenciado según el tipo de dispositivo electrónico.

Así como existen varias definiciones de RAEE, existen también varias clasificaciones dependiendo el contexto de aplicación, ya que no se ha llegado a un acuerdo entre países y organizaciones para establecer un criterio general y estándar al respecto, por lo tanto a continuación se presentarán algunas de las clasificaciones existentes en el mundo.

Para el ámbito de aplicación de la Directiva 96 de 2002 de la Unión Europea se describe la siguiente clasificación de RAEE.

**Tabla 1:** Clasificación de RAEE según la Directiva de la Unión Europea

Ítem	Categoría	RAEE Comprendidos
1	Grandes Electrodomésticos	Neveras, Congeladores, Lavadoras, Secadoras, Lavavajillas, Cocinas, Hornos eléctricos, Placas de calor eléctricas, Hornos de microondas, Aparatos de calefacción eléctricos, Radiadores eléctricos, Ventiladores eléctricos, Aparatos de aire acondicionado, etc.
2	Pequeños Electrodomésticos	Aspiradoras, Limpia moquetas, Planchas, Tostadoras, Freidoras, Aparatos para cortar el pelo, Relojes, Básculas, etc.
3	Equipos de Informática y Telecomunicaciones	Grandes ordenadores, Ordenadores personales, Ordenadores portátiles, Ordenadores portátiles de tipo «notebook», Ordenadores portátiles de tipo «tableta», Impresoras, Copiadoras, Máquinas de escribir eléctricas y electrónicas, Calculadoras de mesa y de bolsillo, Teléfonos móviles, etc.

4	Aparatos Electrónicos de Consumo y Paneles Fotovoltaicos	Radios, Televisores, Videocámaras, Aparatos de grabación de vídeo, Cadenas de alta fidelidad, Amplificadores de sonido, Instrumentos musicales, Paneles fotovoltaicos, etc.
5	Aparatos de Alumbrado	Luminarias para lámparas fluorescentes, con exclusión de las luminarias de los hogares, Lámparas fluorescentes rectas, Lámparas fluorescentes compactas, Lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos, Lámparas de sodio de baja presión, etc.
6	Herramientas Eléctricas y Electrónicas	Taladradoras, Sierras, Máquinas de coser, Pulidoras, Equipos de soldadura Herramientas para cortar césped o para otras labores de jardinería, etc.
7	Juguetes o Equipos Deportivos y de Ocio	Trenes eléctricos o coches de carreras en pista eléctrica, Consolas portátiles, Videojuegos, Ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr, hacer remo, Material deportivo con componentes eléctricos o electrónicos, etc.
8	Productos Sanitarios	Aparatos de radioterapia, Aparatos de cardiología, Aparatos de diálisis, Ventiladores pulmonares, Aparatos de medicina nuclear, Aparatos de laboratorio para diagnóstico in vitro, Analizadores, Congeladores, Pruebas de fertilización, etc.
9	Instrumentos de Vigilancia y Control	Detectores de humos, Reguladores de calefacción, Termostatos, etc.
10	Máquinas Exendedoras	Máquinas expendedoras automáticas de bebidas calientes, botellas o latas, frías o calientes, productos sólidos, etc.

**Fuente:** Directiva 2012/19 de la Unión Europea

Los RAEE también se pueden clasificar mediante otra categorización en tres líneas fundamentales diferenciadas por colores.

**Tabla 2:** Clasificación de RAEE según el Ministerio de Medio Ambiente

Ítem	Categoría	RAEE
1	Línea Blanca	Electrodomésticos grandes y pequeños: neveras, lavadoras, lavaplatos, hornos, cocinas, etc.
2	Línea Marrón	Electrónicos de consumo: televisores, equipos de audio y video

3	Línea Gris	Equipos informáticos y de telecomunicaciones: computadores, teclados, ratones, teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles, etc.
---	------------	---

**Fuente:** Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, 2010.

Desde el contexto de la gestión y adecuado manejo de RAEE, la Asociación de las Ciudades y Regiones por el Reciclaje y la gestión sostenible de los Recursos ACRE establece la siguiente categorización:

**Tabla 3:** Clasificación de RAEE desde el contexto de gestión.

Ítem	Categorías	RAEE que aplica
1	Aparatos destinados a la refrigeración	Neveras, congeladores, otros refrigerantes
2	Electrodomésticos grandes y medianos (menos equipos de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos
3	Aparatos de iluminación	Tubos fluorescentes, bombillos
4	Aparatos con monitores y pantallas	Televisores, monitores CRT, monitores LCD
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón (Excepto los mencionados en categorías anteriores)

**Fuente:** Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, 2010.

Para el desarrollo de este documento, teniendo en cuenta el enfoque del trabajo, se utilizó la categorización de RAEE establecida en la Directiva 96 de la Unión Europea, siendo esta la que tiene más pertinencia en los planes de gestión de RAEE establecidos por los países en estudio y organiza adecuadamente en uno de los grupos de la categoría los dispositivos electrónicos de interés en este trabajo como lo son los teléfonos móviles y computadores.

#### 4.1.2 Características de RAEE

Los dispositivos eléctricos y electrónicos son artefactos ensamblados con una infinidad de elementos y compuestos químicos aprovechables y en otros casos de

riesgo potencial para la salud y el medio ambiente. Metales comunes como hierro, cobre y aluminio, metales preciosos como oro, plata y paladio y metales pesados como cadmio, cromo, plomo, arsénico, entre otros pueden encontrarse en este tipo de artefactos<sup>15</sup>. Para el caso de los accesorios de los dispositivos de cómputo como cables de energía, red y video, que son a menudo cubiertos con Policloruro de Vinilo PVC y contienen piretardantes bromados, su quema descontrolada para la separación de cobre genera dioxinas y furanos<sup>16</sup>.

**Tabla 4:** Composición de materiales (Computador y Teléfono Móvil)

Ítem	Tipo de Equipo	Nro.	Fracción de Peso (%) de Materiales				
			Material Ferroso	Material Aluminio	Material cobre de cable	Plástico	TCI
1	Computador de Escritorio	6	47,2	-	0,9	2,8	9,4
2	Computador Portátil	10	19,5	2,4	1	25,8	13,7
3	Teléfono Móvil	16	0,8	-	0,3	37,6	30,3

**Fuente:** Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes, 2013.

**Tabla 5:** Concentración de Metales en Tarjetas de Circuito Impreso (Computador y Teléfono Móvil).

Ítem	Tipo de Equipo	Nro.	Contenido de Metales de TCI (mg/Kg)													
			Metales Tóxicos						Metales Comunes					Metales Preciosos		
			Ba	Be	Cd	Cr	Pb	Sb	Al	Cu	Fe	Sn	Zn	Ag	Au	Pd
1	Computador de Escritorio	8	1900	1	9	270	23	2200	18	200	13	18	2700	570	240	150
2	Computador Portátil	2	5600	32	2	610	9800	1300	18	190	37	16	16	1100	630	200
3	Teléfono Móvil	19	19	21	4	1100	13	760	15	330	18	35	5000	3800	1500	300

**Fuente:** Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes, 2013.

Los daños potenciales a la salud y medio ambiente relacionados a las sustancias contenidas en los dispositivos eléctricos y electrónicos en desuso se presentan a continuación.

<sup>15</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Op. Cit., p. 10.

<sup>16</sup> LUNDGREN. Op cit, p. 23.

**Tabla 6:** Impactos de las sustancias químicas contenidas en los RAEE

<b>SUSTANCIAS</b>	<b>DAÑOS POTENCIALES PARA LA SALUD HUMANA</b>	<b>DAÑOS POTENCIALES PARA EL MEDIO AMBIENTE</b>
Materiales ignífugos bromados	Cancerígenos y neurotóxicos; pueden interferir así mismo con la función reproductora.	En los vertederos son solubles, en cierta medida volátiles, bioacumulativos y persistentes. Al incinerarlos se generan dioxinas y furanos.
Cadmio (Ca)	Posibles efectos irreversibles en los riñones; provocan cáncer o inducen a la desmineralización ósea.	Bioacumulativo, persistente y toxico para el medio ambiente.
Cromo VI	Provoca reacciones alérgicas; en contacto con la piel, es caustico y genotoxico.	Las células lo absorben muy fácilmente; efectos tóxicos.
Plomo (Pb)	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular; también en los riñones.	Acumulación en el ecosistema; efectos tóxicos en la flora, la fauna y los microorganismos.
Níquel (Ni)	Puede afectar a los sistemas endocrinos e inmunológicos, a la piel y a los ojos.	
Mercurio (Hg)	Posibles daños cerebrales; impactos acumulativos.	Disuelto en el agua, se va acumulando en los organismos vivos.

**Fuente:** ACRE

## **4.2 MARCO NORMATIVO**

### **4.2.1 Marco Regulatorio Internacional**

#### **4.2.1.1 Acuerdos Ambientales Multilaterales**

##### **Protocolo de Montreal (1987)**

Establece un control en la producción y comercialización de las sustancias que agotan la capa de ozono como: halones, tetracloruro de carbono, Clorofluorocarbonos CFC, bromuro de metilos, etc., que son de aplicación industrial y doméstica. Para esto se han planeado sistemas de control, licencias, plazos máximos para eliminación de estas sustancias, entre otras estrategias para mantener una inspección de la generación de este tipo de sustancias y su consunción en tiempos determinados<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> PNUMA. Tratados internacionales para la protección a la capa de ozono. [http://www.pnuma.org/ozono/Documentos/DiaOzono/tratados\\_internacionales\\_ozono.pdf](http://www.pnuma.org/ozono/Documentos/DiaOzono/tratados_internacionales_ozono.pdf), 2006.

## **Convención de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación (1989)**

Las partes tienen como ideal proteger el medio ambiente y al ser humano de los efectos que pueden generar los residuos peligrosos<sup>\*</sup>, por lo cual se comprometen a controlar y prevenir los movimientos transfronterizos de estos, al igual que realizar su manejo ambientalmente racional y su eliminación lo más cerca posible a la fuente de producción y por último reducir al máximo la generación de los desechos peligrosos; lo anterior se adaptará por medio de controles rigurosos de cada uno de sus miembros<sup>18</sup>.

### **Enmienda a la Convención de Basilea –Enmienda de Prohibición (1997)**

Prohíbe la exportación de residuos peligrosos ya sea para su eliminación y/o reciclaje, desde países desarrollados a países no desarrollados, incluyendo a los países que no hace parte del convenio<sup>19</sup>.

### **Convenio de Rotterdam (1998)**

Promueve la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las partes en el comercio internacional de ciertos productos peligrosos con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente, de igual manera tiene como objeto contribuir al uso ambientalmente racional de tales productos, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su exportación e importación haciendo extensiva esta información a las partes<sup>20</sup>.

### **Convenio de Estocolmo (2001)**

El convenio pretende acotar la contaminación por los Contaminantes Orgánicos Persistentes COP entre los que se incluyen compuestos como: aldrina, clordano, heptacloro, policlorobifenilos, PCB, entre otros; mediante la adopción y/o desarrollo de estrategias para prohibir la producción, utilización, importación y exportación de estos<sup>21</sup>.

---

<sup>\*</sup> En el Anexo I se especifican las sustancias y artículos que contengan o estén contaminados por PCB o PBB presentes en los aparatos eléctricos y electrónicos a menos que no tengan ninguna característica peligrosa descrita en los Anexo III y Anexo VIII.

<sup>18</sup> PNUMA. Convenio de Basilea.

[http://www.basel.int/Portals/4/Basel Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf](http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf), 2011.

<sup>19</sup> Ibid, p.1

<sup>20</sup> PNUMA. Rotterdam Convention.

<http://www.pic.int/TheConvention/Overview/tabid/1044/language/en-US/Default.aspx>, 2010.

<sup>21</sup> PNUMA. Stockholm Convention.

<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx>, 2008

## Convenio de Minamata sobre Mercurio (2013)

Establece los lineamientos para la adopción de medidas que protejan la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y compuestos de mercurio, contemplando el control de los productos que lo contengan y la posible reducción de sus emisiones al aire procedentes de procesos de fundición y calcinación e incineración de desechos<sup>22</sup>.

### 4.2.1.2 Legislación Regional de la Unión Europea

**Tabla 7:** Resumen de la legislación regional de la Unión Europea sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO	FUENTE
2001	El Convenio de Aarhus	El convenio promueve una participación abierta en cuanto a temas ambientales, permitiendo un acceso a la información, toma de decisiones y una introducción a la justicia al público en general, cohesionando los derechos del medio ambiente con los derechos humanos, generándose así un vínculo entre los participantes que permitirá una transparencia en el proceso .	<a href="http://www.cepal.org/dmaah/noticias/paginas/7/27987/eduardo_salazar_2.pdf">http://www.cepal.org/dmaah/noticias/paginas/7/27987/eduardo_salazar_2.pdf</a>
2006	REACH Reglamento (Ce) No 1907/2006 Del Parlamento Europeo Y Del Consejo	El Objetivo del REACH es mejorar la protección de la salud humana y la conservación del medio ambiente, por medio de la realización de evaluaciones, registros, autorizaciones y restricciones en el uso de sustancias químicas y mezclas químicas en cuanto a la fabricación, comercialización y su uso de estas.	<a href="http://www.boe.es/doue/2006/396/L0001-00852.pdf">http://www.boe.es/doue/2006/396/L0001-00852.pdf</a>
2011	Directiva 2011/65/UE Del Parlamento Europeo y del Consejo sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en Aparatos Eléctricos y Electrónicos	El objetivo de la directiva la cual derogada la Directiva 2002/95/CE es el establecimiento de restricciones para la utilización de sustancias peligrosas en AEE con el propósito de proteger el medio ambiente y la salud humana de los posibles riesgos de emisión, por otra parte fomenta la valorización y eliminación ambientalmente racional de los residuos de AEE.	<a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:ES:PDF">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:174:0088:0110:ES:PDF</a>

<sup>22</sup>PNUMA. Convenio de Minamata sobre el mercurio. [http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata Convention on Mercury\\_booklet\\_Spanish REV 1.pdf](http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/Minamata%20Convention%20on%20Mercury_booklet_Spanish_REV%201.pdf), 2013.

<b>2012</b>	Directiva 2012/19/UE Del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Residuos de Aparatos Eléctricos Y Electrónicos (RAEE)	Esta directiva que deroga la directiva 2002/96/CE, establece las medidas para la gestión de RAEE en la UE, articuladas bajo la prevención y minimización de los impactos negativos tendientes a presentarse en el proceso, buscando la recuperación eficiente de materiales para optimizar los recursos naturales y reducir su explotación incontrolada con el propósito de proteger el medio ambiente y al ser humano.	<a href="http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:ES:PDF">http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:ES:PDF</a>
-------------	---	---	---

**Tabla 8:** Legislación Nacional de Alemania sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO
		✓ Establece los requerimientos para la responsabilidad del productor de dispositivos electrónicos.
<b>2005</b>	Ley ElektroG	✓ Su propósito es prevenir los RAEE, promoviendo su reutilización y apropiada gestión, con el fin de evitar y reducir el volumen que se dispone inadecuadamente en los residuos comunes, liberando sustancias peligrosas al ambiente.

**Fuente:** Implementation of the WEEE-directive-economic effects and improvement potentials for reuse and recycling in Germany, 2010

**Tabla 9:** Legislación Nacional de Bélgica sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO
<b>2002</b>	Decreto del Gobierno de Valona	Dispone las obligaciones de responsabilidad extendida de los productores en la gestión de RAEE.
<b>2002</b>	Decreto del Gobierno Metropolitano de Bruselas	Establece los roles y obligaciones de todas las partes interesadas en el sistema de gestión de RAEE en la región de Bruselas.
<b>2004</b>	Decreto del Gobierno de Flandes	Establece las obligaciones de recolección y de responsabilidad extendida de los productores y las demás partes interesadas en la cadena de gestión de RAEE.
<b>2004</b>	Decreto Real	✓ Prohíbe el lanzamiento al mercado de dispositivos electrónicos nuevos que contengan metales pesados y COP. ✓ Exige que se informe a los usuarios de dispositivos electrónicos sobre su rol y sus obligaciones en el sistema de gestión de RAEE.

**Fuente:** <http://www.recupel.be/legislation-authorities.html>



**Tabla 10:** Legislación Nacional de Italia sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO
		✓ Prevenir la producción de RAEE y promover el reúso y la apropiada gestión de RAEE con el fin de eliminar la cantidad que se dispone.
2005	Decreto Legislativo No. 151	✓ Mejorar el medio ambiente a través de la intervención de las partes interesadas en la gestión de los RAEE y reducir el uso de sustancias peligrosas en dispositivos eléctricos.

Fuente: [http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013\\_ENG.pdf](http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013_ENG.pdf)

#### 4.2.1.3 Legislación Regional de Asia

**Tabla 11:** Legislación Nacional de India sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO
1986	Ley Del Medio Ambiente (Act.1986)	Faculta al gobierno Central para constituir las medidas y las autoridades delegadas para la protección del medio ambiente, con el fin de reducir y controlar la contaminación en diversas partes del país, protegiendo y aumentando la calidad del medio ambiente.
1992	Ley de Seguro de Responsabilidad Civil	Dispone la cobertura de seguros sobre sustancias peligrosas y accidentes por estas.
1995	Ley Nacional Tribunal Ambiental	El tribunal ambiental**, estipula la obligación objetiva sobre los daños causado por el manejo de sustancias peligrosas.
2008-2009	Los Residuos Peligrosos (gestión y manipulación y movimiento transfronterizo) reglas, 2008 (enmiendas Julio de 2009, septiembre de 2009)	Reglamenta y busca soluciones alrededor de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y busca alternativas para su eliminación y gestión ambientalmente racional.

\*\* Promueve medidas legislativas y reglamentarias en cuanto a la conservación, preservación y protección del medio ambiente (Government Of India, 2006).

<b>2011</b>	Reglas sobre RAEE (gestión y manipulación)	Dispone cada una de las obligaciones de los productores y las partes interesadas involucradas en la cadena de gestión durante el ciclo de vida de dispositivos electrónicos desde la manufactura hasta el aprovechamiento y disposición de los residuos electrónicos generados.
-------------	--	---

**Fuente:** A roadmap for development of sustainable E-waste management system in India, 2010

**Tabla 12:** Legislación Nacional de China sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO
<b>2003</b>	Boletín con respecto al fortalecimiento del medio ambiente y la gestión de los RAEE (hBulletin)	Regula el proceso de reciclaje de los RAEE, gestionando sistemas de clasificación y actualización de proyectos relacionados con el tema.
<b>2007</b>	Medidas Administrativas sobre el control de la contaminación de los productos de información electrónicos (RoHS de China)	Se toma diversas medidas, como la restricción en el uso de sustancias tóxicas y peligrosas, el etiquetado obligatorio de estas y el suministro de información en cuanto a los componentes de las sustancias peligrosas para su respectivo reciclaje.
<b>2007</b>	Medidas Administrativas sobre la recuperación de Recursos Renovables	Recuperación de RAEE.
<b>2008</b>	Medidas administrativas en materia de prevención de la contaminación de los residuos eléctricos y equipos electrónicos	Adopta medidas de prevención de la contaminación en el proceso de tratamiento y reciclaje de RAEE y especifica las responsabilidades de las partes interesadas y el esquema de licenciamiento para las empresas de reciclaje de RAEE.
<b>2010</b>	Especificaciones técnicas de control de la contaminación de equipos eléctricos y electrónicos durante su procesamiento	Ilustra los requisitos detallados del transporte, almacenamiento, desmontaje, tratamiento y reciclaje de los RAEE.
<b>2011</b>	La Administración De La Recuperación Y Eliminación De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Productos Electrónicos (China RAEE)	La administración y recuperación de los RAEE tendrá en cuenta lo siguiente: calificación de la gestión, un fondo especial para el tratamiento de este tipo de residuos, alianzas en el reciclaje, certificaciones de AEE de segunda mano, entre otras medidas.
<b>2011</b>	Medidas administrativas para la solicitud de licencia de eliminación de RAEE desechados como productos electrónicos	Medidas sobre la solicitud de licencia para la eliminación de los RAEE.

**Fuente:** The development of WEEE management and effects of the fund policy for subsidizing WEEE treating in China, 2014.

#### 4.2.1.4 Legislación Regional de África

##### Convención de Bamako (1998, negociado por 12 naciones)

Es un tratado de las naciones africanas para prohibir la importación a África de cualquier residuo peligroso, que tiene como objetivos: prohibir, minimizar y controlar los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y radioactivos, garantizar una eliminación de los residuos peligrosos adecuada, generar cooperación entre los países africanos, entre otras particularidades<sup>23</sup>.

**Tabla 13:** Legislación Nacional de Ghana sobre RAEE

FECHA	NORMATIVIDAD	CONCEPTO	FUENTE
1989	Ley del Mercurio (P.N.D.C.L 217)	Esta ley regula el uso del mercurio en cuanto a su posesión, traslado, compra, venta por medio de licencias que son generadas por el Ministerio de Comercio.	24
1994	Ley de la Agencia de Protección del Medio Ambiente (Ley 490)	Su objetivo es reducir la contaminación controlando el impacto causado por las descargas, emisiones y depósitos de sustancias peligrosas. Además crea el comité de Productos Químicos Peligrosos el cual se encarga de la inspección del uso, fabricación, comercialización y eliminación de este tipo de sustancias	25
1995	Ley de Exportación e Importación (Ley 503)	Por la cual se reglamenta la obtención de un permiso, licencia o certificado para la importación y/o exportación de bienes, en los cuales también se incluyen las sustancias peligrosas.	26

<sup>23</sup> LUNDGREN. Op cit, p. 35

<sup>24</sup> [http://www.pic.int/Portals/5/ResourceKit/B\\_Guidance information/Case studies/Ghana/PDF/GhanaESP.pdf](http://www.pic.int/Portals/5/ResourceKit/B_Guidance%20information/Case%20studies/Ghana/PDF/GhanaESP.pdf)

<sup>25</sup> [http://ewasteguide.info/files/Amoyaw-Osei\\_2011\\_GreenAd-Empa.pdf](http://ewasteguide.info/files/Amoyaw-Osei_2011_GreenAd-Empa.pdf)

<sup>26</sup> [http://www.pic.int/Portals/5/ResourceKit/B\\_Guidance information/Case studies/Ghana/PDF/GhanaESP.pdf](http://www.pic.int/Portals/5/ResourceKit/B_Guidance%20information/Case%20studies/Ghana/PDF/GhanaESP.pdf)

## 5 METODOLOGÍA

La metodología tiene como propósito observar de manera detallada la problemática ambiental y social con respecto al manejo de los RAEE en el ámbito internacional con un enfoque en las regiones de la Unión Europea, Asia y África, y un especial énfasis en Colombia con el fin de generar un análisis de la gestión de este tipo de residuos entre Colombia y los países estudiados como lo son Alemania, Bélgica, Italia, China, India y Ghana.

Los enfoques metodológicos que se utilizaron son: “*exploratorio*” el cual permitió identificar los conceptos básicos en cuanto a la gestión de RAEE se refiere (normatividad y políticas) y la bibliografía que está disponible con respecto al tema, el “*descriptivo*” con el cual se estudió a fondo y en detalle los impactos ambientales, sociales y legales derivados de la gestión de los RAEE en los diferentes países con un énfasis en la situación actual en Colombia.

### **Aspectos metodológico-operativos**

Teniendo en cuenta que el trabajo esencialmente consiste en el estudio de la gestión integral de RAEE de computadores tanto de escritorio como portátiles y teléfonos móviles en la Unión Europea, Asia, África y en Colombia, el principal enfoque operativo fue la recolección de información de fuentes primarias y principalmente fuentes secundarias con respecto a la situación en cada uno de los lugares seleccionados, después se clasificó y selecciono la información recopilada durante 4 meses aproximadamente. Finalmente se realizó un análisis con la información obtenida y estudiada, con enfoque en Colombia.

Los temas básicos abordados en el estudio son:

- Legislación y políticas sobre la gestión de RAEE en cada país estudiado.
- Gestión de RAEE en los países de estudio.
- Impactos sociales y ambientales en el manejo de este tipo de residuos en Colombia.

Cada uno de estos temas se reflejó en la información recolectada, que se clasificó, seleccionó y analizó.

### **Organigrama metodológico**

En el desarrollo del proyecto se generaron dos fases fundamentales con sus respectivas actividades, que se describen a continuación:

1. **Fase exploratoria:** Esta fase fue la introducción a la temática de los RAEE, por medio de diferentes referencias. Las actividades propuestas fueron:
  - **Identificación y clasificación de RAEE,** se realizó por medio de diferentes fuentes como el Ministerio de Ambiente, la Directiva 96 de 2002 de la Unión Europea y la ACRE. En cuanto a sus características, componentes y sus impactos negativos al ambiente y a la salud humana se recurrió a artículos científicos.
  - **Revisión bibliográfica de los instrumentos legales para la gestión de RAEE en países de la Unión Europea, Asia, África y Colombia,** se utilizaron documentos legales oficiales de cada país así como artículos científicos.
  - **Revisión bibliográfica de la Gestión de RAEE en países de la Unión Europea, Asia, África y Colombia,** Se identificó la gestión mediante artículos científicos, páginas web oficiales sobre la gestión de RAEE, artículos de revistas indexadas y diagnósticos, este último en el caso específico de Colombia.
  - **Selección y clasificación de la información adecuada con respecto a los países de estudio.**
  
2. **Fase descriptiva:** Esta fase es de descripción y a su vez de análisis de las diversas fuentes de información seleccionadas. Las actividades propuestas fueron:
  - **Análisis de los instrumentos legales correspondientes a Colombia,** se ejecutó por medio de una relación entre normativas que presentaban una analogía directa e indirecta con los RAEE, por medio de diferentes componentes entre los que se destacan el ambiental, el económico y el social, así como las fortalezas y falencias de cada norma.
  - **Análisis de los contextos locales de los RAEE y su gestión en países de la Unión Europea, Asia, África y Colombia,** Se realizó a través de un cuadro comparativo, identificando en cada uno de los países de estudio componentes como normatividad, actividades en la cadena de gestión de los RAEE, valorización, responsabilidad extendida del productor, información, coordinación del sistema de gestión y sanciones.
  - **Establecer el diagnóstico de la situación actual de la gestión de RAEE en Colombia,** El diagnóstico se estableció a partir de la comparación de la gestión e implementación y cumplimiento de la normatividad con respecto a los RAEE en los países de estudio enfocándonos en la situación actual en Colombia.
  - **Formular recomendaciones, estrategias y prácticas de gestión de RAEE para Colombia,** Se efectuaron por medio de las experiencias, técnicas y actividades generadas en los países de estudio.

## **6 ACTIVIDADES O ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO**

Los residuos electrónicos son el flujo de residuos de más rápido crecimiento mundialmente, como resultado de la alta tasa de penetración y la rápida obsolescencia de dispositivos eléctricos y electrónicos a causa de los avances e innovaciones tecnológicas en el campo de las comunicaciones y los sistemas de información en el mundo, incitando así el acelerado término de vida útil de teléfonos móviles y equipos de cómputo entre otros<sup>27</sup>. De acuerdo con StEP initiative<sup>28</sup> el volumen anual de residuos electrónicos aumentará aproximadamente un 33%, es decir, una cantidad estimada de 65.4 millones de toneladas en el mundo.

Como resultado a esta problemática, diversos actores han aparecido desde hace varios años para dar una gestión a este tipo de residuos de gran interés económico por las características de los metales contenidos en ellos que se categorizan como preciosos y comunes, que una vez separados son distribuidos en el mercado, sin embargo mientras algunas actividades y estrategias buscan una gestión ambientalmente racional de los residuos, otras actividades de inadecuada gestión solo generan riesgos potenciales a la salud humana y el medio ambiente por las técnicas rudimentarias de aprovechamiento<sup>29</sup>. Por lo anterior, a continuación se realizará una descripción de las actividades y las estrategias de gestión, que desde hace algunos años se llevan a cabo en algunos países desarrollados de la Unión Europea y algunos países en desarrollo de Asia y África.

### **6.1 PAÍSES DESARROLLADOS**

El desarrollo económico así como el alto nivel de educación entre otras variables, caracterizan a un número considerable de países pertenecientes a la Unión Europea cuyo progreso en numerosas áreas de investigación, los configura en el grupo de países avanzados tecnológicamente y en el contexto de la gestión de RAEE los establece como países pioneros.

---

<sup>27</sup> LUNDGREN. Op cit, p. 23.

<sup>28</sup> KITSARA, Irene. E-waste and innovation: unlocking hidden value. En: WIPO Magazine. June, 2014, no. 3, p. 2–8.

<sup>29</sup> TANSKANEN, Pia. Management and recycling of electronic waste. En: *Acta Materialia*. February, 2013, vol. 61, no. 3, p. 1001–1011.

El primer país en implementar un sistema de gestión y aprovechamiento de RAEE fue Suiza<sup>30</sup> y a pesar de no pertenecer a la Unión Europea, sus adelantos en la materia incentivaron el establecimiento de directivas sobre RAEE y sus respectivas enmiendas en el parlamento europeo para su posterior establecimiento en el contexto nacional de cada uno de los países miembro. En este caso se hará una descripción general de los sistemas de gestión de RAEE de Bélgica, Alemania e Italia.

### 6.1.1 Bélgica

El sistema de gestión de RAEE en Bélgica es bastante elaborado y complejo destacándose las prácticas de dos organizaciones que son referentes en la gestión de este flujo de residuos de una manera ambientalmente racional siguiendo la normatividad emitida para este campo en el ámbito nacional y regional por medio de las directivas de la UE sobre RAEE y sustancias peligrosas.

#### Recupel

Es un esquema de recolección que brinda soluciones para la recuperación y procesamiento de los dispositivos eléctricos y electrónicos vendidos en el mercado nacional que después del término de su vida útil son descartados, este servicio es prestado a través de dos líneas, dispositivos electrónicos domésticos y dispositivos electrónicos profesionales.

**Tabla 14:** Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de residuos de dispositivos electrónicos domésticos en Bélgica

Parte Interesada	Roles y Responsabilidades
Productores e importadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Unirse al esquema de recolección de Recupel o establecer un esquema de recolección de RAEE individual.</li> <li>✓ Pagar una contribución por cada dispositivo vendido para financiar el sistema de devolución.</li> </ul>
Recupel	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recoger los RAEE de los puntos de recolección administrados por autoridades locales o empresas intermunicipales.</li> <li>✓ Gestionar el procesamiento y reciclaje de los RAEE en las plantas de tratamiento acreditadas.</li> <li>✓ Reportar anualmente al gobierno, la cantidad de RAEE recolectados y reciclados.</li> </ul>

<sup>30</sup> SINHA-KHETRIWAL, D.; KRAEUCHI, P. y SCHWANINGER, M. A comparison of electronic waste recycling in Switzerland and in India. En: Environmental Impact Assessment Review. July, 2005, vol. 25, no. 5, p. 492–504.

Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Depositar los RAEE en los puntos establecidos (tiendas, parques contenedores, centros de reúso).</li> <li>✓ Pagar una contribución por el (los) dispositivo(s) adquiridos para financiar el sistema de devolución y operación de Recupel.</li> </ul>
Parques contenedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recibir los RAEE depositados por los consumidores domésticos siempre y cuando se encuentren en buen estado.</li> <li>✓ Clasificar los RAEE entre los 6 grupos de RAEE establecidos.</li> <li>✓ Entregar los RAEE recolectados a Recupel para que sean transportados a las plantas de tratamiento.</li> </ul>
Distribuidores y Comercializadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recibir libre de cargo los RAEE que los consumidores devuelvan en la compra de un dispositivo nuevo.</li> <li>✓ Informar a los consumidores el cargo que aplica a la gestión de RAEE y en qué consiste.</li> </ul>
Plantas de Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar el procesamiento y reciclaje de los RAEE recibidos.</li> <li>✓ Reportar a Recupel la cantidad de RAEE reciclados.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de <http://www.recupel.be/homepage.html?lang=3>

**Tabla 15:** Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de residuos de dispositivos electrónicos corporativos en Bélgica

Parte Interesada	Roles y Responsabilidades
Productores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Declarar a Recupel la cantidad y peso de los dispositivos que entran al país.</li> <li>✓ Pagar el cargo de contribución referente a los costos administrativos y de reporte de Recupel.</li> </ul>
Gestores Autorizados de Recupel	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presentar una oferta económica a los consumidores corporativos para la gestión (recolección, clasificación, procesamiento y reciclaje) de RAEE.</li> </ul>
Consumidores Corporativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contactar a los gestores autorizados de Recupel para establecer un acuerdo económico para el servicio de gestión (recolección, clasificación, procesamiento y reciclaje) de RAEE.</li> </ul>
Plantas de Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llevar a cabo el tratamiento de RAEE.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de <http://www.recupel.be/homepage.html?lang=3>



El procesamiento y reciclaje de los RAEE recolectados, se lleva a cabo en plantas de tratamiento especializadas y certificadas con un monitoreo periódico de las autoridades locales con el fin de evaluar su eficiencia y desempeño ambiental. El procesamiento de RAEE se lleva a cabo bajo una serie de etapas que se describen a continuación.

**Tabla 16:** Procesamiento y reciclaje de RAEE realizado por Recupel

Etapa	Descripción
Clasificación	✓ Separación de los tipos RAEE según su grupo en la categoría.
Separación Manual	✓ Desensamble manual de todos los componentes (baterías, gases refrigerantes) que contengan COP (CFC, PCB, metales pesados).
Separación Mecánica	✓ Desensamble de cada una de las partes de los aparatos electrónicos por medio de equipos electro/mecánicos y se clasifican según sus propiedades físicas.
Trituración	✓ Se rompen o muelen las partes desensambladas en partes más pequeñas para separar las mezclas de materiales que puedan contener.
Campo Magnético	✓ Se remueven los metales férreos.
Campo Electromagnético	✓ Se separan los metales no férreos y algunos tipos de plásticos.
Sistema de Aireación	✓ Se separan materiales ligeros de materiales pesados y el polvo generado durante la trituración.
Densidad de agua	✓ Se separan materiales de baja densidad (plásticos) y alta densidad (vidrio, cinc) al pasar por un flujo de agua.

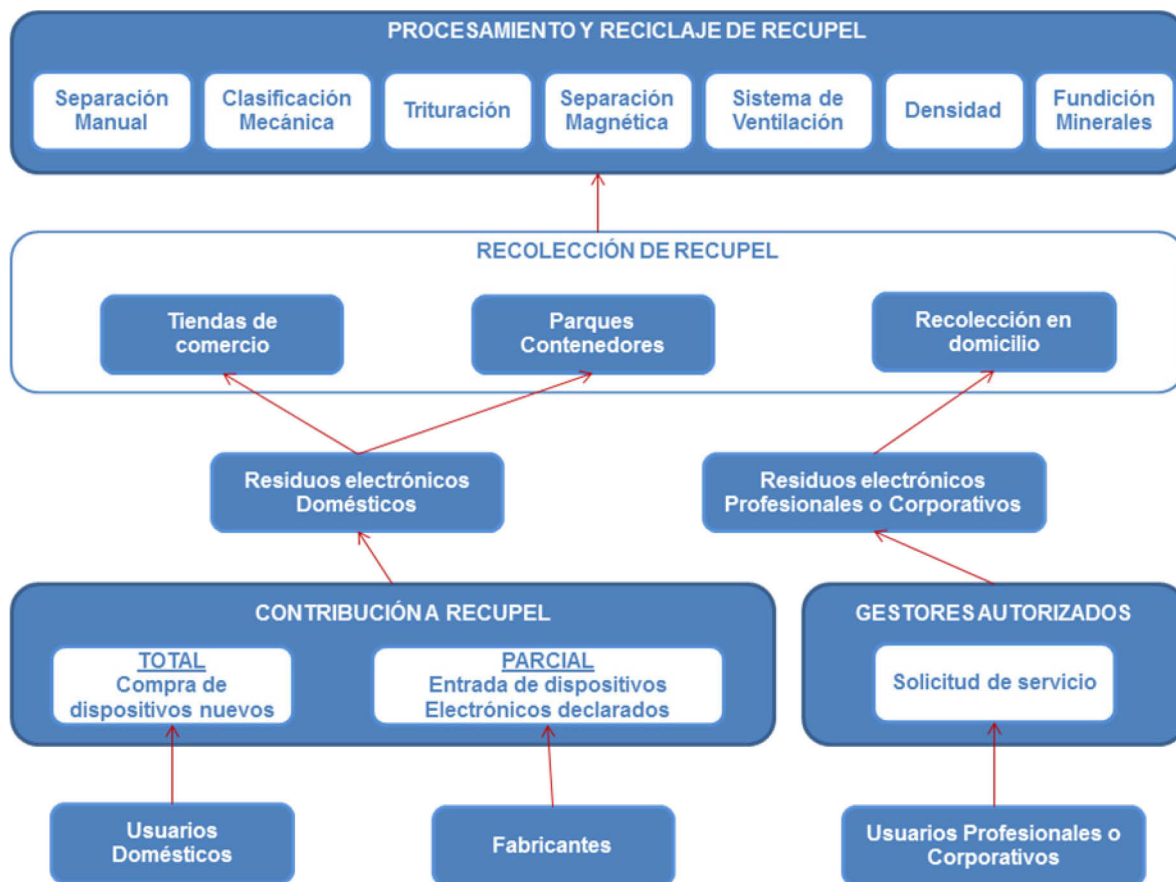
**Fuente:** Elaboración propia a partir de <https://www.youtube.com/watch?v=aYjcQ8BEnyw>

Este tipo de procesamiento de RAEE genera una recuperación de materiales en una proporción alrededor del 90%, de esta forma, empleando un ejemplo específico, es más rentable la recuperación de oro a través del reciclaje de RAEE que su extracción de fuentes primarias teniendo en cuenta que de una tonelada de teléfonos móviles se puede obtener 300 g de oro mientras que en una tonelada de una mina de oro se pueden sacar solo 3 g de oro<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> RECUPEL. The recycling cycle 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=aYjcQ8BEnyw>, 2015.

En la Figura 1, se presenta un esquema general del proceso de gestión de RAEE en Bélgica, relacionando cada una de las partes interesadas que intervienen en el proceso.

**Figura 1:** Descripción del sistema de gestión de RAEE realizado por Recupel.



**Fuente:** Elaboración propia a partir de <http://www.recupel.be/homepage.html?lang=3>

## Umicore

El proceso de reciclaje de residuos electrónicos llevado a cabo por Umicore es un conjunto de diferentes etapas, subsecuentes, interconectadas e interdependientes con el fin de generar la mayor eficiencia y rendimiento en la recuperación de metales preciosos. Estas etapas se describen en la siguiente Tabla 17.

**Tabla 17:** Procesamiento y reciclaje de RAEE realizado por Umicore

Etapa	Descripción
Recolección	✓ Recepción de RAEE provenientes de empresas locales y del exterior
Desmantelamiento	✓ Se realiza la separación de TCI de computadores, pantallas LCD, CRT y teléfonos móviles con alto contenidos de metales preciosos.
Trituración	✓ Romper o moler las TCI desensambladas en partes más pequeñas para separar las mezclas de materiales que puedan contener.
Fundición	✓ Alimentación de un horno de gran escala de alta eficiencia a temperaturas superiores a los 1000°C con las partes trituradas, generando una mezcla enriquecida de metales preciosos, pesados y comunes.
Refinamiento	✓ Tratamiento de la mezcla enriquecida a través de procesos de refinamiento químicos y electroquímicos especializados de alta eficiencia, recuperando varios tipos de metales en una proporción mayor al 90%.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Green recycling of EEE: special and precious metal recovery from WEEE, 2009.

Como producto de este proceso de reciclaje de RAEE se obtienen 17 tipos de materiales refinados entre los que se encuentran metales preciosos y no ferrosos como oro, plata, paladio, platino, rodio, iridio, rutenio, cobre, plomo, níquel, estaño, bismuto, indio, selenio, telurio, antimonio y arsénico.

Entre de las consideraciones ambientales, las instalaciones cuentan con,

- ✓ Sistemas de recuperación de calor para uso interno.
- ✓ Equipos de calidad de aire, para la captura y tratamiento de gases y material particulado.
- ✓ Estaciones de monitoreo para el control de las emisiones de gases y material particulado.
- ✓ Planta de tratamiento de agua residual.
- ✓ Refinería para la recuperación de metales pesados

### 6.1.2 Alemania

A partir del 13 de Agosto de 2005, entró en vigencia en Alemania la ley que regula las ventas, el retorno y la disposición ambientalmente racional de RAEE denominado ElektroG, que estipula como uno de los temas más importantes, el escenario de devolución de RAEE bajo el concepto de Responsabilidad Extendida del Productor.

De esta forma se establecen los derechos y deberes para cada uno de los roles que ejercen las partes interesadas en la cadena de gestión, contribuyendo así al desarrollo y funcionamiento del sistema de gestión de RAEE a nivel nacional. La Tabla 18 describe los roles y responsabilidades de las partes interesadas en la cadena de gestión de RAEE.

**Tabla 18:** Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de residuos de dispositivos electrónicos domésticos en Alemania

Parte Interesada	Roles y Responsabilidades
Productores e importadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Acogerse a algunos de los esquemas de recolección establecidos (marca selectiva individual, no selectiva individual, colectiva).</li> <li>✓ Establecer y financiar a la FRIEE.</li> <li>✓ Etiquetar sus productos con el símbolo de recolección separada.</li> <li>✓ Reportar la cantidad de AEE que ha puesto en el mercado que requiere o no garantía de gestión.</li> <li>✓ Garantizar la financiación de la gestión de los residuos de sus AEE.</li> <li>✓ Informar a los gestores contratados para que realicen la recolección de los RAEE ante las empresas estatales de aseo.</li> <li>✓ Reportar a la FRIEE, el tipo y cantidad de RAEE recolectado y reciclado bajo el esquema de recolección al que esté acogido.</li> </ul>
FRIEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Coordinar el sistema de gestión de RAEE.</li> <li>✓ Llevar cabo el registro de los productores (registro de ventas de los AEE puestos en el mercado).</li> <li>✓ Calcular y reportar las cuotas de mercado de los productores</li> <li>✓ Asignar el número de contenedores de RAEE a nivel nacional que deben recoger y gestionar cada uno de los productores.</li> <li>✓ Establecer los tipos de AEE que pueden ser cubiertos por ElektroG.</li> <li>✓ Monitorear y controlar que los productores cumplan con la REP</li> </ul>

Consumidores Domésticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No disponer los RAEE junto con los residuos domésticos.</li> <li>✓ Depositar los RAEE en los puntos establecidos por las empresas estatales de aseo municipal.</li> <li>✓ Pagar una contribución por el (los) dispositivo(s) adquiridos para financiar el sistema de devolución y operación de Recupel.</li> </ul>
Consumidores Corporativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Depositar voluntariamente o no los RAEE en los puntos establecidos por las empresas estatales de aseo municipal</li> <li>✓ Vender como los AEE obsoletos como equipos de segunda mano.</li> </ul>
Empresas Estatales de Aseo Municipal	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer los puntos de recolección de RAEE, según la complejidad y densidad poblacional del distrito o municipio.</li> <li>✓ Concientizar e informar a los consumidores domésticos sobre su obligación de depositar los RAEE en los puntos de recolección</li> <li>✓ Recibir los RAEE depositados por los consumidores domésticos siempre y cuando se encuentren en buen estado.</li> <li>✓ Clasificar los RAEE entre los 5 grupos de RAEE establecidos por ElektroG.</li> <li>✓ Informar a la FRIEE cuando los puntos de recolección, hayan alcanzado el volumen máximo de almacenamiento.</li> <li>✓ Entregar los RAEE recolectados al productor o a los gestores autorizados por el.</li> </ul>
Distribuidores y Comercializadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recibir voluntariamente los RAEE de los consumidores domésticos (no existe ninguna obligación por ElektroG).</li> <li>✓ Devolver voluntariamente los RAEE a las empresas estatales de aseo municipal (no existe ninguna obligación por ElektroG).</li> </ul>
Gestores finales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar el procesamiento, reciclaje y disposición final de los RAEE asignados.</li> <li>✓ Reportar a los productores el tipo y cantidad de RAEE reciclados.</li> </ul>

---

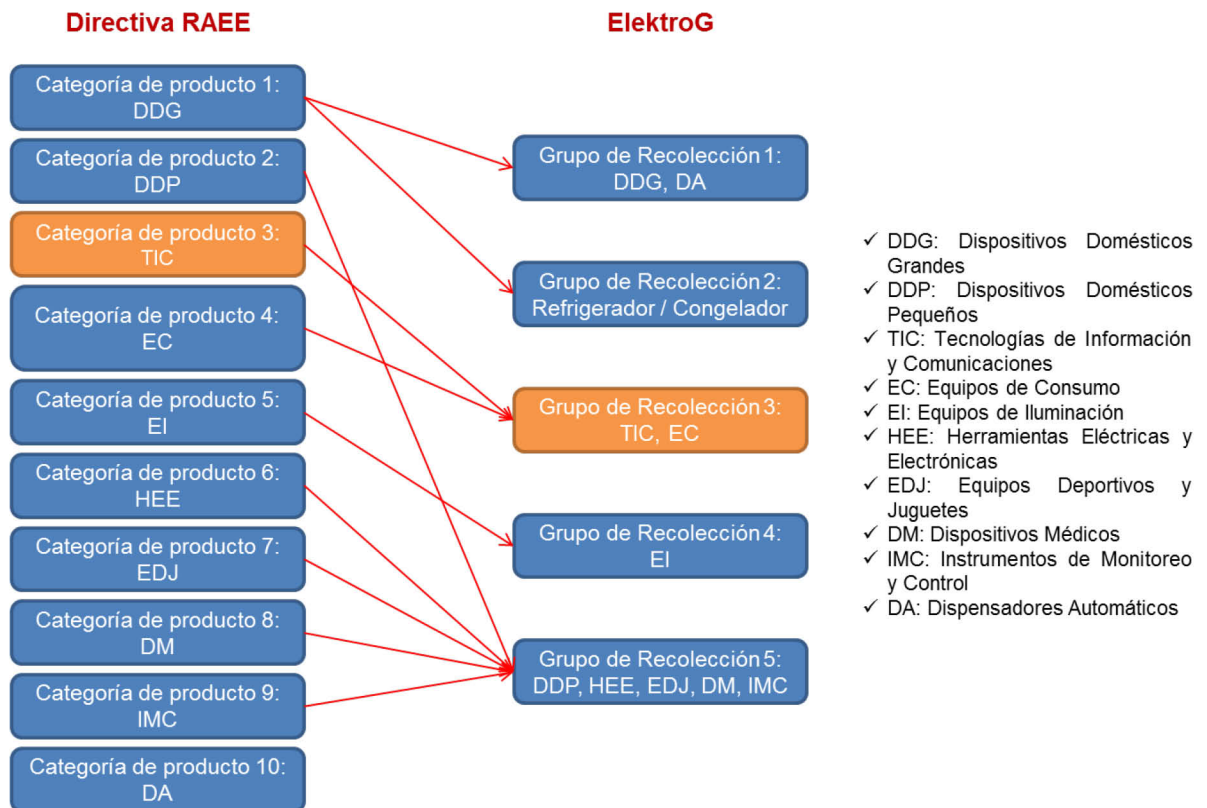
**Fuente:** Elaboración propia a partir de E-waste Management in Germany, 2011.

De acuerdo con ElektroG las Empresas Estatales de Aseo Municipal, son las únicas entidades encargadas de realizar la recolección de RAEE en sus respectivos distritos y municipalidades, por lo cual no es permitida la recolección comercial de empresas privadas, sin embargo dependiendo la complejidad de la gestión en las zonas, las Empresas Estatales de Aseo, pueden delegar esta función a empresas privadas.

A partir de la implementación de ElektroG, la categoría de RAEE establecida en la directiva de la UE, que contempla 10 grupos por tipo de RAEE, es modificada localmente en Alemania, reduciéndola de 10 a 5 grupos de RAEE, con el propósito de optimizar su recolección en los puntos establecidos por las Empresas Estatales de Aseo Municipal como se presenta en la Figura 2.

En el proceso de gestión de RAEE establecido por ElektroG, las Empresas Estatales de Aseo Municipal tienen la oportunidad de no dejar a disposición de los productores, alguno de los grupos de recolección de RAEE, teniendo así que asumir la obligación de adelantar su procesamiento, reciclaje y disposición final, reportando ante la FRIEE la cantidad de RAEE recolectados y reciclados.

**Figura 2:** Agrupación de categorías de RAEE por ElektroG



**Fuente:** Implementation of the WEEE-directive-economic effects and improvement potentials for reuse and recycling in Germany, 2010.

## Tratamiento de RAEE

### Perspectiva general

El procesamiento, reciclaje y disposición final de los RAEE en Alemania es un procedimiento especializado que consiste en una serie de etapas en la que se hace la separación de los materiales que componen los RAEE en varias fracciones para su posterior recuperación, venta e introducción a la cadena de suministro, La Tabla 19 describe en forma general cada una de las etapas en el proceso de gestión de RAEE.

**Tabla 19:** Procesamiento y reciclaje de RAEE realizado en Alemania

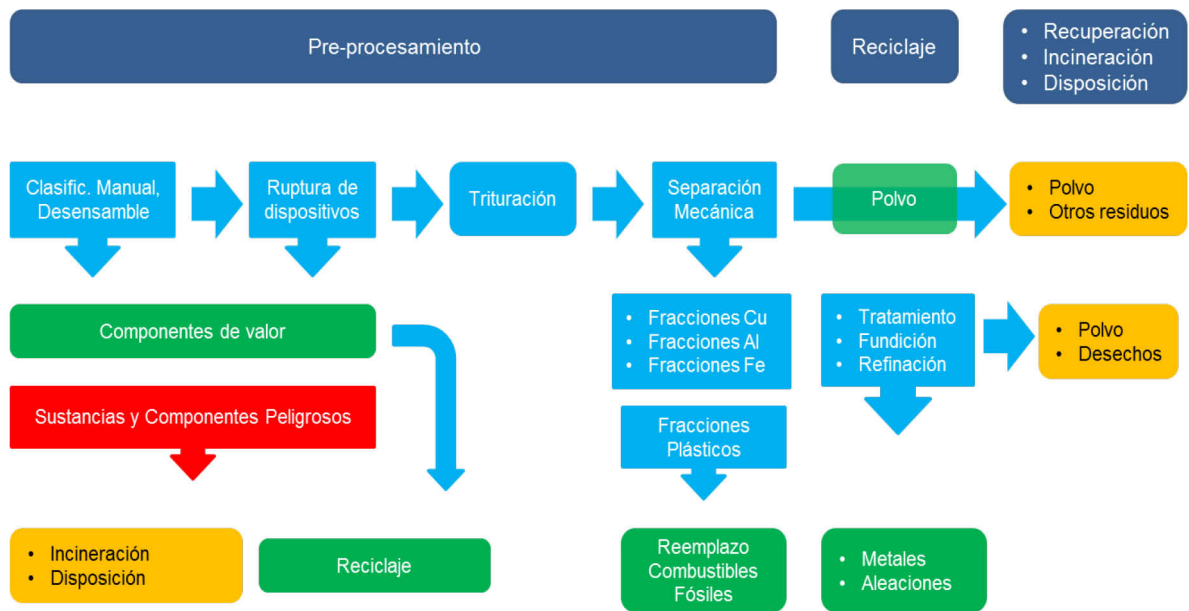
<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
Clasificación Manual	✓ Desensamble manual de todos los materiales de valor (metales preciosos y comunes, plástico, vidrio, etc.) y sustancias peligrosas (metales pesados, PCB, PBDE, etc.) que componen a los RAEE.
Separación de sustancias peligrosas	✓ Remoción de las sustancias peligrosas para ser recicladas (metales pesados y baterías), incineradas (PCB, PBDE) o dispuestas en rellenos especiales (compuestos fosfóricos).
Trituración	✓ Romper o moler las partes desensambladas para obtener una mezcla de varias fracciones de metales y plástico.
Separación Mecánica	✓ Separación de las fracciones de metales y plástico según sus propiedades físicas, por medio de equipos electro/mecánicos.
Fundición y refinación	✓ Fundición en hornos a gran escala, y refinación en plantas químicas de las fracciones, para la recuperación de metales y plástico con alta eficiencia.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de E-waste Management in Germany, 2011.

Para el caso de la fracción de plástico, se utilizada como fuente de energía en cementeras como sustituto de combustibles fósiles, para ello se previene las emisiones de gas de combustión a la atmosfera con tecnologías de purificación adentro de la planta, por otro lado la cantidad de cobre contenido en el plástico actúa como un catalizador negativo o inhibidor que no permite la formación de dioxinas y furanos en el proceso de combustión.

Todos los residuos y el polvo generado durante las etapas de trituración y separación mecánica en el tratamiento de RAEE, es recirculado en el sistema, siempre y cuando tenga componentes de valor para reciclar, de lo contrario se realiza su disposición final. En la Figura 3 se presenta un esquema del proceso de tratamiento de RAEE.

**Figura 3:** Esquema del proceso de tratamiento de RAEE en Alemania



Fuente: E-waste Management in Germany, 2011.

### 6.1.3 Italia

En el 2005 bajo el decreto legislativo 151, se implementaron en Italia los lineamientos para la aplicación de las directivas sobre RAEE y residuos peligrosos emitidos por la Unión Europea, con el cual se estableció el sistema de gestión de RAEE, bajo el principio de responsabilidad extendida del productor, dirigido a los consumidores domésticos y corporativos.

#### Residuos Electrónicos Domésticos

Con el propósito de establecer un mercado competitivo, los productores pueden unirse a alguno de los esquemas de recolección para la gestión de RAEE establecidos en Italia, que realizan la recolección de los RAEE según la clasificación establecida por la directiva sobre RAEE de la Unión Europea en 5 grupos a nivel local, como lo muestra la Tabla 20.

**Tabla 20:** Clasificación de RAEE según grupos de recolección en Italia.



Grupo RAEE	Tipos de residuos
R1	Equipos de refrigeración y congelamiento como refrigeradores, unidades de aire acondicionado, congeladores, etc.
R2	Dispositivos domésticos grandes como maquinas lavadoras, lavaplatos eléctricos, etc.
R3	Televisores y monitores.
R4	Dispositivos pequeños mezclados como computadores, teléfonos móviles, impresoras, dispositivos médicos, etc.
R5	Equipos de iluminación principalmente lámparas.

**Fuente:** [http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013\\_ENG.pdf](http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013_ENG.pdf)

Para asegurar que las operaciones de los esquemas de recolección sean consistentes y que la recolección y tratamiento de los RAEE se lleve de forma adecuada se estableció el centro de coordinación de RAEE italiano CDC RAEE, que se encarga de coordinar el sistema de gestión, fundamentado bajo dos canales, por un lado el centro de recolección de las municipalidades CDR y por otro lado el centro de recolección de los comercializadores LDR.

CDR y LDR, sirven como interfaces para que los esquemas de recolección adelanten el procesamiento de RAEE recibidos con los gestores autorizados. Este sistema de gestión está conformado por un número de partes interesadas cuyas responsabilidades serán descritas en las siguientes tablas.

**Tabla 21:** Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la cadena de reciclaje para RAEE domésticos en Italia.

Parte Interesada	Roles y Responsabilidades
Productores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Unirse a un esquema de recolección para la gestión de RAEE domésticos históricos y/o nuevos.</li> <li>✓ Recolectar los RAEE de los puntos de recolección asignados por el CDC RAEE.</li> </ul>
Esquemas de recolección	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entregar los RAEE para el tratamiento a las plantas de tratamiento acreditadas por el CDC RAEE.</li> <li>✓ Reportar mensualmente al CDC RAEE la cantidad de RAEE recolectada de cada uno de los 5 flujos de residuos electrónicos.</li> </ul>

Centro de Coordinación de RAEE Italiano CDC RAEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Asegurar el campo de desempeño de los esquemas de recolección y los niveles de servicio uniforme para todos los centros de recolección enrolados en el sistema.</li> <li>✓ Asignar anualmente a los esquemas de recolección, los puntos de acopio para la recolección de RAEE, asegurando su alineación con sus cuotas de mercado.</li> <li>✓ Monitorear las cantidades de RAEE recolectados por los sistemas de recolección.</li> </ul>
Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entregar los RAEE a los CDR o a los LDR.</li> </ul>
Centros de Recolección Municipal CDR	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolectar los RAEE de los ciudadanos y/o comercializadores.</li> <li>✓ Dividir los RAEE en los 5 flujos de RAEE (R1 a R5).</li> <li>✓ Transferir los RAEE a los esquemas de recolección para el transporte a las plantas de tratamiento.</li> </ul>
Comercializadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolectar los RAEE de los consumidores.</li> <li>✓ Transportar los RAEE a los CDR o a los LDR para la subsecuente recolección por los esquemas de cumplimiento.</li> </ul>
Plantas de Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llevar a cabo el tratamiento de RAEE entregado por los esquemas de cumplimiento en concordancia con los requerimientos mínimos establecidos en acuerdo entre el CDC RAEE y las asociaciones de recicladores.</li> </ul>

---

**Fuente:** Household WEEE generated in Italy, 2012

### **Residuos Electrónicos Corporativos**

Con respecto a los RAEE generados por las compañías, existen varias formas en la que se realiza su adecuada gestión según lo que estipula la directiva de la Unión Europea. Por un lado los productores están en la obligación de financiar, la recolección, transporte y tratamiento de los RAEE corporativos cuando suministren productos nuevos y equivalentes a los descartados por las compañías.

Por otro lado las compañías pueden firmar acuerdos específicos con los productores para realizar la apropiada gestión de sus RAEE, quienes generalmente utilizan las redes logísticas y las plantas de tratamiento establecidas en el esquema de recolección al cual pertenecen o sino proveedores de servicios alternativos para llevar a cabo esta labor.

En otros casos las compañías podrían entregar sus RAEE a los CDR sujetos previamente a acuerdos y regulaciones específicas para su gestión, como tal este sistema de gestión privado es completamente independiente a la gestión de la CDC RAEE por lo cual su manejo no entra en las actividades que se realizan habitualmente a los RAEE de la cadena doméstica.

La Tabla 22 realiza una breve descripción de las partes interesadas involucradas en esta cadena de gestión:

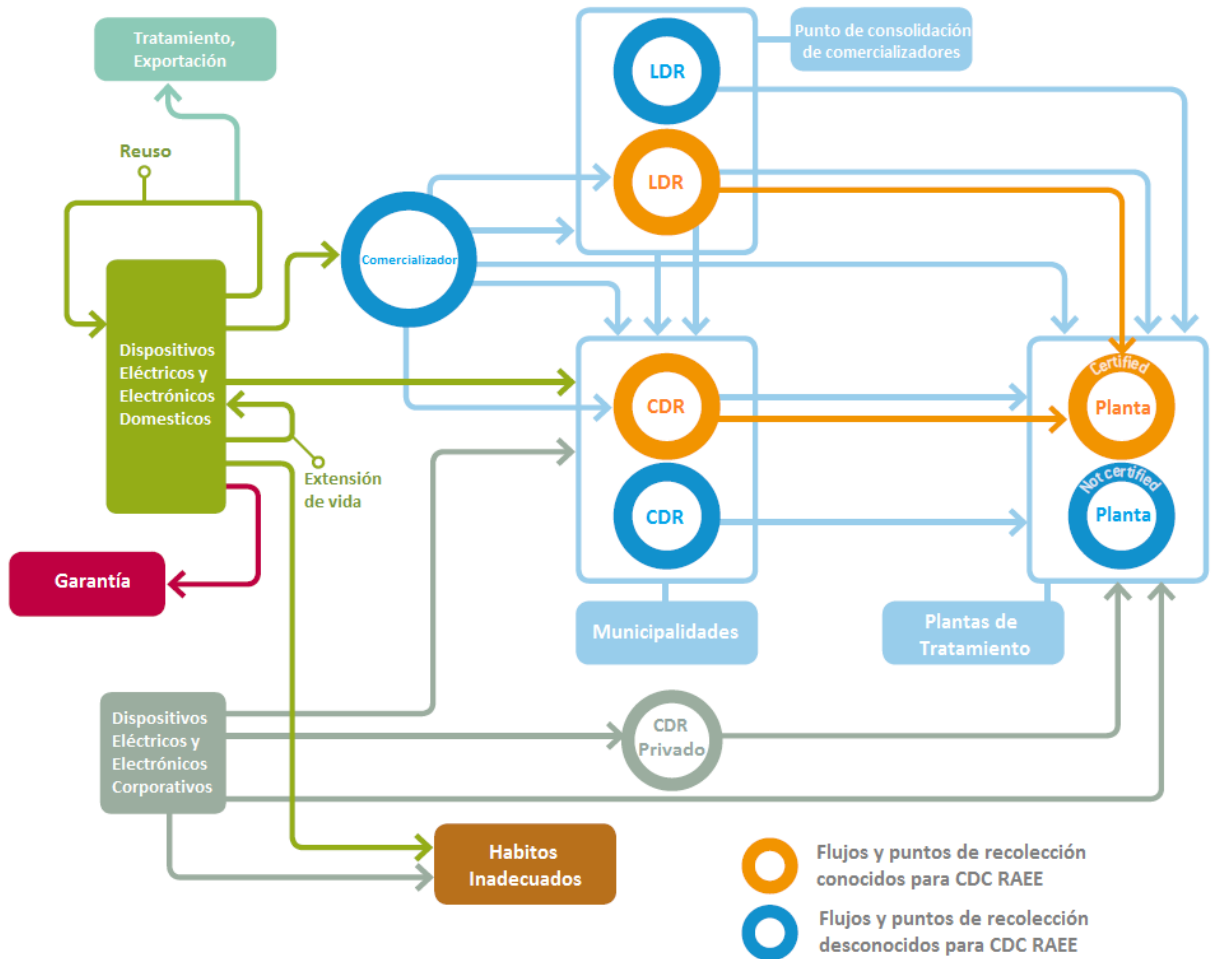
**Tabla 22:** Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la cadena de reciclaje para RAEE corporativos en Italia.

Parte Interesada	Roles y Responsabilidades
Productores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Financiar las actividades para la gestión de RAEE corporativos (con la excepción del suministro de un equipo no equivalente). En el caso de acuerdos bilaterales existentes, los productores pueden entregar los RAEE recolectados a los CDR.</li> <li>✓ Usar operadores licenciados para cumplir las obligaciones de recolección y tratamiento.</li> </ul>
Esquemas de cumplimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pueden servir como servicio proveedor para miembros o terceras partes.</li> </ul>
Consumidores Corporativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entregar los RAEE a los productores en el caso de la compra de un dispositivo electrónico equivalente o a compañías autorizadas con los cuales firmaron acuerdos para la gestión de residuos.</li> <li>✓ Los RAEE pueden ser entregados a los CDR sujeto a los acuerdos y regulaciones específicas locales.</li> </ul>
Puntos de Recolección establecidos por los Productores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolectar los RAEE de las compañías y prepararla para transportarla a las plantas de tratamiento.</li> </ul>
Plantas de Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llevar a cabo el tratamiento de RAEE.</li> </ul>

**Fuente:** Household WEEE generated in Italy, 2012.

En la Figura 4, se presenta un esquema general del sistema de gestión de RAEE llevado a cabo en Italia, en el que se relaciona a las partes interesadas que intervienen en el proceso.

**Figura 4:** Sistema de RAEE en Italia: flujo de RAEE domésticos y corporativos



**Fuente:** Household WEEE generated in Italy, 2012

### Tratamiento de RAEE

Los residuos electrónicos que ingresan a las plantas de tratamiento se someten inicialmente a un proceso de separación preliminar en el que dependiendo el tipo de RAEE y sus características se clasifican por separado, los componentes peligrosos que contenga son separados manualmente, por ejemplo capacitores y gases refrigerantes entre otros.

Posteriormente otros componentes son removidos y enviados a plantas especializadas para su aprovechamiento como es el caso de los tubos de rayos catódicos, compresores de refrigeradores, etc., subsecuentemente los residuos que quedan son triturados con el fin de recuperar materiales de valor como aluminio, cobre, hierro, plástico, entre otros.

Sobre una base anual los esquemas de recolección, así como el CDC RAEE tienen el derecho de realizar un balance de materia, así como una auditoría externa de las instalaciones de las plantas de tratamiento de RAEE, con el fin de verificar el cumplimiento de las regulaciones establecidas en el marco de gestión de los residuos electrónicos<sup>32</sup>.

## 6.2 PAÍSES EN DESARROLLO

El sector de reciclaje de residuos electrónicos se encuentra ampliamente desregularizado en los países en desarrollo, por lo cual las actividades de extracción y aprovechamiento de metales comunes como cobre, aluminio y acero junto con metales preciosos como oro, plata y paladio, se realizan en talleres pequeños, corredores e incluso a campo abierto utilizando métodos rudimentarios<sup>33</sup>. Todos estos métodos y técnicas en términos generales se llevan a cabo en pésimas condiciones de seguridad industrial, sin ningún elemento de protección personal para los trabajadores y sin medidas de control de la contaminación ambiental<sup>34</sup>.

### 6.2.1 República Popular de China

China enfrenta un gran desafío con respecto a la gestión de RAEE que se lleva actualmente a nivel nacional, a causa de las tendencias que desde hace varios años se ha mantenido alrededor de los hábitos de consumo y manejo de dispositivos electrónicos y eléctrico, a continuación se hace una descripción de los aspectos importantes,

- ✓ El crecimiento comercial, que desde la década de 1980 ha provocado el consumo masivo de AEE en cantidades alarmantes, a tal punto de posicionar al país como la segunda nación a nivel mundial en generar RAEE en los años 90's.
- ✓ Los intereses económicos, son un factor de peso debido a que grandes cantidades de RAEE son ilegalmente importados por traficantes desde 1990 para ser reciclados por el sector informal<sup>35</sup>.

---

<sup>32</sup> ERP. ERP Italia's 2013 Annual Report. Milan, 2013. [http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013\\_ENG.pdf](http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013_ENG.pdf)

<sup>33</sup> LUNDGREN. Op cit, p. 18-20.

<sup>34</sup> WONG, C. S. C. et al. Trace metal contamination of sediments in an e-waste processing village in China. En: Environmental Pollution. January, 2007, vol. 145, no. 2, p. 434–442.

<sup>35</sup> YU, L. et al. The development of WEEE management and effects of the fund policy for subsidizing WEEE treating in China. En: Waste Management. September, 2014, vol. 34, no. 9, p.1705–1714.

- ✓ El sector informal, lleva a cabo en su gran mayoría la gestión de RAEE que incluye el volumen generado a nivel local y el volumen importado del exterior, con efectos perjudiciales sobre la salud humana y el medio ambiente, siendo así una economía fantasma en China.

En China actualmente, no existe una agencia gubernamental única y particular que se encargue de la gestión de RAEE, por tal motivo el gobierno de forma diferenciada ha asignado los roles y responsabilidades de cada una de sus agencias gubernamentales con el fin de establecer mecanismos de gestión de RAEE.

La Tabla 23 describirá los roles, responsabilidades y en algunos casos los hábitos actuales que los actores desempeñan de manera independiente o asociada, en la cadena de gestión de RAEE en China.

**Tabla 23:** Roles, responsabilidades y hábitos de las partes interesadas en la cadena de reciclaje para RAEE en China

Parte Interesada	Roles / Responsabilidades / Hábitos
Gobierno Nacional	<b>Comisión de Desarrollo y Reforma Nacional</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planear proyectos piloto para el tratamiento de RAEE.</li> <li>✓ Definir categorías de RAEE para gestión.</li> <li>✓ Desarrollar un esquema de financiamiento para la gestión de RAEE.</li> <li>✓ Definir responsabilidades para varias partes interesadas.</li> </ul>
	<b>Ministerio de Protección Ambiental, Departamento de Control de la Contaminación</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer los estándares de tratamiento de RAEE.</li> <li>✓ Gestionar el sistema de licenciamiento para recicladores.</li> <li>✓ Monitorear y chequear el desempeño ambiental de los recicladores.</li> <li>✓ Establecer la lista de productos y residuos para importación y exportación.</li> <li>✓ Estudiar las mejores tecnologías de tratamiento de RAEE.</li> </ul>
	<b>Ministerio de Industria y de Tecnologías de la Información</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manejar la industria de fabricación de AEE.</li> <li>✓ Fomentar el ecodiseño y regular el uso de tóxicos en AEE.</li> <li>✓ Definir responsabilidades y comunicarlas a los productores de AEE.</li> </ul>
	<b>Ministerio de Comercio</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer y manejar los canales y sistemas de recolección de RAEE.</li> </ul>
	<b>Ministerio de Finanzas</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Definir y manejar los subsidios sobre la logística, recolección y reciclaje de RAEE.</li> </ul>
	<b>Administración General de Aduanas</b>

---

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registrar las cifras de importación y exportación de RAEE.</li> <li>✓ Monitorear y revisar las actividades ilegales en los puntos de control de aduanas.</li> </ul>
Productores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Seguir el sistema de gestión de RAEE establecido por el gobierno central.</li> <li>✓ Pagar el cargo de reciclaje establecido por el gobierno para organizar y gestionar el sistema de devolución de RAEE.</li> <li>✓ Establecer programas de devolución de RAEE de forma gratuita para consumidores.</li> <li>✓ Adoptar ecodiseños e introducir materiales ambientales en la fabricación de AEE.</li> </ul>
Recolectores y Recicladores formales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar la recuperación de los RAEE de consumidores domésticos en el país.</li> <li>✓ Brindar recompensas económicas a los consumidores que hagan la devolución de sus RAEE domésticos.</li> <li>✓ Llevar a cabo el tratamiento, aprovechamiento, reciclaje y disposición final de RAEE bajo los estándares ambientales del gobierno.</li> <li>✓ Entregar un reporte al gobierno de la cantidad de RAEE recolectado y reciclado.</li> </ul>
Recolectores y Recicladores informales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolectar los RAEE de consumidores domésticos a través de su compra puerta a puerta con precios superiores a los ofrecidos por los recolectores formales.</li> <li>✓ Vender RAEE a corredores, comerciantes, remanufacturadores y recicladores de RAEE.</li> <li>✓ Llevar a cabo el tratamiento, aprovechamiento, reciclaje y disposición final de RAEE de origen local e importados ilegalmente, por fuera de los estándares ambientales del gobierno.</li> <li>✓ Comercializar ilegalmente las materias primas extraídas en el mercado nacional e internacional.</li> </ul>
Traficantes Ilegales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Importar grandes volúmenes de RAEE a China de manera ilegal.</li> <li>✓ Comercializar fracciones de RAEE en el sector informal para su reciclaje.</li> </ul>
Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Vender los RAEE al recolector que ofrezca el mejor precio de recolección.</li> <li>✓ Descartar los RAEE junto con los residuos domésticos.</li> <li>✓ Almacenar los RAEE en los hogares.</li> </ul>

---

**Fuente:** Elaboración propia a partir de E-waste in China: A country report, 2013.

Teniendo en cuenta por una parte que la normatividad en China, excluye e ignora la responsabilidad del consumidor en el proceso de recolección de RAEE a través de canales de devolución apropiados y por otra parte la capacidad de los recolectores del sector informal de ir puerta a puerta a los hogares y pagar un alto

precio por los RAEE que genera el consumidor, por efecto de los bajos costos de operación de las actividades de reciclaje, manifiesta el predominio que tiene el sector informal en el país.

A lo anterior se suma el alto volumen de RAEE que incontroladamente entra día a día al país de forma ilegal por medio de diversos canales y rutas que evaden a las autoridades aduaneras y la legislación vigente en el país, convirtiéndose en la principal fuente de ingreso económico para todos los talleres artesanales del sector informal que realiza el reciclaje por lotes.

En vista de lo anterior y a pesar del apoyo que el gobierno nacional brinda al sector formal, la competencia con el sector informal es aun en la actualidad bastante crítica, teniendo en cuenta que el sector formal no tiene la amplia cobertura y la capacidad económica de ofrecer precios altos por los RAEE como lo hace el sector informal, debido al bajo volumen de RAEE que recopilan para tratamiento y a la carga financiera de sus operaciones que generan un ingreso neto bajo con el cual es difícil competir.

### Tratamiento de RAEE

A continuación en la Tabla 24, se realizará una breve descripción de los procesos de reciclaje llevados a cabo en China por el sector formal, que se encuentra aún en proceso de desarrollo.

**Tabla 24:** Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector formal en China.

Etapa	Descripción
Desensamble Manual	✓ Desmantelar los dispositivos electrónicos descartados en todas sus partes y componentes para que sean posteriormente segregados y clasificados.
Trituración	✓ Romper y/o moler las partes que han sido segregadas y están constituidas por varios componentes como las TCI para obtener varias fracciones de metales, plástico y vidrio.
Incineración	✓ Fundir las fracciones metálicas a altas temperaturas para separar los tipos de metales contenidos.
Refinación	✓ Extraer y depurar los tipos de metales fundidos a través de procesos químicos (metalurgia).

**Fuente:** Tackling informality in e-waste management : The potential of cooperative enterprises, 2014



El rápido crecimiento del sector formal de reciclaje de RAEE en China, ha provocado la urgencia de constituir nuevas empresas e instalaciones para el tratamiento de RAEE, que a lo largo del país difieren en la capacidad y competencia de gestión, debido a que algunas han sido construidas parcialmente, teniendo que emplear técnicas de desmantelamiento manuales y mecánicas, solo una minoría cuenta la capacidad tecnológica necesaria para llevar a cabo el tratamiento y aprovechamiento completo de RAEE.

Dado a lo anterior muchas de estas instalaciones en el presente carecen de sistemas de control y monitoreo sobre las emisiones que generan sus actividades, así como de sistemas de ventilación, que en últimas ponen en peligro la salud de sus trabajadores y provocan amenazas para el medio ambiente<sup>36</sup>.

Por su parte el sector informal lleva a cabo el aprovechamiento de RAEE de una forma artesanal y rudimentaria a través de varios métodos de desmantelamiento manual y lixiviación acida con el que realizan la recuperación de una variedad de elementos contenidos en los dispositivos electrónicos descartados, en la Tabla 25 se realizará una breve descripción de tales métodos.

**Tabla 25:** Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en China.

Etapa	Descripción
Desensamble Manual	✓ Desmantelar los dispositivos electrónicos descartados en las partes y componentes más simples empleando instrumentos como martillos, destornilladores y cinceles, para ser posteriormente segregados y clasificados.
Proceso Pirolítico	✓ Calentar o quemar en parrillas a cielo abierto TCI y cables para la remoción de fracciones como cobre contenidas en su interior.
Proceso Hidrolítico	✓ Aplicar sustancias corrosivas como cianuro de sodio o ácido nítrico en baños de lixiviación acida a TCI para extraer fracciones de oro y otros metales.
Disposición final	✓ Disponer los materiales que ya no tienen ningún tipo de valor en campos y rondas de ríos.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Informal electronic waste recycling: A sector review with special focus on China, 2011.

Cada una de estas actividades son llevadas a cabo por personas entre las que se destacan niños y adultos bajo condiciones de seguridad inadecuadas al no contar con elementos de protección personal mínimos como gafas, máscaras o guantes

<sup>36</sup> FENG, W. et al. E-waste in China: A country report. Pekin: UNU-ISP, 2013, p. 25-26.

durante su labor<sup>37</sup>. Las emisiones o salidas producidas por este proceso de reciclaje, como lixiviados ácidos, material particulado, cenizas volátiles y sedimentos, humo de amalgama de mercurio, agua residual con contenido de metales pesados y cianuro, entre otras contienen sustancias primarias (elementos o compuestos con los que fueron ensamblados los equipos electrónicos originalmente), sustancias auxiliares (elementos o compuestos utilizados en las técnicas de reciclaje) y subproductos (Formados por la transformación de los elementos y compuestos primarios con los que fueron ensamblados los equipos electrónicos)<sup>38</sup>.

## 6.2.2 India

Las actividades de reciclaje de RAEE en India son llevadas a cabo en su gran mayoría por el sector informal que procesa alrededor del 95% de los residuos electrónicos que se encuentran disponibles en el país (Raghupathy & Chaturvedi, 2013), como consecuencia de la efectividad de los recolectores o comerciantes de chatarra que compran puerta a puerta los dispositivos dañados o en desuso a los consumidores domésticos cubriendo una amplia extensión del territorio nacional.

A pesar del reciente establecimiento del proyecto reglamentario para la gestión de RAEE a nivel nacional y la creación de algunas empresas formales dedicadas a su adecuado procesamiento, varios factores han sido determinantes para que el sector informal tenga una presencia permanente en el medio, entre ellos se destacan:

- ✓ La falta de conciencia y de voluntad de los consumidores para participar en la adecuada gestión de RAEE, a causa del interés económico por las retribuciones recibidas en la venta de sus residuos electrónicos por el sector informal sin tener en cuenta los impactos ambientales y sociales generados por el procesamiento rudimentario.
- ✓ El tráfico ilegal de grandes cantidades de RAEE provenientes de otros países que entran a India como equipos de segunda mano o encubiertos de varias formas siendo posteriormente comercializados en el sector informal para su procesamiento.
- ✓ Los bajos costos de inversión en el establecimiento de las prácticas rudimentarias de reciclaje de RAEE que generan una gran rentabilidad, son el incentivo de muchos inversionistas y personas de escasos recursos para

---

<sup>37</sup> ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. En: *Science of the Total Environment*. December, 2009, vol. 408, no. 2, p. 183–191.

<sup>38</sup> SEPÚLVEDA, A. et al. A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India. En: *Environmental Impact Assessment Review*. January 2010, vol. 30, no. 1, p. 28–41.

vincularse en esta actividad alcanzando alrededor de 1 millón de personas actualmente.

A continuación, en la Tabla 26 se describirán los roles y responsabilidades establecidos para cada uno de los actores según el proyecto reglamentario de RAEE en India y en la Tabla 27 los hábitos que caracterizan a los actores en la gestión de RAEE que se lleva actualmente en India.

**Tabla 26:** Roles y responsabilidades de las partes interesadas en la gestión de RAEE en India según el proyecto reglamentario de 2011

Parte Interesada	Roles y Responsabilidades
Ministerio de Medio Ambiente y Bosques	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Definir las responsabilidades para las partes interesadas.</li> <li>✓ Establecer los estándares de tratamiento de RAEE.</li> <li>✓ Gestionar el sistema de licenciamiento para recicladores.</li> <li>✓ Monitorear y chequear el desempeño ambiental de los recicladores.</li> <li>✓ Fomentar la reducción del uso de tóxicos en AEE.</li> <li>✓ Registrar las cifras de importación y exportación de RAEE.</li> </ul>
Productores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estar registrados y autorizados ante la autoridad ambiental para la manipulación de RAEE.</li> <li>✓ Financiar y asegurar que la gestión de RAEE sea llevado a cabo por gestores registrados ante la autoridad ambiental siguiendo el principio de REP.</li> <li>✓ Establecer los centros de recolección o los sistemas de devolución para la recuperación de RAEE de consumidores.</li> <li>✓ Crear conciencia entre los consumidores a través de medios de comunicación sobre las características y el adecuado manejo que deben recibir los RAEE.</li> <li>✓ Mantener un registro de los RAEE manipulados y presentar un informe anual a la autoridad ambiental.</li> </ul>
Centros de recolección	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estar registrados y autorizados ante la autoridad ambiental para la manipulación de RAEE.</li> <li>✓ Asegurar que los RAEE recopilados sean transportados y almacenados sin causar ningún daño al ambiente.</li> <li>✓ Asegurar que los RAEE sean entregados a gestores registrados ante la autoridad ambiental.</li> <li>✓ Mantener un registro de los RAEE manipulados y presentar un informe anual a la autoridad ambiental.</li> </ul>
Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Asegurar que los RAEE que generen sean entregados en los centros de recolección o gestores autorizados.</li> <li>✓ Mantener un registro de los RAEE generados por ellos.</li> </ul>

Recolectores y recicladores formales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estar registrados y autorizados ante la autoridad ambiental para la manipulación de RAEE.</li> <li>✓ Asegurar que ningún daño sea causado durante el transporte y almacenamiento de RAEE</li> <li>✓ Asegurar que el proceso de desmantelamiento no tenga efectos adversos sobre la salud y el ambiente.</li> <li>✓ Asegurar que las instalaciones de desmantelamiento y reciclaje de RAEE esté en concordancia con el estándar o guía publicado por la autoridad ambiental.</li> <li>✓ Asegurar que los componentes no recuperables o reciclables sean dispuestos en instalaciones de tratamiento de residuos peligrosos autorizado.</li> <li>✓ Disponer de todos los registros de los RAEE procesados y presentar un informe anual a la autoridad ambiental.</li> </ul>
--------------------------------------	---

**Fuente:** Elaboración propia a partir de [http://www.moef.nic.in/sites/default/files/1035e\\_eng.pdf](http://www.moef.nic.in/sites/default/files/1035e_eng.pdf)

A pesar de la implementación de este proyecto reglamentario, la gran mayoría de productores localmente no tienen una política para la disposición de los RAEE de los productos TIC comercializados que son obsoletos o han llegado al término de su vida útil, ni son tampoco concientes de las prácticas requeridas para tal fin<sup>39</sup>.

Adicionalmente, el sector de reciclaje formal es aun pequeño en el país, existe una minoría de empresas formales que se dedican al procesamiento y reciclaje parcial de RAEE, labor que es culminada por el sector informal que realiza una extracción importante de las fracciones metálicas de los residuos.

**Tabla 27:** Hábitos de los actores en la gestión de RAEE llevada a cabo actualmente en India.

Parte Interesada	Hábitos
Recolectores y recicladores informales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolectar los RAEE o de los consumidores domésticos puerta a puerta a través de retribuciones económicas o de entidades públicas y privadas a través de subastas.</li> <li>✓ Comercializar los RAEE recolectados a pequeños corredores y grandes comerciantes quienes los segregan y clasifican.</li> <li>✓ Vender los componentes de RAEE clasificados a recicladores que llevan a cabo su aprovechamiento, reciclaje y disposición final de origen local e importados ilegalmente, por fuera de los estándares ambientales del gobierno.</li> <li>✓ Comercializar ilegalmente las materias primas extraídas en el mercado nacional e internacional.</li> </ul>

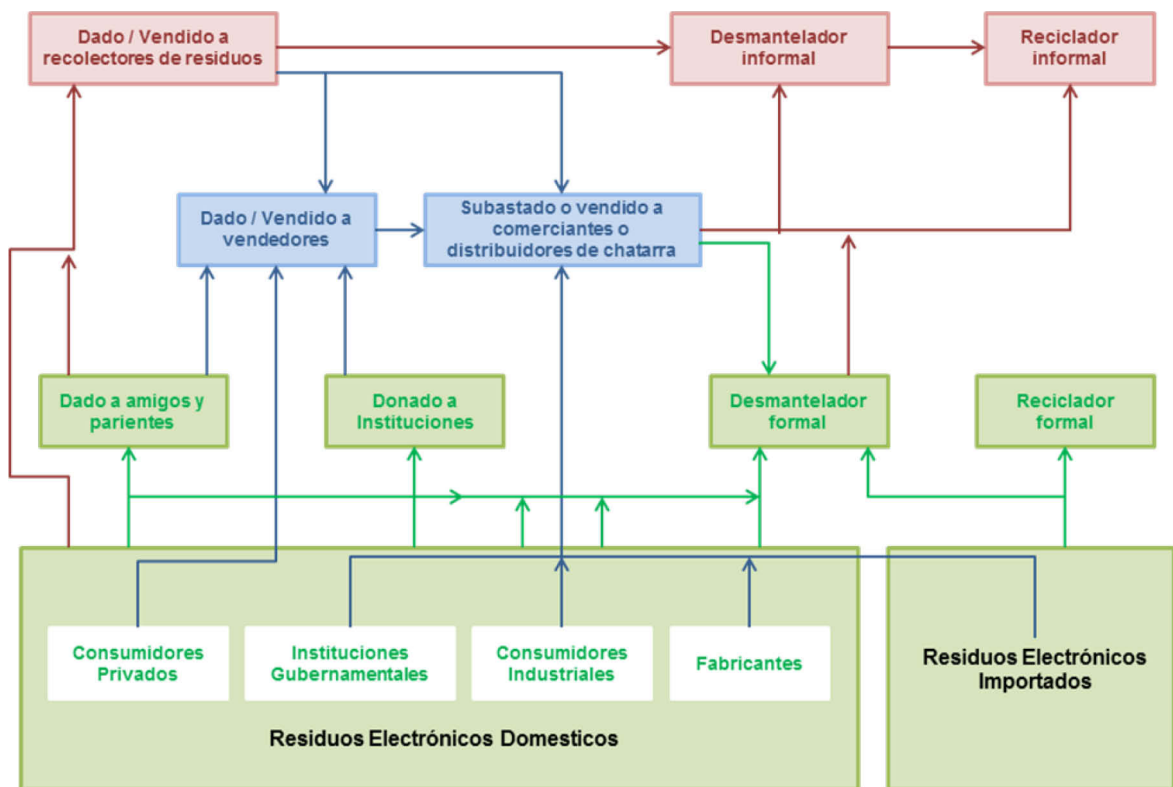
<sup>39</sup> RAGHUPATHY, L. y CHATURVEDI, A. Secondary resources and recycling in developing economies. En: Science of the Total Environment. September 2013, vol. 461-462, p. 830-834.

- |                      |  |
|----------------------|--|
| Traficantes ilegales | ✓ Importar grandes volúmenes de RAEE de manera ilegal.   |
|                      | ✓ Comercializar fracciones de RAEE en el sector informal para su reciclaje.                          |
| Consumidores         | ✓ Entregar los RAEE que generan a los recolectores informales a cambio de una retribución económica. |
|                      | ✓ Descartar los RAEE junto con los residuos domésticos.  |
|                      | ✓ Almacenar los RAEE en los hogares.   |

**Fuente:** Elaboración propia a partir de The global impact of e-waste: Addressing the challenge, 2012.

Como se mostrará en la Figura 5, el flujo de RAEE en India es bastante complejo, no únicamente por los residuos electrónicos originados de diferentes fuentes sino por la cantidad de partes interesadas que se encuentran en la cadena de valor y están interrelacionados entre sí.

**Figura 5:** Flujo de RAEE en India



**Fuente:** modificado de The global impact of e-waste: Addressing the challenge, 2012

Las áreas y flujos verdes se refieren al sector de reciclaje formal, las áreas y flujos rojos corresponden al sector informal y las áreas y flujos azules conciernen al sector seminormal, quienes son el enlace entre los sectores formales e informales.

### Tratamiento de RAEE

Tal como lo describe Sinha-Khetriwal<sup>40</sup>, el sistema de reciclaje de residuos electrónicos en India a diferencia de algunos países desarrollados ha surgido como una derivación de la industria de chatarra que recoge restos metálicos de todas las fuentes posibles y que teniendo en cuenta el auge de la era tecnológica y la cantidad de equipos electrónicos que cada día se van convirtiendo en dispositivos obsoletos, son entonces materia prima para las industrias refinadoras y fundidoras así como para las acerías. En la Tabla 28 se describirán las técnicas para el procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en India.

**Tabla 28:** Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en India.

Etapa	Descripción
Desensamble	✓ Llevar a cabo la fragmentación, trituración y remoción de los componentes más simples de RAEE de forma manual o mecánica para ser posteriormente segregados y clasificados.
Calcinación	✓ Fundir o quemar a cielo abierto TCI, periféricos y cables para remover fracciones como cobre contenidas en su interior.
Lixiviación química	✓ Aplicar sustancias corrosivas como ácido nítrico, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico a TCI para extraer fracciones de oro y otros metales preciosos.
Disposición final	✓ Disponer los materiales que ya no tienen ningún tipo de valor en campos y rondas de ríos.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de A roadmap for development of sustainable E-waste management system in India, 2010.

### 6.2.3 Ghana

En Ghana existen actualmente varias dificultades en torno al reciclaje de los residuos electrónicos, por la falta de adecuación de un marco regulatorio nacional claro y específico alrededor de los RAEE, que prohíba su importación ilegal y los métodos de reciclaje inadecuados, lo anterior genera una serie de sucesos que

<sup>40</sup> SINHA-KHETRIWAL, D. Op cit, p. 499-500.

han propiciado directa o indirectamente los impactos negativos al ambiente y a la salud humana, entre los que se destacan:

- ✓ La importación de un volumen cada vez más creciente de equipos eléctricos y electrónicos de segunda mano para consumo y RAEE para ser reciclados.
- ✓ El reciclaje informal de RAEE, cuya infraestructura para el procesamiento es aun más rudimentaria que la llevada a cabo por India y China.
- ✓ La ignorancia y falta de conciencia de la población sobre los efectos perjudiciales que trae consigo el reciclaje rudimentario de los RAEE
- ✓ La ausencia y falta de responsabilidad de los productores sobre los volúmenes de RAEE descartados en el país.

A continuación se presentará en la Tabla 29, una descripción de los hábitos de los actores que intervienen en la gestión de RAEE llevada a cabo actualmente en Ghana.

**Tabla 29:** Hábitos de los actores en la gestión de RAEE llevada a cabo en Ghana.

Parte Interesada	Hábitos
Recolectores y recicladores informales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprar los RAEE generados por los consumidores domésticos puerta a puerta o de entidades públicas y privadas a través de subastas.</li> <li>✓ Comercializar los RAEE recolectados a pequeños corredores y grandes comerciantes quienes los segregan y clasifican.</li> <li>✓ Vender los componentes de RAEE clasificados a recicladores que llevan a cabo su aprovechamiento, reciclaje y disposición final de origen local e importados ilegalmente, por fuera de los estándares ambientales del gobierno.</li> <li>✓ Comercializar ilegalmente las materias primas extraídas en el mercado nacional e internacional.</li> </ul>
Importadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Importar grandes volúmenes de RAEE libremente.</li> <li>✓ vender fracciones de RAEE entre el sector informal para su reciclaje.</li> </ul>
Consumidores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Almacenar los RAEE en los hogares.</li> <li>✓ Vender los RAEE que generan a los recolectores informales</li> <li>✓ Descartar los RAEE junto con los residuos domésticos.</li> <li>✓ Subastar cantidades de RAEE a comerciantes de chatarra.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ghana e-Waste Country Assessment, 2011.

A pesar de existir pocas empresas de reciclaje formal de RAEE en el país, el sector informal es cada vez más creciente, y es más representativo en comparación a las empresas formales quienes tienen que competir frente a los desafíos como las retribuciones económicas para la obtención de RAEE y la cobertura en las ciudades para su recuperación que impone el sector informal.

### Tratamiento de RAEE

Como se describió anteriormente las técnicas de procesamiento y reciclaje de RAEE llevadas a cabo en Ghana son más rudimentarias que otros países en desarrollo, a continuación en la Tabla 30 se presentarán las técnicas que actualmente emplea el sector informal para la recuperación de materiales de valor en el país.

**Tabla 30:** Procesamiento y reciclaje de RAEE llevado a cabo por el sector informal en Ghana.

Etapa	Descripción
Desensamble	✓ Desmantelar manualmente los RAEE para segregar y clasificar metales como cobre, hierro, aluminio, TCI y cables.
Calcinación	✓ Fundir o quemar en hogueras a cielo abierto TCI y cables para remover fracciones de cobre, oro, plata paladio e indio empleando neumáticos como combustible.
Disposición final	✓ Disponer materiales sin valor como monitores y carcasas en campos y rondas de ríos.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ghana e-Waste Country Assessment, 2011.

En su gran mayoría estos procesos de reciclaje son realizados por niños y adolescentes que se encuentran en un rango de edad entre 11 y 18 años, se presentan también situaciones en las que niños de solo 5 años de edad se dedican a desensamblar los residuos electrónicos o a cuidar las hogueras sin ningún tipo de protección personal<sup>41</sup>.

<sup>41</sup> LABUNSKA, I. et al. Chemical contamination at e-waste recycling and disposal sites in Accra and Korforidua. Amsterdam: *Greenpeace Research Laboratories*, 2008, p. 4.



## **7 ANÁLISIS DE LA NORMATIVIDAD Y LA GESTIÓN DE RAEE EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO EN ESTUDIO**

Esta sección realizará una breve observación de los acuerdos y convenios globales que guardan relación y pertinencia en el control y manejo de los RAEE y las sustancias peligrosas en su interior, la correspondencia de tales tratados con las políticas regionales y nacionales, así como una síntesis de los sistemas o actividades de gestión de RAEE establecidos localmente por los países desarrollados y en desarrollo tomados en referencia en este documento.

### **7.1 ACUERDOS AMBIENTALES MULTILATERALES: PRINCIPIOS FUNDAMENTALES**

En términos generales el marco regulatorio internacional en lo pertinente a los acuerdos ambientales multilaterales, se refiere en esencia a 6 principios fundamentales y determinantes para la protección y conservación del medio ambiente y la salud humana con respecto a los residuos generados por el uso de sustancias peligrosas durante las actividades industriales a nivel global.

Estos principios son, el uso ambientalmente racional, el control y prevención de los movimientos transfronterizos, el control en la producción y comercialización, la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de todos los países en el comercio internacional, la adopción y desarrollo de estrategias para prohibir la producción y la adopción de medidas de protección sobre las emisiones y liberaciones en torno a las sustancias peligrosas.

### **7.2 MARCO LEGAL AMBIENTAL REGIONAL Y NACIONAL EN RELACIÓN CON LOS ACUERDOS AMBIENTALES MULTILATERALES**

Todos los países tomados como referencia para este análisis han ratificado los acuerdos ambientales multilaterales, por ende la aplicación de los lineamientos de tales acuerdos en el ámbito nacional se han establecido de forma general en los marcos normativos locales.

Sin embargo existe una notable diferencia entre las políticas regionales establecidas, así como las políticas creadas a nivel nacional, en torno a la aplicación específica de dichos lineamientos en la gestión integral de los RAEE, en orden a reducir los riesgos asociados por las sustancias peligrosas contenidas en su interior. A continuación se hará una descripción.

### **7.2.1 Unión Europea**

La Unión Europea por su parte en cumplimiento a los principios de los acuerdos ambientales multilaterales respecto a RAEE, desde el 2003 estipulo la política para su gestión a través de las directivas 95 y 96 del 2002, que cobija a todos sus países miembro, quienes desde sus soberanía tienen la potestad de implementar dicha política localmente a su criterio, siempre y cuando se ciña a los lineamientos que establece.

El enfoque de tal política está encausado en prevenir y gestionar adecuadamente todos los RAEE generados con un óptimo desempeño ambiental, contando con la participación de todos los actores que forman parte del ciclo de vida de los dispositivos electrónicos puestos en el mercado nacional de los países europeos.

Al igual que los acuerdos ambientales multilaterales, la política busca fomentar la prohibición de los movimientos transfronterizos, el diseño y la producción de dispositivos electrónicos ecológicos y fácilmente reciclables, prevenir la contaminación, asegurando que los nuevos dispositivos electrónicos no contengan en lo posible sustancias peligrosas, establecer una cadena logística selectiva que permita clasificar y separar desde la fuente los residuos electrónicos generados, realizar su tratamiento en instalaciones certificadas con las mejores técnicas para el aprovechamiento o recuperación de alta eficiencia y la disposición final adecuada.

Siguiendo estos parámetros, Alemania estableció en el 2005 la ley denominada ElektroG, Bélgica por su parte entre el 2002 y el 2004 instauró un decreto real y tres decretos locales en las regiones de Valona, Flandes y Bruselas y por último Italia en el año 2005 creó el decreto legislativo 151, con los que instituyeron los principios de la directiva europea.

### **7.2.2 Asia**

Por su parte Asia no cuenta actualmente con ninguna política regional que se ciña a los preceptos de los acuerdos ambientales multilaterales en lo que respecta específicamente a la gestión de RAEE, por lo cual el marco regulatorio local en este ámbito es diferente en cada uno de los países asiáticos, en especial los tomados como referencia (China e India).

China entre el año 2003 y 2011, ha construido un marco normativo sobre el tema por medio de varias políticas que buscan, la prohibición de importaciones de RAEE, la restricción de sustancias peligrosas en los componentes de dispositivos electrónicos y la institución de instrumentos de regulación en los procesos de reciclaje de RAEE.

Lo anterior con el fin de impulsar la recuperación y reutilización de materiales, incluyendo sustancias peligrosas de potencial valor en la industria, la prevención

de posibles emisiones incontroladas de sustancias al ambiente durante el tratamiento, con el propósito de reducir los residuos peligrosos en el ambiente y por ende reducir su producción, con la participación activa de los actores que intervienen en el ciclo de vida de productos electrónicos.

Sin embargo en la búsqueda del cumplimiento de los principios fundamentales de los acuerdos ambientales multilaterales, se atraviesa una barrera impuesta por el sector de reciclaje informal, así como por los traficantes e importadores ilegales de RAEE, quienes están encaminados en dirección contraria a estos preceptos, además de la inconsciencia y falta de voluntad de la sociedad civil.

Por lo tanto a pesar de los esfuerzos del gobierno chino por instituir este marco legal y construir un plan de gestión de RAEE que sea acorde a los acuerdos ambientales multilaterales, hace falta trabajar más a fondo en la destrucción de las brechas que limitan el accionar conjunto hacia este fin entre todas las partes interesadas del proceso.

India por su parte, en el año 2011 estableció el reglamento sobre RAEE con respecto a su adecuada gestión y manipulación, intentando apegarse a los lineamientos establecidos por las directivas de RAEE de la unión europea, con los que busca la implementación y desarrollo de los principios fundamentales establecidos por los acuerdos ambientales multilaterales.

Por tanto el reglamento dispone las obligaciones que los actores en la cadena de gestión de RAEE deben cumplir, entre lo que se destaca, la prohibición de los movimientos transfronterizos, la reducción del uso de sustancias peligrosas en la fabricación de dispositivos eléctricos y electrónicos, la recuperación de materiales reciclables y la prevención de la contaminación y los efectos adversos en el ambiente y la salud humana generados por las sustancias peligrosas que se puedan producir durante el tratamiento de RAEE.

A pesar de la creación de este instrumento con el que se intenta satisfacer los compromisos suscritos en los acuerdos ambientales multilaterales, no se puede negar que tal y como sucede en China, las barreras ejercidas por el sector de reciclaje informal, así como por los traficantes e importadores ilegales de RAEE, generan un vacío que impide el cumplimiento de sus principios.

### **7.2.3 África**

En lo que respecta a África, existe un convenio regional denominado la convención de Bamako que prohíbe la importación de residuos peligrosos y establece un control para su gestión y movimiento transfronterizo, a pesar de esto existen notorias limitaciones en la gestión de RAEE en los países que integran la región, debido a la falta de instrumentos adecuados, que representan en la actualidad un inmenso desafío.

En el caso particular de Ghana, a pesar de ser uno de los países firmantes de los acuerdos ambientales multilaterales y de la convención de Bamako, no cuenta en la actualidad con un marco normativo específico para la gestión de RAEE, lo más cercano a tal fin es la legislación establecida para el control y gestión de residuos peligrosos.

Ghana se encuentra en una situación crítica, teniendo en cuenta que la ausencia de un marco regulatorio específico en torno a la gestión de RAEE, genera una amplia ventaja para los traficantes e importadores ilegales de RAEE, así como para el sector de reciclaje informal que libremente puede trabajar sin ningún tipo de prohibición o sanción.

Con esta situación la preocupación es creciente, debido a la inmensa cantidad de RAEE que llega al país y se convierten en desechos que se disponen inadecuadamente en basureros improvisados, generando sustancias peligrosas con múltiples destinos que imponen una seria incertidumbre sobre los impactos ambientales, sociales y económicos que las actividades de gestión incontroladas pueden acarrear a la población.

### **7.3 GESTIÓN DE RAEE EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS Y EN DESARROLLO**

La gestión de RAEE en los países desarrollados y en desarrollo, se lleva a cabo bajo diversos canales y métodos de gestión que en unos casos son adecuados y en otros no y sus resultados evidencian la interrelación entre los factores económicos, ambientales y sociales, que afectan positiva o negativamente el entorno nacional de cada uno de los países.

#### **7.3.1 Unión Europea**

Con el establecimiento de las políticas locales, Alemania, Bélgica e Italia realizan la gestión de RAEE bajo sistemas de recolección emprendidas por empresas de servicios públicos o por esquemas de recolección formados por colectivos de productores, que se encargan de establecer puntos de recolección para los consumidores domésticos, como establecimientos comerciales o parques contenedores, en el caso de los consumidores corporativos, los productores llegan a acuerdos económicos con ellos para tal fin.

El tratamiento a cargo de los gestores se efectúa en instalaciones especializadas que cuentan con todos los instrumentos técnicos y tecnológicos para llevar a cabo el reciclaje de los residuos con alta eficiencia bajo normas de seguridad industrial estrictas con un desempeño ambiental certificado bajo los estándares de los entes de regulación.

El producto de estos procesos, es la recuperación en más de un 90%, de una amplia cantidad de materiales entre los que se destacan metales preciosos, comunes y pesados, que son reincorporados a la cadena de valor y cuya venta genera una gran rentabilidad.

El papel de los productores es muy importante, por su responsabilidad social bajo el principio de responsabilidad extendida, con el que asumen la gestión pos-consumo de los AEE que introducen en el mercado de los países europeos, para ello desarrollan esquemas de recolección individual o se vinculan a esquemas de recolección colectiva, garantizando toda la financiación de la gestión hasta la recuperación y/o disposición final de los residuos.

Teniendo en cuenta que las tasas de recolección mínima de RAEE son del 85% del peso total generado al año, los productores y/o los esquemas de recolección colectiva a los que pertenezcan, generan una Figura que se encarga de representarlos, generando y entregando al gobierno nacional el reporte de la cantidad de RAEE, generado, recolectado y reciclado anualmente.

Las multas y sanciones a las que se verán sometidos los productores y gestores por el incumplimiento de la normatividad referente a la gestión de RAEE son bastante costosas y estrictas, lo que fomenta el control y monitoreo de los procesos llevados a cabo.

### **7.3.2 Asia**

A pesar de que la gestión de RAEE en China e India, no está enmarcada bajo una política regional como es el caso de la Unión Europea, si han establecido un marco regulatorio a nivel local y el contexto de gestión de RAEE en estos países a pesar de sus diferencias normativas es muy similar.

En China e India, la participación de los recolectores formales es reducida, no existen esquemas de recolección, la recolección de RAEE en su gran mayoría, es llevada a cabo por recolectores informales de escasos recursos que compran los residuos a los consumidores puerta a puerta, siendo para los consumidores un negocio atractivo; Adicionalmente, el ingreso de RAEE provenientes de otros países son la fuente principal de recolección de residuos para reciclar.

El tratamiento de los RAEE, es llevado a cabo en talleres domésticos familiares, en donde participan niños y adolescentes que emplean técnicas artesanales y rudimentarias de reciclaje, como herramientas comunes y sustancias corrosivas, así como la quema a cielo abierto; Estos procesos son de baja eficiencia, produciendo impactos negativos por los efectos nocivos que las sustancias peligrosas liberadas están generando en el medio ambiente y la salud humana.

La contaminación y el consecuente deterioro de los recursos naturales como las fuentes hídricas, el aire y los suelos principalmente, han sido la vía de exposición

directa e indirecta de la población a sustancias peligrosas, que han llegado a ocasionar en la población, enfermedades dérmicas, pulmonares y cardiovasculares, así como el envenenamiento por metales pesados, debido a la inhalación de aire con material particulado.

Adicionalmente, el consumo de productos derivados de la agricultura, la pesca y la ganadería entre otros, que se llevan a cabo en suelos y acuíferos contaminados, ha sido el principal medio de bioacumulación y biomagnificación de metales pesados, COP, dioxinas y furanos, en la cadena alimenticia, amenazando las condiciones de salud y la calidad de vida de la población y en especial a grupos vulnerables como niños recién nacidos y mujeres embarazadas<sup>42</sup>.

En términos económicos, los productos generados al final del proceso, son algunos metales como cobre, oro, plata, plomo y otros, que son recuperados en un porcentaje reducido, sin embargo son de gran interés para chatarrerías y empresas metalúrgicas que las introducen nuevamente a la cadena de valor, convirtiéndose así en el sustento económico para varias familias de escasos recursos.

Aun cuando varios productores de equipos electrónicos, han adoptado la responsabilidad extendida de sus productos bajo la normatividad establecida en China e India, el predominio del sector informal, hace imposible que las campañas y la gestión de RAEE, que se intenta llevar con los gestores formales tenga fruto.

Teniendo en cuenta que el sector informal no se encuentra regulado por las autoridades y no se tienen cifras de la cantidad de RAEE que entran ilegalmente a los países, es imposible estimar la cantidad total de RAEE que se recolecta y se recicla, solo se pueden tener algunas datos a partir de la cantidad de AEE que introducen los productores en el mercado y reportan a las autoridades.

Aunque los gobiernos trabajan en procedimientos sancionatorios estrictos, alrededor de la gestión de RAEE, los actores del sector informal evaden las multas y sanciones, al migrar por muchos lugares sin poder ser fácilmente detectados.

### **7.3.3 África**

Como se ha mencionado con anterioridad, Ghana atraviesa por muchas dificultades al no tener actualmente una legislación alrededor de la gestión de los RAEE, convirtiéndose en uno de los principales destinos para la disposición de los residuos eléctricos y electrónicos de muchos países en el mundo.

La falta de una política o instrumentos legales en este contexto, mantiene a los fabricantes ajenos a cualquier responsabilidad sobre la gestión y financiación pos-consumo de sus productos en el país y deja libre de toda restricción a los

---

<sup>42</sup> SEPÚLVEDA, A. Op cit, p. 36.

traficantes e importadores ilegales, que traen grandes lotes de RAEE provenientes de otros países para ser desechados en Ghana.

Esto también impide que se lleven cifras estadísticas de la cantidad de RAEE que ingresa y la cantidad de RAEE que es recolectado y reciclado por el sector informal, lo que mantiene en desidia, el flujo de materiales de RAEE que se está moviendo actualmente en el país y cuál es el efecto potencial que tendrá a futuro toda la gestión que se está realizando para estos residuos.

Actualmente en Ghana, la recolección de RAEE es llevada a cabo por recolectores informales de escasos recursos que compran los residuos a los consumidores puerta a puerta o a través de subastas, sin embargo la principal fuente de recolección proviene de las importaciones ilegales de RAEE.

El tratamiento de los RAEE, se realiza a campo abierto o en carpas por muchas personas, entre ellas niños o adolescentes que emplean herramientas comunes y la quema a cielo abierto utilizando como combustible llantas viejas, que son procesos de baja eficiencia produciendo efectos nocivos en el medio ambiente y la salud humana por las sustancias peligrosas que se liberan en el proceso.

En este caso y así como en China e India, la población de Ghana se ve amenazada por la exposición directa de sustancias peligrosas e indirectamente por efecto de la contaminación y el deterioro de los recursos naturales que son la fuente de sustento para su alimentación, según los estudios realizados por Asante<sup>43</sup>, Feldt<sup>44</sup> e Itai<sup>45</sup>, se estima que la población tiene altas concentraciones de metales pesados y COP en el organismo, siendo perjudiciales para su salud.

Económicamente, los productos generados al final del proceso, son entre otros, metales como cobre, oro, acero, plomo y aluminio, además del plástico, cuyo porcentaje de recuperación no es de alta eficiencia, pero sin embargo son de gran interés para comerciantes de China y Nigeria, así como para empresas metalúrgicas, que introducen estas materias primas secundarias a la cadena de valor y de esta forma se convierten en el sustento económico para varias familias en pobreza extrema.

---

<sup>43</sup> ASANTE, K. A., et al. Human exposure to PCBs, PBDEs and HBCDs in Ghana: Temporal variation, sources of exposure and estimation of daily intakes by infants. En: Environment International. July 2011, vol. 37, no. 5, p. 921–928.

<sup>44</sup> FELDT, T., et al. High levels of PAH-metabolites in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Ghana. En: Science of the Total Environment. January 2014, vol. 466-467, p. 369–376.

<sup>45</sup> ITAI, T., et al. Variation and distribution of metals and metalloids in soil/ash mixtures from Agbogbloshie e-waste recycling site in Accra, Ghana. En: Science of the Total Environment. February 2014, vol. 470-471, p. 707–716.

## 8 GESTIÓN DE RAEE EN COLOMBIA

### 8.1 GENERALIDADES

A pesar de que Colombia es un país en vía de desarrollo, el nivel de penetración de las TIC como computadores y teléfonos móviles es cada vez más creciente desde el año 2007, según lo reporta el DANE<sup>46</sup>, la DIAN<sup>47</sup> y el MINTIC<sup>48</sup>, en sus informes anuales, posicionándose como uno de los países con más rápido desarrollo en el campo de las telecomunicaciones en América Latina.

En la Gráfica 1, se presenta la tendencia del mercado de la telefonía móvil en el país, cuyo incremento ha sido dinámico en los últimos años, resaltando la cantidad de suscripciones que ha llegado a una cifra estimada de 55.330.727 abonados en al año 2014, junto con la cantidad de teléfonos móviles importados y reportados en hogares del país, los cuales sumarian mas de 31.898.167 unidades para el año 2013.

En la Gráfica 2, se presenta la tendencia del mercado de computadores en el país, que ha tenido un aumento progresivo en los últimos años, resaltando la cantidad de suscripciones a internet fija o móvil que ha llegado a una cifra estimada de 10.617.215, junto con la cantidad de computadores importados y reportados en hogares del país, los cuales sumarian más de 11.301.324 unidades para el 2013.

Esta tendencia creciente en la demanda progresiva de las TIC en Colombia, ha ocasionado a la par el incremento de la cantidad de RAEE, por un lado por la demanda creciente de bienes de consumo, así como por la tasa de obsolescencia programada incentivada por los rápidos cambios tecnológicos en la industria de las telecomunicaciones y la informática y por otro lado por el tiempo de vida útil de los dispositivos electrónicos que es relativamente corto.

---

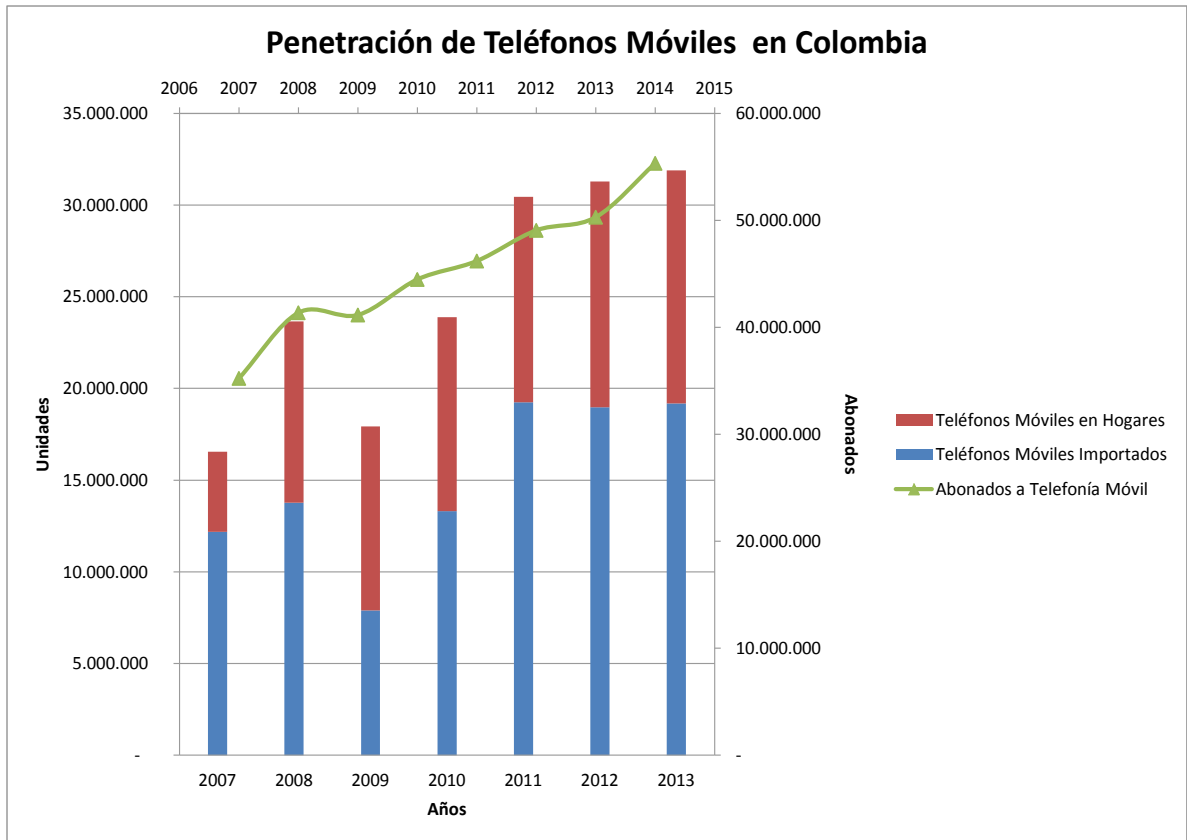
<sup>46</sup>DANE. Indicadores básicos de TIC en Hogares - Históricos.  
<http://www.dane.gov.co/index.php/esp/component/content/article/65-economicas/tecnologias-de-informacion/4820-indicadores-basicos-de-tic-en-hogares-historicos>, 2014.

<sup>47</sup>DIAN. Importaciones por subpartida arancelaria.  
[http://websiex.dian.gov.co/pls/siex/isubpartidas\\$.startup](http://websiex.dian.gov.co/pls/siex/isubpartidas$.startup), 2015.

<sup>48</sup> MINTIC. Estadísticas del sector. <http://colombiatic.mintic.gov.co/602/w3-propertyvalue-707.html>, 2015.

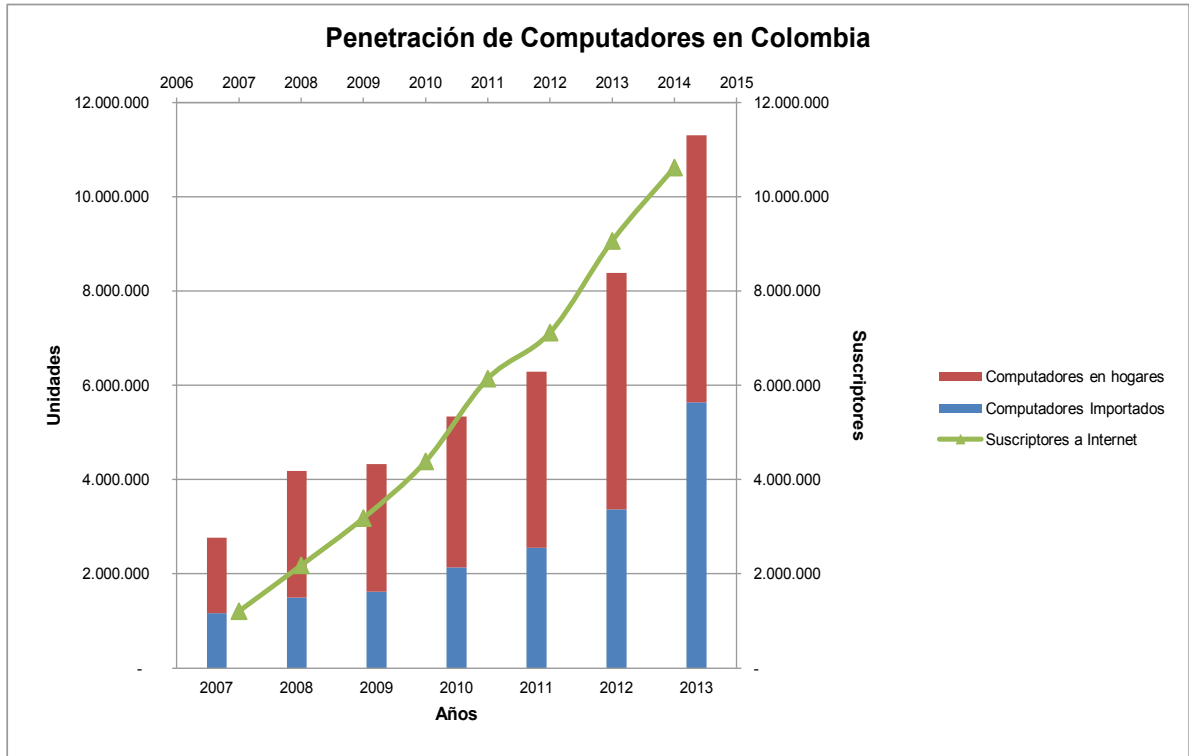


**Gráfica 1: Nivel de penetración de Teléfonos Móviles en Colombia**



**Fuente:** DANE, 2014; DIAN, 2015 y MINTIC, 2015

**Gráfica 2:** Nivel de penetración de Computadores en Colombia

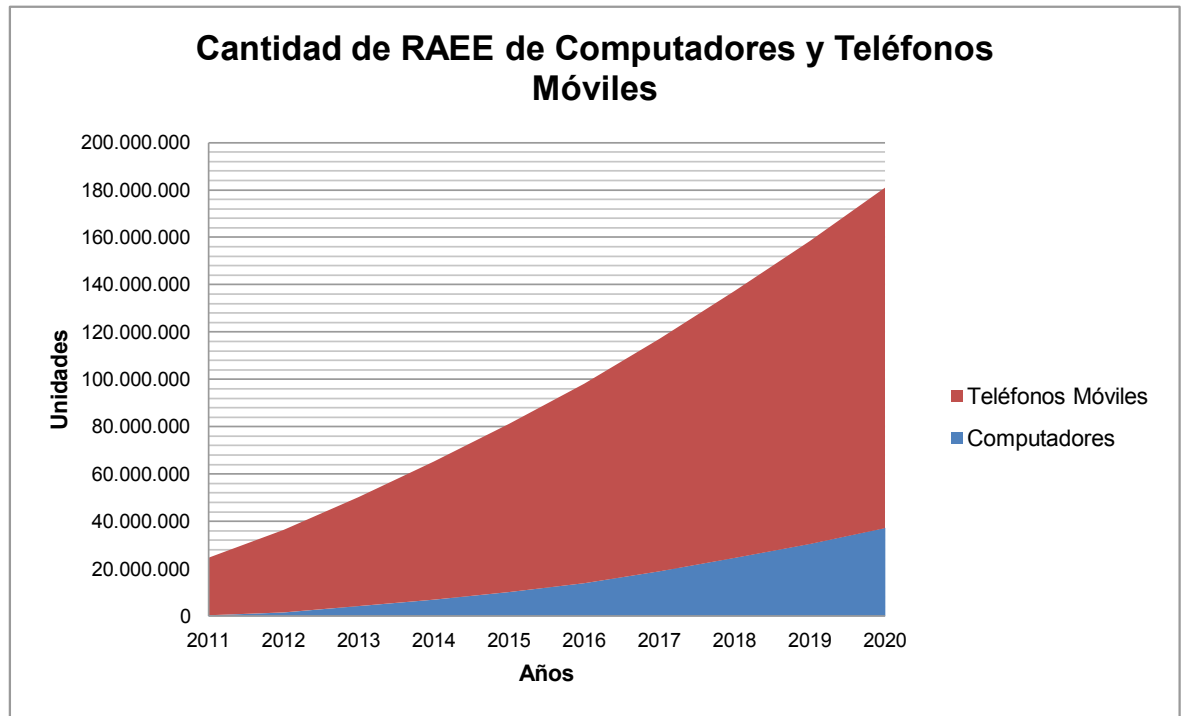


**Fuente:** DANE, 2014; DIAN, 2015 y MINTIC, 2015

Según lo reporta Román<sup>49</sup>, se estima que entre el 2009 y 2015 más de 884 mil toneladas de RAEE en general se han producido en el país. Tomando como referencia los datos reportados por el DANE y la DIAN sobre la cantidad de computadores y teléfonos móviles en hogares que se pueden suponer como base instalada y la cantidad de las mismas unidades que han sido importadas anualmente, junto con el tiempo de vida útil que se presume es de alrededor de 2 años para teléfonos móviles y de alrededor de 5 años para computadores, se realizó una estimación al año 2020, trazando una línea de tendencia polinómica con los datos recopilados, con un factor de correlación de 0,99 que se muestra en la Gráfica 3.

<sup>49</sup> ROMÁN, Ignacio. eWASTE en Colombia. Brasília: GSMA Latin America, 2015.

**Gráfica 3:** Cantidad de RAEE de Computadores y Teléfonos Móviles



**Fuente:** Elaboración propia a partir de DANE, 2012; DIAN, 2015

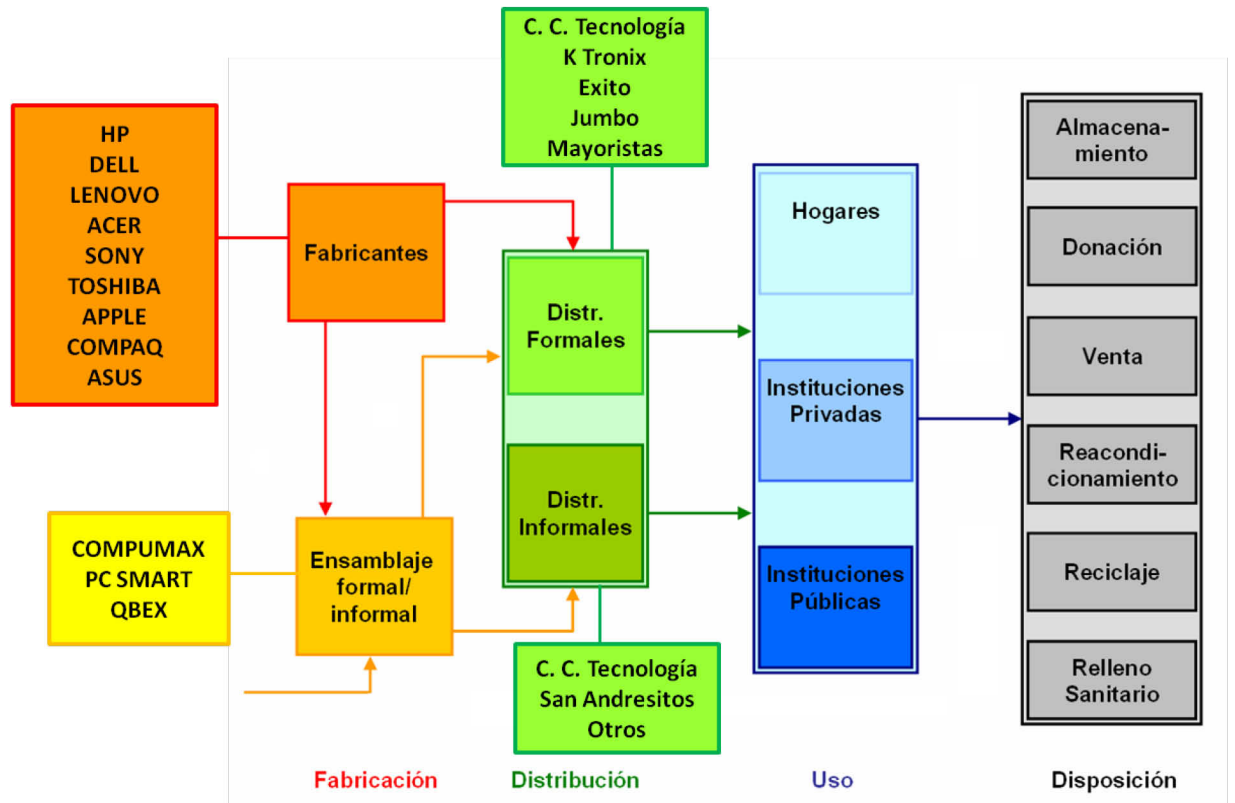
Tomando como única variable, el término de vida útil de teléfonos móviles y computadores, para el 2020 se estima que 143 millones de teléfonos móviles y 37 millones de computadores se convertirán en residuo electrónico, cifra que puede ser más grande teniendo en cuenta las innovaciones tecnológicas y el incremento en su demanda, no medida en esta estimación.

## 8.2 ACTORES EN EL CICLO DE VIDA DE COMPUTADORES Y TELÉFONOS MÓVILES EN COLOMBIA

Para tener una perspectiva más amplia del comportamiento de los flujos de computadores y teléfonos móviles en Colombia, es indispensable identificar a los diferentes actores y el rol que desempeñan en este sistema, por tal motivo a continuación se presenta un organigrama con el comportamiento de los flujos de computadores y teléfonos móviles.

## 8.2.1 Computadores

**Figura 6:** Flujo de computadores en Colombia



**Fuente:** Modificado de Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. Medellín, 2008.

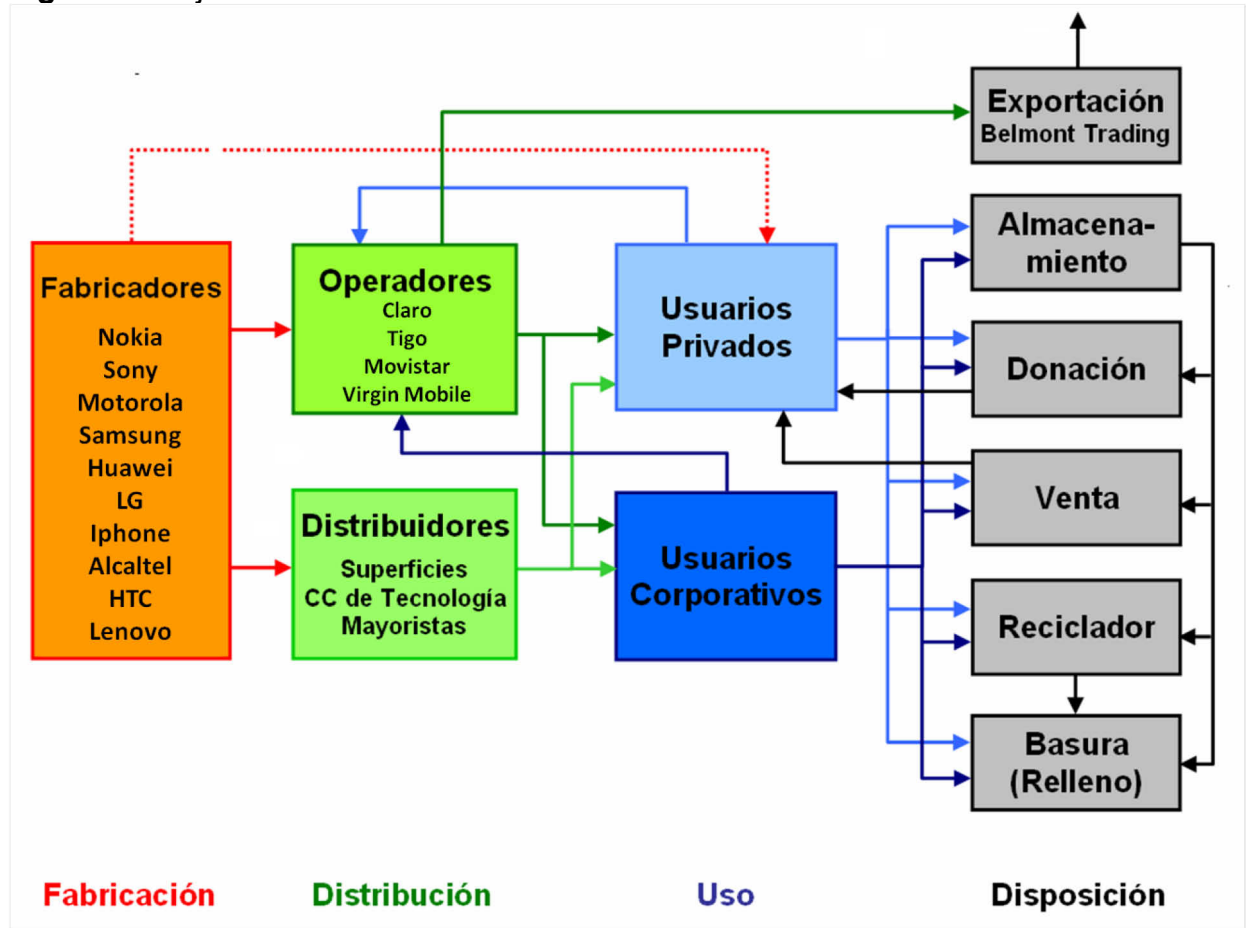
- ✓ **Fabricación:** los principales productores de computadores tienen su origen en países de Asia, Centroamérica y Estados Unidos, en donde se resaltan marcas como Lenovo, Hewlett Packard, Compaq, Toshiba, Asus, Acer, Apple, Samsung y Dell, siendo los más representativos; por otra parte hay un mercado de ensamblaje local de computadores con partes de distintos productores, bajo marcas nacionales como QBEX, Compumax, PC Smart entre otras, que se diferencian de las marcas extranjeras con respecto a precios y en algunos casos capacidad tecnológica.
- ✓ **Distribución:** La distribución de este tipo de tecnología se realiza por medio de canales como almacenes de cadena y grandes superficies como Éxito, Jumbo, Alkosto, K-tronix, zonas de comercio como los San Andresito, centros de alta

tecnología y distribuidores mayoristas como MPS mayorista o SED International entre otros, ubicados en las principales ciudades de país.

- ✓ **Usuarios:** Los principales usuarios o consumidores de equipos de cómputo en el país son los hogares donde se pueden encontrar en el núcleo familiar en promedio como mínimo 1 computador, después de los hogares siguen las empresas y corporaciones privadas, seguido por las empresas públicas y estatales que utilizan los dispositivos para el desarrollo de las actividades económicas, sociales, gubernamentales u otras.
- ✓ **Disposición:** Las tendencias con respecto a la disposición de los computadores al volverse obsoletos o terminar su vida útil es variada, sin embargo entre las principales están el reacondicionamiento o remanufacturación en centros de soporte técnico, el almacenamiento en sanalejos o bodegas, la donación a fundaciones o regalo a conocidos, la subasta o venta a gestores formales e informales para ser reciclados y la disposición final en rellenos sanitarios al ser mezclados entre los residuos domésticos.

## 8.2.2 Teléfonos Móviles

**Figura 7:** Flujo de teléfonos móviles en Colombia



**Fuente:** Modificado de Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. Medellín, 2008.

- ✓ **Fabricación:** los principales productores de teléfonos móviles, tienen su origen en los países de Asia, Centroamérica y Estados Unidos, en donde se resaltan marcas como Samsung, LG, Huawei, Iphone, Alcatel, Nokia, Motorola, Sony, HTC, Lenovo y como marca colombiana se encuentra QBEX que comercializa teléfonos móviles localmente.
- ✓ **Distribución:** la distribución de equipos de telefonía móvil se realiza por medio de varios canales de distribución, entre los que se encuentran los operadores nacionales como, Claro, Tigo, Movistar y Virgin Mobile, seguido de almacenes de cadena y grandes superficies, como Éxito, Jumbo, Alkosto, K-tronix, zonas

de comercio como los San Andresito y centros de alta tecnología en las ciudades.

- ✓ **Usuarios:** los usuarios de telefonía móvil en el país son en principio cada uno de los ciudadanos que han suscrito una línea móvil de voz o datos con los operadores, denominadas líneas privadas, por otro lado se encuentran las líneas corporativas que son los planes suscritos por empresas y corporaciones públicas y privadas con los operadores, que cuentan con un número determinado de líneas móviles para comunicación interna entre funcionarios de las organizaciones.
- ✓ **Disposición:** Las tendencias con respecto a la disposición de teléfonos móviles, al volverse obsoletos o terminar su vida útil es variada, sin embargo entre las principales están, las reposiciones por garantía ante los operadores, el almacenamiento en hogares, la donación o regalo a conocidos, el reacondicionamiento o remanufacturación en centros de soporte técnico, la venta a gestores formales e informales para ser reciclados y la disposición final en rellenos sanitarios al ser mezclados entre los residuos domésticos.

### **8.3 GESTORES DE RAEE EN COLOMBIA**

Debido a los componentes de gran interés económico contenidos en los RAEE de computadores y teléfonos móviles, tales como metales comunes y preciosos junto con otros materiales, la presencia del sector formal e informal, ha sido en los últimos años cada vez más notable en el país, para llevar a cabo todas las actividades de gestión para su reciclaje e inserción en la cadena de valor.

#### **8.3.1 Gestores Informales**

El sector informal de reciclaje, constituido principalmente por personas naturales y de escasos recursos, que asumen el papel de recolectores en las principales ciudades de Colombia, se encargan de la recolección, desensamble, separación, aprovechamiento y comercialización de los RAEE recogidos en zonas con flujos de movimiento amplio de estos materiales y en zonas residenciales de las ciudades.

Los centros de alta tecnología de las ciudades son los puntos estratégicos para la recolección de RAEE por parte de los recolectores informales, teniendo en cuenta la considerable cantidad de partes de computadores y teléfonos móviles que son descartados durante su reacondicionamiento, debido a que no funcionan correctamente o se encuentran dañados, tales residuos son vendidos o regalados a los recolectores.

Por otra parte las zonas residenciales son otra fuente de recolección de RAEE en las ciudades, en las que generalmente los recolectores informales encuentran este

tipo de residuos mezclados con los residuos domésticos residenciales, en los puntos de recolección de las empresas del servicio público de aseo, o en otros casos se los venden o regalan directamente los residentes de dichas zonas.

Sin embargo cabe resaltar que el área superficial residencial que tienen que abarcar los recolectores informales es bastante amplia, por lo cual por tiempo, facilidad y cantidad de RAEE recolectados en la mayoría de los casos, es más práctico para ellos concentrarse en los centros de reparación de tales dispositivos electrónicos, en los que podrían recoger una mayor cantidad de RAEE de la que pueden recoger al recorrer las zonas residenciales.

Con respecto a la gestión que los recolectores informales llevan a cabo con los RAEE, se puede afirmar que desmontan y separan sus componentes a través de métodos rudimentarios, rompiendo las partes contra el suelo o utilizando herramientas improvisadas para dicha extracción, alrededor de los puntos de su recolección o en talleres domésticos ubicados en sus hogares, en la mayoría de los casos sin elementos de protección personal.

Los materiales de mayor interés para este sector de reciclaje informal son, los discos duros, procesadores, tarjetas de circuito impreso, carcasas metálicas, cables, periféricos (teclados y ratones) que hacen parte de computadores y móviles, los cuales si están en buen estado son vendidos a los centros de reparaciones para ser usados como repuestos o de lo contrario son desmantelados para extraer únicamente, los materiales que tienen algún valor económico para ellos.

Los residuos como el plástico y el vidrio contenidos en los equipos y pantallas CRT o LCD son descartados junto con los residuos domiciliarios, debido a que contienen COP como BFR y metales pesados como plomo o mercurio, que dificulta su recuperación al no contar con la tecnología necesaria para recuperarlos, en muchos casos estos residuos son despedazados y cubiertos con bolsas para que pase desapercibido por los operarios del servicio de aseo publico municipal.

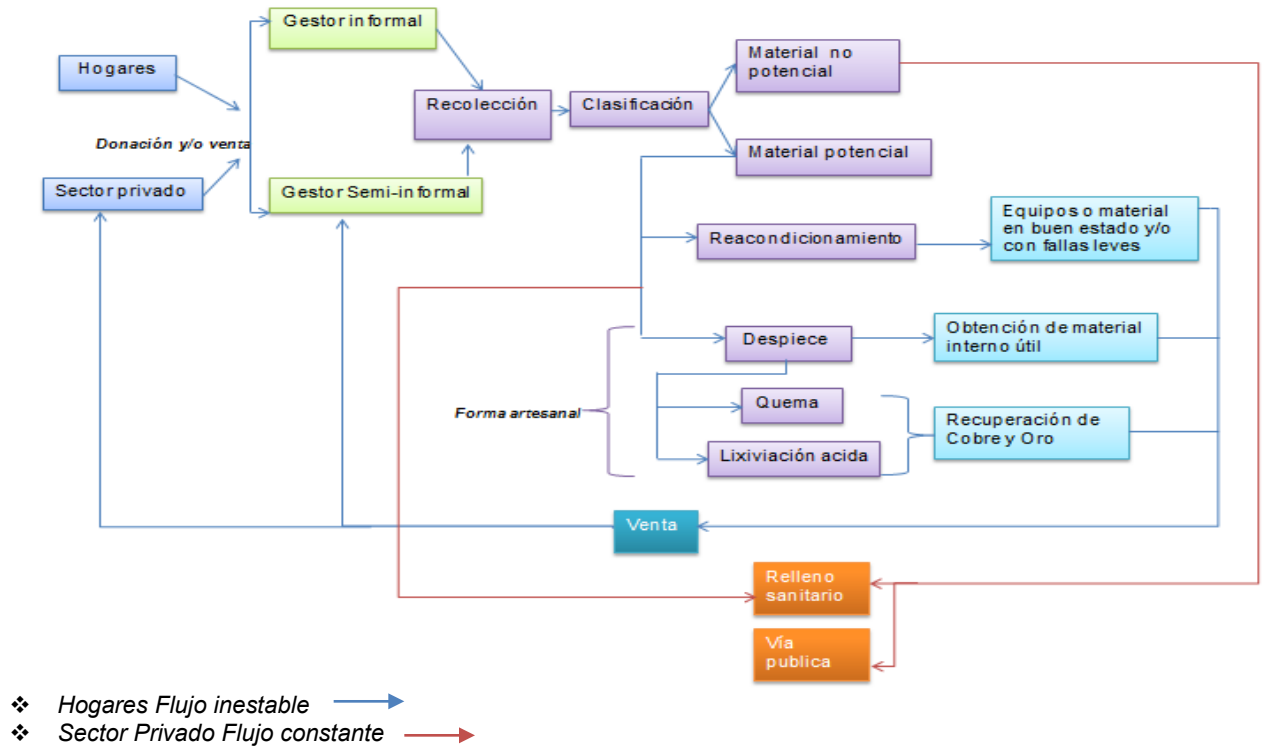
Una vez estos recolectores informales han separado los residuos electrónicos de interés económico, realizan prácticas adicionales para separar metales comunes y preciosos, en el caso de los cables de energía o de conexión de red, se queman a cielo abierto con el fin de separar el cobre contenido en su interior del material encauchetado que lo protege, por otra parte las tarjetas de circuito impreso son sometidas a un proceso rudimentario de lixiviación acida con acido nítrico con la que se hace la separación directa de oro de los demás componentes de las tarjetas.

Las partes procesadas y sin procesar son vendidas a intermediarios y chatarrerías que posteriormente, por un lado se encargan de vender las partes sin procesar a plantas recicladoras o gestores formales de RAEE, quienes se encargan de la recuperación de los materiales contenidos en su interior y por otro lado incluyen



las partes procesadas en el comercio de metales preciosos como es el caso del oro.

**Figura 8:** Flujo de RAEE en el sector informal



**Nota:** no se toma el Sector público debido a que este posee como norma dar una gestión adecuada a sus residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. Medellín, 2008.

### 8.3.2 Gestores formales

El sector formal de reciclaje de RAEE en el país, está conformado por empresas legalmente establecidas, que cuentan con licencia ambiental otorgada por los organismos de regulación ambiental para llevar a cabo las actividades de recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y aprovechamiento de RAEE, garantizando el adecuado manejo y disposición final de los residuos peligrosos que se puedan generar durante todas las actividades.

Aunque son pocos los gestores formales dedicados a la gestión de RAEE en Colombia, la presencia que tienen en ciudades como Barranquilla, Cartagena, Cali, Medellín y Bogotá es significativa, llevando a cabo la recolección de RAEE

generados en empresas públicas y privadas a través de la compra directa o por subasta de lotes de residuos.

A continuación se hace una breve descripción de los gestores activos más representativos en el país.

**Tabla 31:** Gestores formales actualmente activos en Colombia

Empresa	Descripción
Gaia Vitare Ingenieros Ambientales	Presta los servicios de destrucción y manejo integral de RAEE, así como los de consultoría y diseño de planes de manejo ambiental, estudio de impacto ambiental y planes de gestión de RAEE de telecomunicaciones, en ciudades como Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla.
Lito Gestión Integral de Excedentes Industriales y Residuos Peligrosos	Brinda los servicios ambientales de consultoría y diseño de planes de gestión y estudios de contaminación de residuos peligrosos, así como los servicios técnicos y consultorías para la recuperación y aprovechamiento de equipos eléctricos y electrónicos, metales cerámicos, metálicos y poliméricos, en ciudades como Bogotá, Bucaramanga, Medellín, Cali y Barranquilla.
Lasea Soluciones	Ofrece los servicios de gestión de RAEE y procesos siderúrgicos para la recuperación de metales y el aprovechamiento de componentes de baterías como, plástico y compuestos plomo-acido, de igual manera brinda capacitaciones sobre educación y gestión ambiental para el adecuado manejo de los residuos peligrosos.
Belmont Trading	Proporciona los servicios de gestión de RAEE, realizando el pretratamiento y clasificación de partes, para su exportación a la refinería asociada en Estados Unidos.
Computadores para Educar (CENARE)	Este programa tiene como propósito contribuir a la gestión de los RAEE generados después del proceso de reacondicionamiento y retoma de los dispositivos TIC donados por particulares, realizando la recuperación de partes y corrientes limpias y el adecuado manejo de residuos peligrosos.
C.I. Recyclables	Presta los servicios de consultoría, diseño, implementación de planes de gestión de RAEE y efectúa su aprovechamiento y la disposición final de los residuos especiales, lleva a cabo capacitaciones de educación ambiental para el adecuado manejo de residuos.
ASEI	Brinda los servicios de gestión de RAEE, de manera especial hacia el manejo y disposición final de residuos peligrosos.
eCycling	Ofrece el servicio de gestión integral de RAEE y manejo y disposición de residuos peligrosos.
Socya	Presta el servicio de reciclaje de partes de RAEE como vidrio y plástico y de consultoría y educación para el desarrollo sostenible en las ciudades de Medellín y Bogotá.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de <http://raee.org.co/raee-en-colombia/gestores-de-reciclaje/gestores-colombia/>

Para el caso de los consumidores residenciales, la recolección de RAEE de computadores y teléfonos móviles es más compleja, teniendo en cuenta la gran cantidad de hogares en las ciudades, por tal razón los gestores formales ofrecen sus servicios de recolección a domicilio pero con costo incluido y dependiendo de una cantidad mínima establecida y el tipo de RAEE a gestionar.

A partir de la expedición de la resolución 1512 de 2010, la ANDI a través de su cámara del sector electrodomésticos, sentó las bases para que los productores e importadores afiliados, formaran un colectivo con el que se creó el programa pos-consumo para computadores y periféricos denominado EcoCómputo, que ha sido uno de los pocos esquemas de recolección más representativos en el país.

El programa tiene dos canales de recolección libre de costo, por un lado el canal residencial para equipos domésticos a través de campañas en centros comerciales y grandes superficies en ciudades como Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín y por otro lado el canal empresarial para instituciones públicas y privadas, en el que se hace la recolección a domicilio siempre que cumplan con una cantidad mínima de 350 Kg, con la misma cobertura del canal residencial pero agregando a Bucaramanga y Cartagena.

Para el proceso de recolección de los RAEE, varios gestores formales por convocatoria y previo a una revisión de requisitos ambientales y legales, son escogidos y autorizados por el programa para llevar a cabo toda la logística y la gestión adecuada de los residuos recolectados y son los encargados de diligenciar los certificados de disposición final de RAEE para el canal empresarial<sup>50</sup>.

Por su parte los operadores de telefonía móvil y los productores de teléfonos, asociados a ASOMOVIL y la CCIT en compañía del ministerio del medio ambiente, asumieron voluntariamente la responsabilidad de pos-consumo, desarrollando el programa “Recicla tu móvil y comunícate con la Tierra”, programa que realiza la recolección de residuos de teléfonos móviles en los puntos de atención y ventas de los operadores a nivel nacional.

Este programa comenzó como una iniciativa público-privada durante los años 2007 a 2009, posteriormente y de forma continua la iniciativa fue asumida voluntariamente por los operadores de telefonía móvil hasta el presente, con el acompañamiento permanente de Belmont Trading, que desde el inicio de la campaña, ha sido el único gestor de RAEE autorizado que realiza el adecuado aprovechamiento y disposición final de los residuos<sup>51</sup>.

Durante la etapa de procesamiento de los RAEE recolectados, los gestores formales llevan a cabo el despiece de los componentes y subcomponentes de computadores y teléfonos móviles descartados, comercializando los materiales de

---

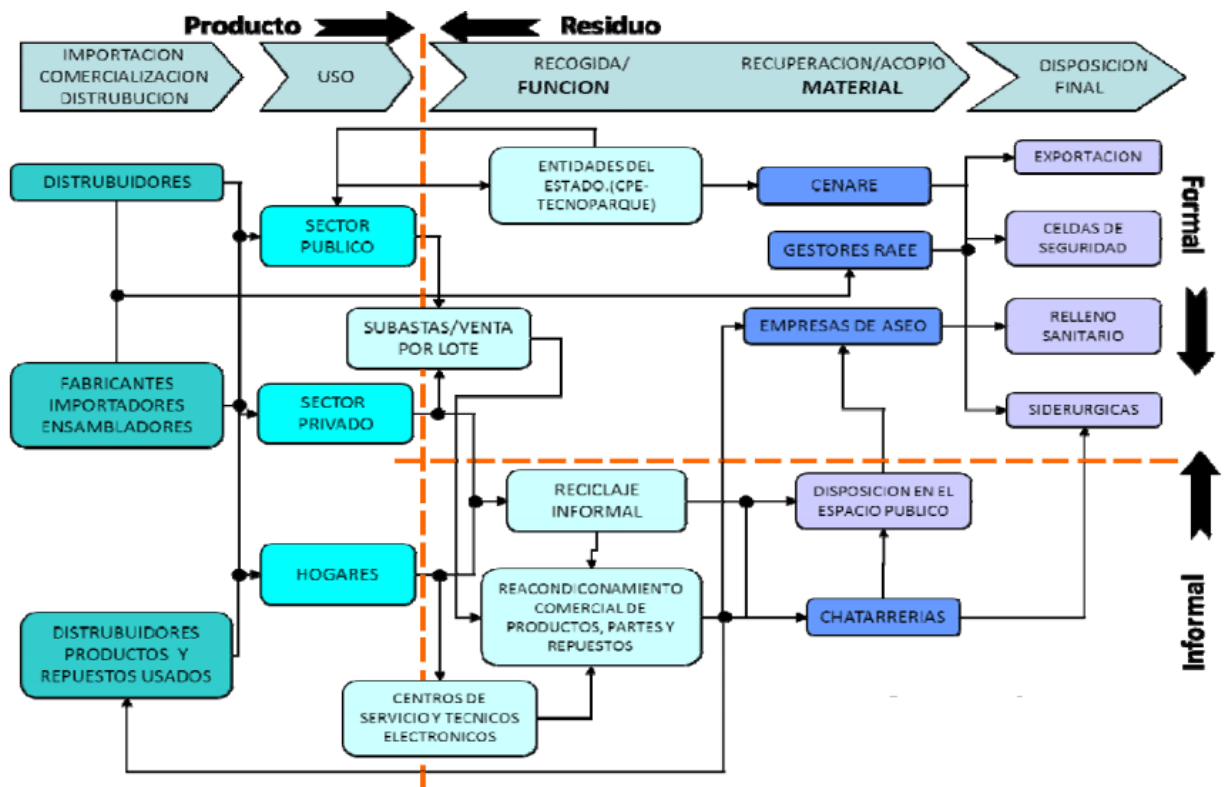
<sup>50</sup> ORTIZ, Olga. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Bogotá, Colombia. Observación inédita, 2015.

<sup>51</sup> ROMÁN, Ignacio. Op cit, p. 10.

valor de fácil obtención y exportando las partes complejas como las TCI, a plantas especializadas en Norteamérica, Bélgica, Alemania o Suiza donde hacen la recuperación eficiente de los materiales de valor.

Según lo indica EcoCómputo<sup>52</sup> y Hernández<sup>53</sup>, entre el año 2009 y el año 2014, alrededor de 12 mil toneladas de RAEE de computadores y periféricos fueron reciclados por los gestores formales, por otra parte Román<sup>54</sup>, indica que entre el año 2007 y el año 2014, alrededor de 646 toneladas de teléfonos móviles junto con sus accesorios fueron reciclados por gestores formales.

**Figura 9:** Flujo de RAEE en Colombia



**Fuente:** Modificado de Manejo de los RAEE a través del Sector Informal en Bogotá , Cali y Barranquilla, 2010.

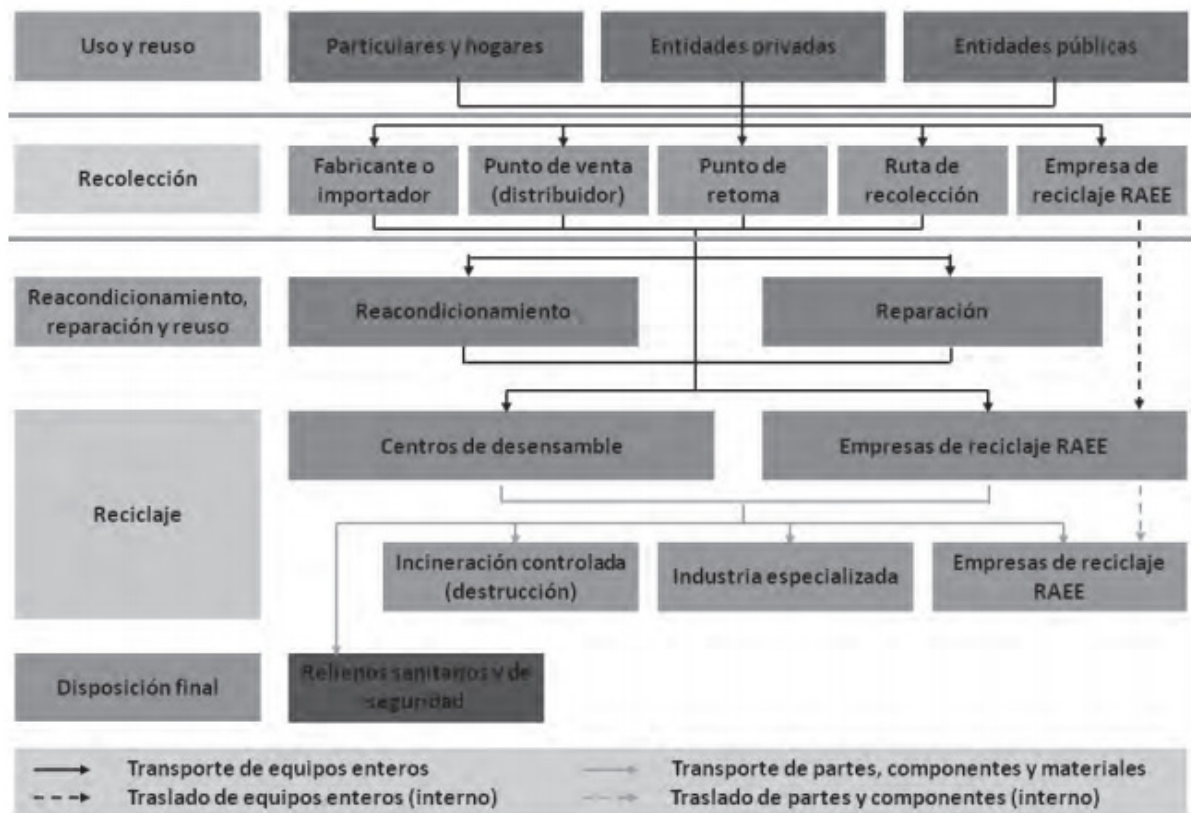
<sup>52</sup> EcoCómputo. <http://www.ecocomputo.com/>, 2014.

<sup>53</sup> HERNANDEZ, Carlos. Situación Actual de la Gestión de RAEE en Colombia. [http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/201303/Documents/Presentations-ES/Carlos\\_Hernandez\\_s5\\_S.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/201303/Documents/Presentations-ES/Carlos_Hernandez_s5_S.pdf), 2013.

<sup>54</sup> ROMÁN, Ignacio. Op cit, p. 10.

Evidentemente el gobierno y las empresas privadas tienen la iniciativa de fomentar e implementar estrategias para la adecuada gestión de RAEE en el país, es así como en el 2010 el Ministerio de Medio Ambiente publica los Lineamientos Técnicos para el Manejo de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, basándose en el diagnóstico de computadores y teléfonos celulares realizado en el 2008 por Daniel Ott, que fue el soporte con el que se identificó la tendencia de este tipo de residuos en el país y como sería su crecimiento según proyecciones si no se realiza una adecuada gestión. En estos lineamientos se describe la clasificación, las herramientas para el aprovechamiento, los tipos de materiales valiosos y las sustancias peligrosas presentes en los RAEE, además de incluir un diagrama de su gestión en diferentes etapas como se muestra en la Figura 10.

**Figura 10:** Diagrama de gestión de RAEE en sus distintas etapas



**Fuente:** Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, 2010.

Cada una de las etapas está detallada indicando cómo debe realizarse la gestión y las medidas de seguridad que se deben tener tanto para proteger al medio

ambiente como al ser humano, además se resalta la inclusión de fichas técnicas de RAEE pertenecientes a las TIC como los son los teléfonos móviles y los computadores con sus periféricos.

#### 8.4 IMPACTOS GENERADOS DURANTE LA GESTIÓN DE RAEE

Durante la recolección y procesamiento de RAEE, tal y como se lleva a cabo por el sector informal en la actualidad, se pueden generar una serie de aspectos e impactos perjudiciales a la salud humana y el medio ambiente, que afectan en primera instancia a los recolectores, al ambiente y a la comunidad que está a su alrededor y en segunda instancia a la sociedad en general y al ecosistema.

**Tabla 32:** Prácticas realizadas por el sector informal

Actividad	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Impacto a la Salud Humana
Recolección	✓ Liberación de plomo y mercurio en la destrucción de pantallas LCD y CRT	✓ Contaminación de aire por volatilización de metales pesados.	
		✓ Contaminación de suelo por derrame de residuos peligrosos y residuos sólidos de vidrio y plástico generados.	✓ Daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular.
		✓ Contaminación de agua por infiltración de residuos peligrosos en fuentes hídricas.	✓ Efectos genotóxicos y cito genéticos.
		✓ Biocumulación y toxicidad de los tejidos animales y vegetales en contacto con los metales pesados.	✓ Generación de cáncer.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contaminación del aire por material particulado.</li> <li>✓ Generación de dioxinas y furanos.</li> <li>✓ Lluvia acida.</li> <li>✓ Contaminación del suelo por residuos sólidos de plástico, metales y cenizas, así como de lixiviados de ácidos.</li> <li>✓ Contaminación de agua por vertimientos e infiltración de ácidos, así como de sedimentos con partículas de residuos peligrosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Enfermedades respiratorias.</li> <li>✓ Enfermedades de piel (Cloracné).</li> <li>✓ Cambio en los niveles hormonales.</li> <li>✓ Generación de cáncer.</li> <li>✓ Efectos corrosivos en la piel.</li> </ul>
Procesamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Quema de cables a cielo abierto.</li> <li>✓ Lixiviación ácida con ácido nítrico de tarjetas de circuito impreso.</li> </ul>	

---

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Blaser<sup>55</sup> y Ott<sup>56</sup>

## 8.5 NORMATIVIDAD

Desde el ámbito internacional, el país ha firmado y adoptado los diferentes acuerdos ambientales multilaterales, reconociendo su importancia como instrumentos de cooperación internacional para la reducción y minimización en la generación y movimiento transfronterizo de sustancias peligrosas, entre las que se incluye las contenidas en los RAEE, para la protección del medio ambiente y la salud humana.

Con la ley 253 de 1996, se establecen las medidas para reducir la producción y el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos, así como la prevención de la contaminación y la adecuada gestión para su eliminación, según las directrices del convenio de Basilea.

Bajo la ley 945 de 2005, con la cual se adopta el protocolo de Basilea, se fijan las responsabilidades de las personas naturales o jurídicas, por los daños resultantes de los movimientos transfronterizos y la eliminación a nivel nacional de los desechos peligrosos, incluyendo el tráfico ilegal.

---

<sup>55</sup> BLASER, F. Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de Electrodomésticos y de Aparatos Electrónicos de Consumo. [http://www.ewasteguide.info/files/EMPA-ANDI\\_Diagnostico\\_Electrodomesticos\\_y\\_Aparatos\\_Electronicos\\_de\\_Consumo.pdf](http://www.ewasteguide.info/files/EMPA-ANDI_Diagnostico_Electrodomesticos_y_Aparatos_Electronicos_de_Consumo.pdf), 2009

<sup>56</sup> OTT, Daniel. Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. [http://ewasteguide.info/files/Ott\\_2008\\_Empa-CNPMLTA.pdf](http://ewasteguide.info/files/Ott_2008_Empa-CNPMLTA.pdf), 2008.

Con la promulgación de la ley 1196 de 2008, se adopta el convenio de Estocolmo sobre COP, cuyo objetivo es proteger la salud humana y el medio ambiente de la producción de compuestos orgánicos, estableciendo las medidas para su reducción y/o eliminación.

En el mismo año se decreta la ley 1252, con la cual se prohíbe y se regula el ingreso y tráfico ilegal de residuos peligrosos, se promueve su reducción a través de tecnologías limpias como estrategia empresarial y se establecen las responsabilidades de los generadores, productores, importadores, transportadores y receptores finales.

Con el decreto 4741 de 2005 y la resolución 1402 de 2006, se reglamentan las disposiciones establecidas en las leyes descritas anteriormente, con respecto a las responsabilidades de las partes interesadas en la cadena de gestión y la prevención y gestión apropiada de residuos peligrosos que no genere impactos ambientales o lesione la salud humana, la integridad física y la vida de los habitantes.

A pesar de que la normatividad emitida sobre la gestión de Respel desde el año 2005, empezó a regular los RAEE por las sustancias peligrosas contenidas en su interior, este tipo de residuo no se puede catalogar literalmente como un residuo peligroso; La “iniciativa RAEE Colombia” lanzada por SECO, EMPA y CNPMLTA en el 2007, enmarca la importancia de considerar a los RAEE, como residuos con materiales de valor económico recuperable, más no como residuos peligrosos<sup>57</sup>.

Con respecto a los RAEE procedentes de las TIC, la resolución 1512 del 2010, establece las obligaciones de los productores de computadores y/o periféricos en la gestión pos-consumo de sus productos y su financiación, basado en el principio de responsabilidad extendida del productor, incorporando el reporte de las metas anuales con respecto a recolección y reciclaje de este tipo de residuos.

Posteriormente y bajo la Ley 1672 del 2013, se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de RAEE, con la que se fijan las responsabilidades y obligaciones de los actores implicados en el ciclo de vida del producto, entre los que se encuentran:

- **El gobierno:** como actor fundamental en el ciclo de vida de los AEE, implementa el diseño de políticas para la gestión apropiada de los RAEE y las correspondientes medidas para su cumplimiento, fomenta los estímulos para los gestores de RAEE y promueve campañas de divulgación, información y educación en cuanto a la gestión de los RAEE.

---

<sup>57</sup> MORA RODRÍGUEZ, Gustavo Adolfo. Lineamientos para la incorporación de la gestión ambiental en las prácticas de producción, comercialización, consumo y posconsumo de computadores y periféricos en Colombia. Tesis de Magister en Gestión Ambiental. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de estudios ambientales y rurales, 2012. 91 p.



- **El productor y comerciante:** debe desarrollar y ejecutar sistemas de recolección y gestión pos-consumo de sus productos bajo la responsabilidad extendida del productor, con la inclusión de campañas informativas y de sensibilización para los consumidores y los comerciantes que deberán ser un apoyo fundamental para la ejecución de los sistemas de recolección y gestión de RAEE por el productor.
- **El consumidor:** quien debe adquirir una responsabilidad social, al entregar aquellos AEE que estén en desuso en los puntos de recolección indicados y no disponerlos junto con los residuos domiciliarios o venderlos a recolectores informales.

Este instrumento tiene como fin, sentar las bases para fomentar la gestión apropiada y preventiva de este tipo de residuos e impulsar su aprovechamiento a través del reciclaje en el país. Sin embargo cabe resaltar que la política como tal, está en proceso de diagnóstico y formulación por parte del gobierno nacional, detallando la estructura de los planes de gestión de RAEE y las medidas sancionatorias pertinentes<sup>58</sup>.

A continuación en la Tabla 33, se presenta un análisis sobre las normas más representativas y aplicables a la gestión de RAEE en el país, desde varios componentes.

---

<sup>58</sup> ESCOBAR, Diego. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. Observación inédita, 2014.

**Tabla 33:** Análisis de la normatividad en Colombia referente a RAEE

Año	Norma	COMPONENTE					ANÁLISIS
		AMBIENTAL	ECONÓMICO	SOCIAL	VACÍOS	FORTALEZAS	
2013	Ley 1672	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establece las obligaciones y las responsabilidades del Gobierno, el productor, el comerciante y el usuario en cuanto a la gestión de los RAEE.</li> <li>✓ Promueve una producción y consumo sostenible, sustituyendo sustancias o materiales peligrosos presentes en AEE y minimizando la cantidad de RAEE.</li> <li>✓ Fomenta la adopción de prácticas y tecnologías amigables con el medio ambiente.</li> <li>✓ Adopta mecanismos de inspección, vigilancia, control y acciones sancionatorias para la gestión de los RAEE.</li> <li>✓ Indica como un componente fundamental la realización de un diagnóstico que permita identificar las características, la zonificación y el flujo de RAEE en el país.</li> <li>✓ Prohíbe la disposición de RAEE en rellenos sanitarios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Adopta la gestión integral de los RAEE como una fuente de empleo y riqueza.</li> <li>✓ En cuanto al aprovechamiento y/o valorización de los RAEE se generarán beneficios y estímulos a quienes promuevan esta visión; además de facilitar la creación y formalización de empresas dedicadas a la gestión de los RAEE.</li> <li>✓ Especifica que el productor es el responsable de la financiación y administración de la gestión de los RAEE. En cuanto al comercializador le prestará el apoyo logístico y técnico en la gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promueve la responsabilidad extendida del productor y a su vez la responsabilidad social del usuario.</li> <li>✓ Formulación e implementación de campañas de sensibilización, información y educación sobre la gestión idónea de los RAEE suscitadas por el Gobierno, productores y comercializadores.</li> <li>✓ Por medio de la cooperación de instituciones educativas y empresas se impulsa el desarrollo tecnológico y la innovación en cuanto a la gestión de los RAEE</li> <li>✓ Fomenta la comunicación y cooperación integral entre productores, comerciantes y usuarios.</li> <li>✓ Los gestores de RAEE estarán involucrados en la elaboración de proyectos, estrategias y demás planes para una gestión idónea de los RAEE.</li> <li>✓ Se generará un sistema de información ambiental del país sobre la generación y manejo de los RAEE.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se deja de lado a los gestores informales y semi-informales ya que estos no están en el marco de la gestión integral y en cumplimiento con los requerimientos de la normatividad vigente.</li> <li>✓ Debido a que la gestión de los RAEE es responsabilidad del productor y/o comercializador, los RAEE que son huérfanos no tienen una gestión idónea. Además no se especifica como el productor se responsabilizará de los RAEE históricos.</li> <li>✓ Se especifica la prohibición en cuanto a la disposición en rellenos sanitarios de los RAEE, pero no en cuanto a las otras actividades de la cadena de gestión de los RAEE.</li> <li>✓ No se dictaminan metas o propósitos para la disminución de este tipo de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es de destacar la implementación de las responsabilidades de los actores en el ciclo de vida de los AEE, así como también las campañas de información.</li> </ul>	

2011	Ley 1453	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determina el proceso penal para quien contamine suelo, subsuelo y/o fuentes de agua por transporte, almacenamiento y/o disposición inapropiada de Respel.</li> </ul>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
2008	Ley 1252	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Regula la exportación e importación de residuos peligrosos, a l igual que su disposición en rellenos sanitarios.</li> <li>✓ Promueve la disminución de los Respel por medio de producción más limpia y su tratamiento responsable.</li> <li>✓ Prohíbe la generación, almacenamiento o eliminación de Respel en ecosistemas estratégicos.</li> <li>✓ Se gestionará solo aquellos Respel que en los métodos de procesamiento y/o disposición final, no se puedan hacer adecuadamente en el país debido a su complejidad.</li> <li>✓ Elimina y prohíbe el enterramiento de residuos peligrosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Considerar los Respel como una fuente de materia prima (en la medida de lo posible), para ser incluidos en el ciclo productivo.</li> <li>✓ El ministerio de ambiente y las corporaciones autónomas regionales, implementarán diversas sanciones a aquellos que violen esta ley.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promueve la responsabilidad y la conciencia social, por medio de la producción más limpia a las diferentes empresas y/o entidades.</li> <li>✓ Inicia el desarrollo de esfuerzos nacionales y sectoriales para la eliminación adecuada de Respel.</li> <li>✓ El generador es responsable de los impactos causados al medio ambiente por los Respel y su respectivo manejo y adecuación.</li> <li>✓ El fabricante, importador y/o transportador son los responsables de los Respel hasta su disposición final.</li> <li>✓ La vigilancia, inspección, control y prevención estará a cargo de las autoridades competentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No se especifican las medidas o tratamientos adecuados en actividades como el transporte, manejo y disposición final de los Respel.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es de destacar la integración nacional y sectorial, para la eliminación de los Respel.</li> <li>✓ Las medidas sancionatorias son diversas y se ajustan al impacto causado al ambiente y a la sociedad, además el pago de multas no exime al infractor de la ejecución de las medidas impuestas por las autoridades.</li> </ul>
2010	Decreto 2820	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se otorga o se niega la licencia ambiental para la edificación y ejecución de instalaciones, en que se realice un manejo de los RAEE, ya sea para su almacenamiento, tratamiento y/o aprovechamiento.</li> </ul>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

2005	Decreto 4741	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promueve la disminución de Respel y orienta a un manejo adecuado de este tipo de residuos.</li> <li>✓ Se prohíbe la quema y disposición final de Respel en rellenos sanitarios y/o vías públicas. A su vez se inhabilita la importación de Respel que contengan COP y equipos o sustancias que contengan PCB mayor o igual a 50 mg/kg; entre otras prohibiciones que especifica la norma.</li> </ul>	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Determina la responsabilidad del generador, el productor, el consumidor, el gestor y las autoridades de Respel y/o productos contaminados con Respel hasta su aprovechamiento pos-consumo y/o su disposición final.</li> <li>✓ Los productores expondrán al consumidor el contenido químico y biológico del producto, como su grado de peligrosidad.</li> <li>✓ Planes de Gestión de Devolución de Productos Pos-consumo.</li> <li>✓ La implementación de campañas de sensibilización, información y educación sobre Respel por medio de las autoridades competentes.</li> </ul>	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es indispensable identificar que existen sustancias y/o materiales peligrosos en los residuos de teléfonos móviles y en los computadores.</li> </ul>
2011	Resolución 222	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instituye la Gestión adecuada de aquellos desechos que consistan y/o contengan PCB.</li> </ul>	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

2010

**Resolución  
1512**

- ✓ Se formulara e implementa una sistema de gestión idóneo de los residuos de computadores y/o periféricos, por medio de los productores que produzcan 100 o más unidades al año.
- ✓ Generar mecanismos de recolección y centros de acopio para este tipo de residuo.
- ✓ A partir del año 2012 se la recolección selectiva y gestión ambiental de los residuos de computadores y/o periféricos deberá ser mínimo del 5% anual y este porcentaje irá aumentando anualmente.
- ✓ Del porcentaje de recolección obtenida por los productores estos deberán destinar un 30% a reacondicionamiento.
- ✓ Se prohíbe la disposición de residuos de computadores y/o periféricos en rellenos sanitarios. A su vez prohíbe prácticas como des ensamblaje manual, entierro y el abandono de este tipo de residuos en vía pública.
- ✓ En cuanto a la violación de la ley se implementarán sanciones y/o medidas preventivas.

✓ El aprovechamiento y/o valorización de los residuos de los computadores y sus periféricos se realizará por medio del reciclaje y/o reacondicionamiento de estos.

- ✓ Los productores deberán cada año generar un informe sobre el avance y la gestión desarrollo de la recolección selectiva y la gestión de los residuos de computadores y/o periféricos, en donde se identificará: avances del sistema, puntos de recolección, cantidades en peso y unidad de computadores y periféricos recolectados y demás información relevante.
- ✓ Los puntos de acopios estarán a disposición del público.
- ✓ Desarrollo de campañas públicas por medio de los productores, proveedores y las autoridades municipales, que informen sobre la gestión y recolección de este tipo de residuos y que enfatice en que este tipo de residuos no se debe disponer como un residuo domiciliario.
- ✓ Promueve la responsabilidad social del usuario.

✓ No se especifica cómo se debe generar la gestión y quien o quienes son los responsables de los residuos computadores y/o periféricos que no tiene una marca definida.

✓ Esta resolución está bien encaminada ya que implementa las obligaciones y responsabilidades de los productores, proveedores, consumidores y las entidades municipales. Además de dictaminar diferentes metas y propósitos anuales en cuanto a la gestión y recolección de este tipo de residuos determinados.

2010	Resolución 1297	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se dictamina un sistema de gestión ambiental y de recolección de residuos de pilas y/o acumuladores, que será formulada e implementada por los productores.</li> <li>✓ A partir del año de la presente Resolución se implementará un proceso de recolección de residuos de pilas y/o acumuladores de manera progresiva y constante.</li> <li>✓ Se prohíbe la disposición de residuos de pilas y/o acumuladores en rellenos sanitarios. A su vez prohíbe prácticas como quema, entierro y el abandono de este tipo de residuos en vía pública.</li> <li>✓ En cuanto a la violación de la ley se implementarán sanciones y/o medidas preventivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En la gestión de los residuos de pilas y/o acumuladores se debe contemplar alternativas de aprovechamiento y/o valorización.</li> <li>✓ El productor asumirá los costos de recolección y gestión de los residuos de pilas y acumuladores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Promueve la responsabilidad social del consumidor y la del productor.</li> <li>✓ Habilitar al público punto de recolección de residuos pilas y/o acumuladores, de manera progresiva y constante.</li> <li>✓ El productor generará campañas de información que permitan la divulgación de la recolección y gestión de este tipo de residuos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No se especifica cómo se debe generar la gestión y quien o quienes son los responsables de los residuos de pilas y/o acumuladores que no se encuentren en los puntos de acopio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En cuanto a la recolección de este tipo de residuos y las campañas informativas, se han implementado con gran éxito.</li> </ul>
2008	Resolución 909	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En el <i>Artículo 50</i> especifica las emisiones consentidas en la incineración de metales pesados como el Plomo, el Cromo, el Níquel, entre otros.</li> <li>✓ En el <i>Artículo 102</i> especifica que se debe realizar tratamiento térmico adecuado a residuos líquidos o sólidos que contengan o estén contaminados con PCB.</li> </ul>	No aplica	No aplica	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los metales pesados como el Plomo, el Cromo, el Níquel y el Cobre están presentes en los teléfonos móviles y computadores. A su vez los PCB se encuentran en los acumuladores de estos AEE.</li> </ul>
2008	Acuerdo 322	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se diseñara e implementará una estrategia de gestión idónea de los RAEE, que está enfocada en los diferentes actores presentes del ciclo de vida de los AEE</li> </ul>	No aplica	No aplica	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es indispensable crear espacios idóneos para este tipo de residuos.</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración propia

## 9 DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DE RAE EN COLOMBIA

Colombia es catalogado como un país en desarrollo y también es denominado como un mercado emergente en crecimiento según la Organización para el Crecimiento y Desarrollo Económico, uno de los notables efectos, es el incremento en la penetración doméstica y empresarial de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el país durante los últimos años.

Entre sus principales precursores, está el ministerio de las TIC, que a través del Plan Vive Digital, promovió desde el año 2010, la masificación del uso de la internet con el fin de reducir la pobreza y generar empleo en diferentes partes del territorio nacional, con proyectos de infraestructura, servicios y aplicaciones que han sido dirigidos y han abarcado a una gran parte de la población (ciudadanos, hogares y Mipymes), entre los que se destacan computadores para educar, puntos vive digital, kioscos digitales, hogares digitales y MiPyme vive digital entre otros.

Proyectos como estos, junto con los atractivos planes de consumo de los operadores de telecomunicaciones y la fácil adquisición de computadores y teléfonos móviles, han fomentado el uso de las TIC entre la población y eso se manifiesta con cifras de más de 55 millones de abonados de telefonía móvil y más de 10 millones de suscriptores a internet fija y móvil activas en el país, mostrando un panorama general en el que la cantidad de teléfonos móviles y computadores supera en número a la población del país.

En este escenario se debe tener en cuenta, en primer lugar, que las suscripciones a internet fija doméstica y corporativa conectan entre uno y más computadores y en segundo lugar, un abonado corporativo a telefonía móvil puede contemplar más de un dispositivo móvil, lo que supone que la cantidad de computadores y teléfonos móviles son superiores a la cantidad de suscripciones de servicio activas en el país.

Adicionalmente, varios factores han incidido en la actualización y cambio de computadores y teléfonos móviles, entre los que se destacan, el diseño y los avances tecnológicos de software y hardware que cambian progresivamente en reducidos espacios de tiempo al ritmo de la globalización mundial y por otra parte, la obsolescencia programada de los dispositivos de telecomunicaciones, cuyo tiempo de vida útil, establecido por los fabricantes es cada vez más reducido, principalmente por la calidad de sus componentes, siendo para el caso de computadores y teléfonos móviles de 2 a 5 años.

A medida como se ha desplegado la penetración de las plataformas tecnológicas y los dispositivos TIC a nivel nacional, se observa una reciprocidad con la cantidad de dispositivos electrónicos como computadores y teléfonos móviles, que han sido desechados de manera acelerada según las tendencias del mercado de las

telecomunicaciones y tanto su manejo como su disposición final se ha realizado de manera inadecuada en el país.

Los RAEE, son un tipo de residuo con características especiales, considerando que contienen varios elementos con valor económico y comercial como metales preciosos, metales comunes, algunos tipos de plásticos y vidrio que pueden ser potencialmente recuperables, pero por otra parte, contienen elementos y sustancias peligrosas como COP y metales pesados, sin embargo no se pueden catalogar como un residuo peligroso, en este sentido es más bien un residuo de complejidad, que puede o no generar riesgos a la salud humana y el medio ambiente, dependiendo del tipo de manejo, aprovechamiento y disposición final que sea empleado durante el fin de su vida útil y que puede ser diferenciado dependiendo entre otras cosas del diseño y funcionalidad de los residuos.

En el marco legal internacional, con la promulgación de los acuerdos ambientales multilaterales por parte de las Naciones Unidas, un gran número de países, entre los que se encuentran Colombia junto con Alemania, Bélgica, Italia, China, India y Ghana, han ratificado su compromiso en el cumplimiento de los objetivos pactados, llevando el control, regulación y prevención de los movimientos transfronterizos, así como la prevención de la contaminación y el uso ambientalmente racional de sustancias peligrosas entre otras directrices y en este contexto están incluidos los RAEE.

Sin embargo, existen unas notables diferenciaciones en la forma en la que se adoptaron y asumieron las responsabilidades frente los objetivos planteados en este marco, para el caso de la Unión Europea no solo se estableció una directiva regional para el control y manejo de RAEE, sino que a partir de allí se establecieron normas en Alemania, Bélgica e Italia, en el caso de Asia no existe una política regional, pero China e India habiendo ratificado los acuerdos, promulgaron una serie de normas para la gestión de RAEE con varios conflictos de interés entre la sociedad civil, por otra parte en África tampoco existe una política regional al respecto, y Ghana por su parte, ratifico los acuerdos, pero sus normas no tienen una vinculación directa con los RAEE, lo que ha acarreado repercusiones directas en el territorio y la sociedad civil.

Por su parte Colombia, con el Decreto 4741 de 2005 y la ley 1252 de 2008, implementó el control, regulación y manejo de todas las sustancias y residuos peligrosos según los objetivos dispuestos en los acuerdos multilaterales, esta normatividad fue la base con la que se realizó un control sobre los RAEE, sin embargo es limitada, ya que no contempla elementos como características, mecanismos de recolección y clasificación, técnicas de aprovechamiento económico, control y regulación, sanciones específicas, etc.

En el marco de gestión, a partir de las directrices estipuladas en los instrumentos normativos creados en Alemania, Bélgica e Italia, se formularon e implementaron planes y sistemas de gestión integral de RAEE localmente, en el que los



fabricantes e importadores, tienen la mayor responsabilidad en cuanto a la gestión, financiación y cumplimiento de las metas propuestas según la política y en la que participan todos los actores que intervienen en la cadena de gestión, desde el sector público y privado hasta el consumidor doméstico y empresarial, e intervienen los gestores formales quienes han realizado el aprovechamiento y disposición final en instalaciones especializadas donde se hace una recuperación eco-eficiente de materiales conforme a los estándares establecidos por la política y por último, las autoridades competentes y el gobierno, que realizan la vigilancia y el control sobre la gestión pos-consumo efectuada por los productores e importadores.

En contraste, China e India, tuvieron una serie de dificultades con respecto a la gestión de RAEE, principalmente con el surgimiento del reciclaje informal por personas de escasos recursos que extraían de forma rudimentaria, residuos metálicos de dispositivos electrónicos viejos para ser comercializados en chatarrerías locales, la falta de regulación del gobierno sobre la gestión, las actividades de aprovechamiento y la importación de los RAEE en su territorio junto con la falta de conciencia y voluntad de los consumidores, impulso el crecimiento del sector informal y las importaciones ilegales de RAEE a estos países, después de un periodo de tiempo y considerando esta problemática los gobiernos establecieron una serie de políticas para la gestión y control de RAEE, en el que incluyeron la responsabilidad extendida de los productores y promovieron su adecuada disposición con la creación de varias empresas dedicadas a la gestión formal, siendo excluido el sector informal a pesar de tener una gran cobertura de recolección y aprovechamiento, estas iniciativas tuvieron poco éxito, debido a que el sector informal ha rezagado al sector formal a causa de su ventaja competitiva, que mantiene la gestión y disposición final inadecuada en estos países.

Este marco de gestión de RAEE, revela que Colombia no es ajena a la situación por la que pasa China e India con algunas diferenciaciones y en el caso de Alemania, Bélgica e Italia, las experiencias positivas obtenidas en este campo, son un ejemplo a seguir para establecer bases en la formulación de una política para la gestión integral de RAEE en Colombia.

Desde hace varios años la recolección puerta a puerta de materiales recuperables como papel, cartón, vidrio y en especial la chatarra de dispositivos eléctricos y electrónicos en desuso, ha sido el medio de subsistencia para muchas personas de escasos recursos en el país, quienes después de desmantelarlos de manera artesanal con métodos de separación que no se encuentran regulados y no cumplen con los estándares ambientales, ocasionando aspectos e impactos significativos que deterioran el medio ambiente y afectan la salud de los recicladores y la sociedad, venden el material de valor extraído a chatarrerías o centros de reparación de electrodomésticos.

A partir de allí, el sector de reciclaje informal, ha tenido un gran crecimiento y un despliegue mucho mayor, en comparación a las empresas formales que se han

constituido con el mismo objetivo y que han sido de vital importancia para impulsar el adecuado reciclaje de RAEE, en un espacio de tiempo en donde no existía ninguna regulación y control específico para la gestión de RAEE.

En el marco legal nacional, la implementación de la ley 1252 de 2008, ha sido una herramienta de gran importancia para controlar y regular el ingreso de RAEE al país, previniendo los riesgos de contaminación similares a los que se ve sometida la sociedad civil en China, India y Ghana, por el ingreso progresivo de este tipo de residuo y su inadecuada gestión.

La resolución 1512 en el año 2010, fue un gran avance hacia la formulación de una política para la gestión integral de RAEE en el país, que estableció la responsabilidad de los fabricantes e importadores de computadores y periféricos en la gestión pos-consumo de sus productos, a través de esquemas de recolección y el posterior direccionamiento de los RAEE recogidos a gestores formales para su adecuado aprovechamiento y disposición final, con el seguimiento periódico de las autoridades competentes.

Pero a pesar de ello, el alcance de esta norma solo cubre a un tipo de RAEE y el vacío regulatorio para los demás tipos incluyendo los teléfonos móviles de gran penetración en el país aun se mantiene, conservando la posición predominante del sector informal, en la recolección y gestión de RAEE.

En general, no se pueden negar los esfuerzos voluntarios y la conciencia empresarial que los productores y los operadores de telefonía móvil han tenido con respecto a su responsabilidad en la gestión pos-consumo de sus productos, por ello han emprendido campañas junto con el gobierno, para recolectar y posteriormente entregar a los gestores formales, todos los teléfonos móviles en desuso recibidos de los consumidores para su reciclaje y disposición final adecuada.

Pero aun así, los programas y esquemas de recolección, no son del total conocimiento de la sociedad y su divulgación en medios de comunicación no es muy notoria, igualmente, no hay campañas de formación para los ciudadanos con respecto a la definición y las características de los RAEE, así como los procesos de reciclaje que se llevan actualmente y los impactos sociales y ambientales que traen consigo, con el fin de crear una conciencia ambiental y la voluntad para apoyar la adecuada gestión de RAEE.

Adicionalmente en el país, no se ha definido una única clasificación con la que se categoricen todos los tipos de RAEE en el marco de la gestión, por tal razón se pueden encontrar situaciones en las que varios gestores pueden incluir un RAEE en tipos de clasificación diferente, este manejo puede generar, no solamente confusión entre los consumidores al momento de entregar sus residuos, sino también disparidades entre los mismos gestores en su tratamiento.

Por otra parte, hay una serie de puntos dentro del alcance de la resolución 1512 que deben ser evaluados, en primer lugar, la meta establecida de recolección y manejo de residuos de computadores y periféricos del 5% anual sobre el promedio aritmético de las ventas de los 2 años anteriores que empezó en el año 2012, fue una meta conveniente, teniendo en cuenta la complejidad en la creación de un esquema de recolección, en cuanto a recursos y organización de los productores, pero el hecho de que esta misma meta sea acumulativa cada año hasta llegar al 50% como mínimo es inviable, teniendo en cuenta que esa meta será alcanzada en 10 años, tiempo en el que la penetración de computadores y periféricos puede crecer en mayor proporción.

A diferencia de Colombia, la Unión Europea, entre la promulgación de la directiva de gestión de RAEE en el año 2003 y su actualización en el año 2012, estableció una meta proyectada de recolección y tratamiento del 65% en peso o el 85% del número total de RAEE generados anualmente, mostrando que es necesario evaluar una meta de recolección mayor.

En segundo lugar, el reacondicionamiento del 30% de los RAEE recolectados, no es conveniente, teniendo en cuenta que la vida útil de un equipo reacondicionado es mucho menor que la de un equipo nuevo y puede estar alrededor de un año por mucho, convirtiéndose de nuevo en residuo, con lo que se pierden los esfuerzos económicos, humanos y de tiempo en esta labor.

A partir de la ley 1672 del 2013, se establecieron hasta el momento los roles y responsabilidades de todas las partes interesadas, en especial los productores, dentro de la cadena de gestión para todos los tipos de RAEE, sin embargo no se ha definido aun temas importantes como el tipo de clasificación que regirá para todas las clases de RAEE en el país, el procedimiento sancionatorio específico para las partes interesadas que incumplan con los principios de gestión, las metas de recolección y tratamiento entre otras.

Por otra parte, en estos lineamientos para el diseño de la política de gestión integral de RAEE en el país, no se tuvo en cuenta a los gestores del sector informal, que son actores clave en el reciclaje que se realiza actualmente y son un aliado estratégico para que la formulación de la política pueda generar buen fruto, evitando además el conflicto de interés que se pueda generar entre el gobierno y el sector informal a causa de su desplazamiento, situación similar por la que pasan China e India en la actualidad, lo que no ha permitido que la política de gestión sea eficiente en su territorio.

En vista de este panorama, la filosofía de lo mejor de dos mundos, ideada por Wang<sup>59</sup>, es un caso ejemplar con el que se han formulado proyectos piloto en

---

<sup>59</sup> WANG, F. et al. The Best-of-2-Worlds philosophy: Developing local dismantling and global infrastructure network for sustainable e-waste treatment in emerging economies. En: Waste Management. November 2012, vol. 32, no.11, p. 2134–2146.

China e India, para el desarrollo de una infraestructura de tratamiento sostenible de RAEE en economías emergentes, en la búsqueda de una sinergia entre el sector formal e informal, que permita la construcción de sistemas de gestión integral de RAEE eficientes e inclusivas, que puede ser un componente importante dentro de la política de gestión integral de RAEE, en construcción en el país.

No se ha contemplado tampoco, la participación de los prestadores del servicio público de aseo que pueden ser actores potenciales para ampliar la cobertura de recolección en el país, en este proceso, el estudio de caso de Alemania, es un buen ejemplo de la sinergia entre el sector público y privado que evidencia una positiva gestión de RAEE y puede ser un aporte en la formulación de la política de gestión integral de RAEE en Colombia.

En lo que respecta al aprovechamiento de RAEE, los procesos para la recuperación de los materiales contenidos en su interior desarrollados en los países europeos, muestran que las técnicas empleadas, no solo previenen y minimizan los posibles impactos ambientales, sino que realizan el reciclaje de RAEE en una buena parte de su totalidad, recuperando materiales y sustancias con valor económico en una proporción cercana al 100%, siendo así, procesos sostenibles y eco-eficientes con alta rentabilidad.

En Colombia, aunque las empresas del sector formal llevan a cabo la gestión diferenciada de RAEE, desarrollando procesos que minimizan los riesgos tanto de contaminación ambiental, como de la salud de los trabajadores, no cuentan con la tecnología necesaria que permita recuperar los materiales y sustancias contenidas en los RAEE, en una proporción significativa de su totalidad, por ende no existen en el país prácticas eco-eficientes que tal y como pasa en los países europeos, minimizan la presión sobre los recursos naturales ejercida por la disposición de desechos electrónicos o la explotación de materias primas para bienes de consumo.

La falta de sistemas de información sobre RAEE, es un problema cada vez más creciente en el país, más allá de la creciente penetración de nuevos dispositivos electrónicos a nivel nacional que puede ser calculable, es la falta de datos estadísticos sobre la cantidad de RAEE que se han generado en el tiempo y que no están en manos de los gestores formales, lo que causa gran incertidumbre sobre cuáles son los destinos finales a donde llegan y en qué cantidad están distribuidos, provocando una zozobra sobre la magnitud de los impactos ambientales o sociales que podrían manifestarse a futuro en el país.

Desde hace ya varios años, se ha hablado de gestión de RAEE en Colombia, pero en realidad este es un contexto que a pesar del tiempo es todavía nuevo y hasta ahora esta sobresaliendo en el país, quizás no estamos padeciendo la misma crisis por la que atraviesan países en desarrollo como China, India y Ghana, por la

cantidad progresiva de RAEE que entra a su territorio, convirtiéndolos en el basurero electrónico del mundo, pero si son claras las similitudes que evidencian que la gestión de RAEE llevada en el país tiene una serie de vacíos e ineficiencias, entre ellas normativas, políticas, técnicas, sociales, ambientales y económicas.

Es entonces importante, la elaboración de un diagnóstico nacional, con el que se sienten las bases para el diseño de una prospectiva de gestión con la que se pueda formular y ejecutar un plan nacional de gestión integral de RAEE, en el país que pueda ser también fortalecido con la cooperación internacional de países, que tengan experiencia en este campo como los países europeos objeto de estudio apoyando técnicamente este proceso.

En la Tabla 34, se presenta un análisis comparativo de la normatividad actualmente establecida para RAEE en los países de estudio, así como la gestión de RAEE que actualmente llevan a cabo en su territorio.

**Tabla 34:** Análisis comparativo de la normatividad y la gestión de RAEE en países de la Unión Europea, Asia y África con Colombia.

Aspectos	Regiones/Países			
	Unión Europea (Alemania, Bélgica, Italia)	Asia (China e India)	África (Ghana)	América del sur (Colombia)
<b>Normatividad</b>	<p>En el marco de la directiva 2002/96/CE, sobre la gestión de RAEE en la Unión Europea, Alemania decreta en el 2005, la ley denominada ElektroG, por su parte Bélgica entre el 2002 y el 2004, publica un decreto real y tres decretos gubernamentales para sus regiones e Italia en el 2005, difunde el decreto legislativo 151. Con estos instrumentos normativos nacionales, se establecen los planes de gestión para todas las categorías de RAEE y se asignan los roles y responsabilidades de las partes interesadas.</p>	<p>China entre el 2008 y el 2011, publica 4 normativas sobre las medidas preventivas, las especificaciones técnicas y el licenciamiento para la gestión de RAEE, detallando las responsabilidades de las partes interesadas. India establece en el 2011, las reglas sobre RAEE, con las que dispone las obligaciones de los productores y las partes interesadas en la gestión de los residuos electrónicos durante su ciclo de vida.</p>	<p>Ghana, no cuenta actualmente con un marco legislativo específico para RAEE, indirectamente intenta establecer un control con legislación establecida para sustancias peligrosas.</p>	<p>Colombia en el 2010, promulgo la resolución 1512, sobre la implementación de sistemas pos-consumo para computadores y periféricos por parte de los productores e importadores; En el 2013, publicó la ley 1672, con la que se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión de RAEE que está actualmente en proceso de diagnóstico y formulación, en la que se cubren todas sus categorías y se establecen los roles y responsabilidades de todas las partes interesadas en el ciclo de vida de productos.</p>
<b>Sistema de recolección</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolección por empresas municipales de aseo y/o esquemas de recolección selectiva.</li> <li>✓ Recolección de RAEE por tiendas y almacenes de AEE a los usuarios domésticos.</li> <li>✓ Almacenamiento y clasificación por categorías en puntos de acopio.</li> <li>✓ Los esquemas de recolección selectiva coordinan el reciclaje y disposición de RAEE con los gestores autorizados.</li> <li>✓ Los RAEE corporativos son recogidos por gestores autorizados bajo un acuerdo económico para su adecuada gestión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No existen esquemas de recolección como tal.</li> <li>✓ La recolección de RAEE es llevada a cabo en su gran mayoría por actores informales en redes de gestión.</li> <li>✓ Los RAEE domésticos son comprados a consumidores puerta a puerta por el sector informal.</li> <li>✓ Los RAEE provenientes del exterior son comprados al por mayor a traficantes ilegales.</li> <li>✓ Los recicladores compran RAEE a comerciantes y recicladores para adelantar la gestión que es rudimentaria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No existen esquemas de recolección.</li> <li>✓ La recolección de RAEE es efectuada en casi su totalidad por el sector informal.</li> <li>✓ Los RAEE de empresas públicas y privadas se recolectan en subastas.</li> <li>✓ Los RAEE que llegan del exterior son comprados por pequeños lotes a traficantes ilegales.</li> <li>✓ Los recicladores compran los RAEE a comerciantes y recolectores para adelantar su gestión que es artesanal.</li> </ul>	<p><b>Sector Formal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolección de RAEE por esquemas de recolección en puntos estratégicos.</li> <li>✓ Esquemas de recolección entregan RAEE a gestores formales.</li> </ul> <p><b>Sector Informal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recolección de RAEE puerta a puerta y en centros de alta tecnología por el sector informal.</li> <li>✓ Recolectores venden RAEE a chatarrerías o recicladores.</li> </ul>
<b>Tasa de recolección</b>	<p>4 Kg por habitante al año / mínimo el 85% del peso total de RAEE generado al año.</p>	<p>Tasa de recolección inexistente por los vacíos en la normatividad.</p>	<p>Tasa de recolección inexistente por falta de legislación aplicada a RAEE.</p>	<p>5% de PCs y periféricos introducidos al mercado hasta llegar al 50%.</p>

<b>Tratamiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Llevado a cabo en plantas bajo un ciclo cerrado con tecnología de punta bajo estándares ambientales.</li> <li>✓ Alta eficiencia en el proceso de aprovechamiento y recuperación de materiales.</li> <li>✓ Implementación de sistemas de tratamiento de residuos sólidos y líquidos, así como sistemas para el control de emisiones atmosféricas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El desmantelamiento de RAEE es desarrollado en talleres improvisados en patios y casas de forma artesanal y rudimentaria.</li> <li>✓ Estas actividades son ineficientes, alcanzando un bajo volumen de recuperación de materiales.</li> <li>✓ Se producen efectos nocivos de alto impacto a la salud humana y el medio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La extracción de materiales de valor de los RAEE se realiza a campo abierto en carpas, con métodos muy rudimentarios.</li> <li>✓ En la práctica, estas actividades son más ineficientes debido a que el volumen recuperado es bajo.</li> <li>✓ Se genera en el proceso un nivel de contaminación que genera efectos nocivos en el ambiente y la salud humana.</li> </ul>	<p><b>Sector Formal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se encargan solo del despiece y envían los materiales complejos a plantas en el exterior.</li> <li>✓ Controlan su proceso previniendo los impactos a la salud humana y el medio ambiente.</li> </ul> <p><b>Sector Informal</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Extraen materiales de valor por métodos rudimentarios en talleres improvisados.</li> <li>✓ Durante el proceso se generan impactos al medio ambiente y a la salud humana.</li> </ul>
<b>Valorización</b>	<p>El procesamiento eficiente de RAEE llevado a cabo, trae como resultado la recuperación de materiales de valor en un alto porcentaje, generando una amplia cantidad de materias primas secundarias que tienen un alto valor económico en la industria</p>	<p>El procesamiento rudimentario de RAEE, genera como resultado la separación de solo algunos tipos de materiales, cuyo porcentaje de recuperación no es de alta eficiencia, a pesar de ello, los materiales recuperados tienen un importante valor económico para chatarrerías como materias primas secundarias.</p>	<p>El procesamiento rudimentario de RAEE es bastante ineficiente, a pesar de ello estos materiales son de un valor económico importante para comerciantes y compañías metalúrgicas de exterior.</p>	<p><b>Sector Formal</b></p> <p>El pre-procesamiento realizado a los RAEE, permite por la infraestructura, la recuperación limitada de materiales.</p> <p><b>Sector Informal</b></p> <p>El procesamiento rudimentario de RAEE logra una recuperación ineficiente, a pesar de ello estos materiales son de un valor económico importante para chatarrerías.</p>
<b>Responsabilidad Extendida del Productor</b>	<p>Los productores tienen la obligación de controlar la cantidad de RAEE puestos en el mercado y financiar todo su tratamiento de forma individual o al vincularse a alguno de los esquemas de recolección establecidos.</p>	<p>Existe la obligación en la legislación y cierto número de productores lleva a cabo el control y financiación de la gestión integral de RAEE, sin embargo esta labor se ve opacada por el sector informal que tiene una mayor cobertura de recolección que el sector formal, lo que imposibilita que esta función sea realizada eficientemente en los países.</p>	<p>No está establecida bajo el marco legislativo, por tal razón, el control y financiación de la gestión integral de los RAEE generados e importados no se lleva a cabo.</p>	<p>Existe actualmente bajo el marco legislativo, pero se debe destacar que el sector informal que abarca una mayor cobertura impide que esta obligación sea completamente eficiente.</p>

<b>Financiación</b>	La financiación de la gestión integral de RAEE domésticos es asumida por los productores por completo; para el caso de los RAEE profesionales debe ser asumido por los consumidores corporativos; los productores deben garantizar la financiación de la gestión de los RAEE domésticos por medio de pólizas de seguro o fondos de cuenta bancaria.	A pesar de que la financiación de la gestión integral de RAEE domésticos debe ser asumida por los consumidores, es preferible para ellos vender los RAEE al sector informal que los recoge en la puerta de su casa, que tener que llevar y pagar el costo de disposición al sector formal.	La falta de un marco legislativo aplicado a RAEE en el país, genera un gran vacío con respecto a los roles y responsabilidades de las partes interesadas involucradas en el ciclo de vida de AEE, entre ellas la financiación de la gestión.	La financiación para la gestión de los RAEE domésticos o corporativos, es realizada por los productores e importadores, solamente para grupos específicos de RAEE como computadores entre otros, a través de programas pos-consumo.
<b>Información</b>	Los productores o los esquemas de recolección a los que se encuentren vinculados, están en la obligación de reportar ante el ente control, la cantidad de equipos puestos en el mercado, así como la cantidad y tipo de RAEE recogidos, reciclados o recuperados anualmente.	Los gestores formales y los productores se encargan de reportar la cantidad de RAEE recolectados, reciclados o recuperados a la autoridad ambiental, sin embargo la mayoría de RAEE es recolectado por el sector informal, que no cuenta con indicadores sobre el flujo de materiales gestionados.	No existe un sistema de gestión integral de RAEE que realice un control y monitoreo exhaustivo a través de indicadores sobre la cantidad de RAEE gestionados.	El reporte de la cantidad y tipo de RAEE recogidos, reciclados o recuperados anualmente, se encuentra establecido actualmente para los productores e importadores de equipos de cómputo y periféricos anualmente.
<b>Coordinación del Sistema de Gestión</b>	Los esquemas de recolección individual o colectiva, tienen un ente de control individual designado, que se encarga de reportar los resultados de la gestión de RAEE a la autoridad ambiental.	Los entes de control son inexistentes por tal razón los gestores formales y los productores, se encargan de reportar su gestión directamente a la autoridad ambiental.	La inexistencia de un sistema de gestión de RAEE, imposibilita la asignación de un ente de control que se encargue de coordinar y velar por la adecuada gestión de RAEE.	Existen pocos esquemas de recolección individual y colectiva que cubren los RAEE de equipos de cómputo y periféricos, que cuentan con un ente de control designado que se encarga de reportar los resultados de gestión de RAEE a la autoridad ambiental.
<b>Sanciones</b>	Se establecen multas y sanciones específicas de altos montos económicos por violar las directrices establecidas en la política para la gestión de RAEE.	A pesar de contar con un procedimiento sancionatorio sobre impactos ambientales y a la salud humana no es cumplido por el sector informal de gestión de RAEE.	No existe un procedimiento sancionatorio rígido, que sancione y multe todas las prohibiciones para RAEE, entre ellas su importación ilegal para reciclaje.	Se proponen medidas sancionatorias, pero no es específico el tipo de sanción por violar las directrices de la gestión de RAEE.

**Fuente:** Elaboración propia a partir de Ott<sup>60</sup>, Deubzer<sup>61</sup>, Hagelüken<sup>62</sup>, Labunska<sup>63</sup>, Magalini<sup>64</sup> y Sepúlveda<sup>65</sup>

<sup>60</sup> OTT, Daniel. Op cit.

<sup>61</sup> DEUBZER, Otmar. E-waste Management in Germany. Informe de la unidad de operación SCYCLE. Bonn: UNU-ISP, 2011.

<sup>62</sup> HAGELÜKEN, Christian. Recycling the Platinum Group Metals: A European Perspective. En: Platinum Metals Review. January 2012, vol. 56, no.1, p. 29–35.

<sup>63</sup> LABUNSKA, I. et al, Op cit.

<sup>64</sup> MAGALINI, Federico. Household WEEE generated in Italy. Saronno: UNU-ISP, 2012.

<sup>65</sup> SEPÚLVEDA, A. et al. Op cit.



## 10 CONCLUSIONES

- ✓ Producto de la revisión de los convenios y acuerdos ambientales multilaterales junto con el marco de legislación regional de la Unión Europea, Asia y África con respecto a los RAEE, se concluye, que todos los países en estudio, han firmado los convenios y acuerdos; la Unión Europea ha establecido la directiva regional sobre gestión de RAEE y todos los países miembro han establecido una política nacional con base a ella; Asia y África no cuentan con políticas regionales, sin embargo China e India, han publicado normas específicas al respecto, por su parte Ghana no cuenta con una legislación nacional sobre gestión de RAEE.
- ✓ Las Estrategias y acciones de gestión de RAEE en las regiones de la Unión Europea, Asia y África distan bastante entre sí, desde su recolección, transporte, tratamiento y disposición final e incluso en cuanto a la exportación e importación de RAEE. Lo anterior está directamente relacionado con su legislación y sobre todo con la ejecución de esta, la región de África (Ghana) por ejemplo no posee instrumentos legales que regulen la gestión de los RAEE y por ende no tiene una adecuada gestión, en cuando a Asia (India y China) poseen normativas guiadas a la adecuada gestión de RAEE pero no son implementadas debido a que el sector informal en esta región abarca la mayor parte del territorio; en contraste la Unión Europea posee instrumentos legales que son cumplidas a cabalidad por sus habitantes permitiendo así un desarrollo sostenible. En lo referente a Colombia se han adoptado los convenios ambientales multilaterales en el marco normativo nacional, aun así la gestión de RAEE es realizada por el sector informal, que tiene una mayor representación seguido por el sector formal, con efectos positivos y negativos en el ambiente y la salud humana por las características de los procesos de reciclaje; en la actualidad solo existen programas pos-consumo para TIC como computadores y periféricos y actualmente el gobierno nacional está en el proceso de formular una política pública para la gestión integral de RAEE en el país.
- ✓ El reciclaje en Alemania, Bélgica e Italia, es regulada y sancionada por la normatividad nacional y ha sido formulada a partir de la directiva europea de gestión de RAEE, la gestión es realizada por gestores formales en instalaciones especializadas y eco-eficientes, monitoreadas por las autoridades; en China, India y Ghana, ingresan altos volúmenes de RAEE ilegalmente provenientes de otros países, el reciclaje es emprendido por gestores informales que no se encuentran regulados, a pesar de que en China e India existe ya un marco normativo específico para RAEE, en el

proceso se utilizan métodos artesanales y rudimentarios que generan una serie de impactos negativos que afectan al medio ambiente y la salud humana.

- ✓ A partir del análisis comparativo de la normatividad y la gestión de RAEE, entre los países europeos, asiáticos y africanos con Colombia, se determinó que el país, tiene una serie de fortalezas como el control de los movimientos transfronterizos de RAEE, el crecimiento de los gestores formales, debilidades como la falta de normatividad, el desconocimiento de la gestión de RAEE entre la ciudadanía, la ausencia de sanciones, la falta de instalaciones especializadas de gestión de RAEE.
- ✓ Las principales recomendaciones contemplan, la organización de los gestores informales en cooperativas y su asociación con los gestores formales en los procesos de reciclaje, la formulación de una política sobre gestión integral de RAEE, la participación de las empresas de servicios públicos en los procesos de gestión, la divulgación permanente de información sobre RAEE, la viabilidad de implementación de infraestructura técnica y tecnológica para el completo aprovechamiento de RAEE.
- ✓ Colombia en el contexto de la gestión de RAEE, no atraviesa por una situación crítica como la que pasa China, India y Ghana, por el ingreso permanente de RAEE proveniente de otros países para reciclar, sin embargo la gestión que se realiza actualmente en el país no se puede comparar con la gestión de Alemania, Bélgica e Italia, en donde la cobertura, los gestores, la infraestructura de reciclaje, la formación e información sobre la gestión de RAEE entre la ciudadanía, los roles y responsabilidades, así como la interacción entre las partes interesadas está bien definido y desarrollado.

## 11 RECOMENDACIONES

Después de haber realizado el diagnóstico del estado de la gestión de RAEE en Colombia en el marco general de tratados y acuerdos ambientales multilaterales y los estudios de caso, de la gestión específica de RAEE en países de la Unión Europea, Asia y África, se formularon las siguientes recomendaciones:

- ✓ Considerar al sector informal en las decisiones que el gobierno tome para la formulación y establecimiento de la política pública para la gestión integral de RAEE, considerando que es un actor clave y determinante en su implementación y fortalecimiento.
- ✓ Promover la organización de los gestores informales del país en cooperativas, buscando su capacitación y entrenamiento a través del apoyo de agencias de cooperación técnica internacional, para su posterior integración con los gestores del sector formal y de esta forma se establezcan redes de reciclaje que puedan ser eco-eficientes, impulsando el trabajo decente y empleos verdes, fortaleciendo de esta forma la política para la gestión integral de RAEE.
- ✓ Diseñar un plan nacional de gestión integral de RAEE, en el que se consideren a todos los actores activos que intervienen en el ciclo de vida de TIC, con la participación de los gobiernos locales y las empresas de servicios públicos domiciliarios que operen en todo el país en asociación pública o privada, quienes darán un aporte significativo para la ampliación de la cobertura de recolección, en este aspecto un caso de éxito es el planteado por Alemania, con el plan de gestión de RAEE que lleva a cabo en la actualidad.
- ✓ Establecer dentro del plan de gestión integral de RAEE, un marco de vigilancia, control y monitoreo, adicionalmente un régimen sancionatorio específico por el incumplimiento de los lineamientos establecidos para la cadena de gestión de RAEE en el país.
- ✓ Formular dentro del plan de gestión integral de RAEE, metas de recolección y reciclaje viables y ajustables en el tiempo con respecto a las proyecciones de penetración de dispositivos eléctricos y electrónicos, la acumulación y generación de RAEE definidas por la vida útil de los dispositivos.
- ✓ Contemplar dentro del diseño del plan de gestión integral de RAEE, las restricciones específicas que prohíban el ingreso al país, de cualquier tipo de RAEE definido dentro de las categorías de clasificación.

- ✓ Que el gobierno fomente la participación activa de todos los fabricantes e importadores de dispositivos eléctricos y electrónicos, en el plan de gestión de RAEE nacional, bajo la responsabilidad extendida del productor, con el fin de que se encarguen de la financiación, control y administración de programas pos-consumo de sus productos y en la parte técnica y ambiental, suministren a los gestores autorizados, las fichas técnicas y de diseño con la información pertinente y detallada de las características, composición y proporción de sustancias y materiales contenidas en sus productos, para hacer un adecuado aprovechamiento, tratamiento y disposición final de todos los RAEE.
- ✓ Establecer cadenas de comunicación entre la ANDI, los ministerios de medio ambiente, de comercio, industria y turismo, de las TIC, el DANE, la DIAN, los productores e importadores, los comercializadores y los gestores finales, para desarrollar un sistema de información, en el que se lleve el control de la cantidad de AEE puestos en el mercado, la cantidad de RAEE generado y la cantidad de RAEE que se ha reciclado, logrando de esta manera tener estimaciones reales que sirvan como indicador para la evaluación de la gestión de RAEE en el país y adicionalmente, permita realizar proyecciones a futuro de las tendencias de los dispositivos electrónicos, de su vida útil en promedio y de la demanda de infraestructura para su gestión.
- ✓ Establecer los medios de comunicación adecuados que de forma masiva cubran el territorio nacional y permitan la divulgación de toda la información referente al funcionamiento de los esquemas de recolección o programas pos-consumo fijados para los RAEE y cuyo objetivo sea la ciudadanía.
- ✓ Impulsar campañas masivas de educación y formación ambiental en todo el país, que pongan en contexto a la ciudadanía, sobre las generalidades y características de los RAEE, así como los procesos de reciclaje que se llevan actualmente y cuáles son los impactos sociales y ambientales que trae consigo la inadecuada disposición.
- ✓ Promover en las Mipymes en todo el territorio nacional, el desarrollo de sistemas de gestión de RAEE para realizar el adecuado manejo y la correcta disposición en los canales de gestión autorizada de los RAEE generados, después de su obsolescencia programada, cumpliendo con su responsabilidad social empresarial.
- ✓ Apoyar la creación de más empresas de gestión de RAEE y la constitución de más esquemas de recolección selectiva para las TIC, para posicionar la gestión formal en el país y ampliar de esta forma la cobertura nacional, brindando a los consumidores domésticos y empresariales más canales para la adecuada disposición de sus residuos electrónicos.

- ✓ Impulsar acuerdos de transferencia de tecnología según su viabilidad económica, para el diseño e implementación de una infraestructura con características técnicas y tecnológicas que permita hacer el completo tratamiento y aprovechamiento de RAEE en Colombia, con el fin de reducir la presión sobre los recursos naturales y generar oportunidades económicas.

## REFERENCIAS

- ASANTE, K. A., et al. Human exposure to PCBs, PBDEs and HBCDs in Ghana: Temporal variation, sources of exposure and estimation of daily intakes by infants. En: Environment International. July 2011, vol. 37, no. 5, p. 921–928.
- ATSDR. Resumen de Salud Pública: Éteres de polibromobifenilos. [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs68-pbde.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs68-pbde.html), 2004.
- BLASER, F. Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de Electrodomésticos y de Aparatos Electrónicos de Consumo. [http://www.ewasteguide.info/files/EMPA-ANDI\\_Diagnostico\\_Electrodomesticos\\_y\\_Aparatos\\_Electronicos\\_de\\_Consumo.pdf](http://www.ewasteguide.info/files/EMPA-ANDI_Diagnostico_Electrodomesticos_y_Aparatos_Electronicos_de_Consumo.pdf), 2009
- BLOUNT, E. y ROMANO, D. Eliminación de PCB de los lugares de trabajo. En: Guía sindical para la eliminación de PCB, 2003. p.7.
- CARR, G. M., y NEARY, J. P. Water Quality for Ecosystem and Human Health. En: Annals of surgery. 2 ed. Burlington: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme. 2008. p. 89
- COLOMBIA. MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Lineamientos Técnicos para el Manejo de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Bogotá, 2010. p.8.
- DANE. Indicadores básicos de TIC en Hogares - Históricos. <http://www.dane.gov.co/index.php/esp/component/content/article/65-economicas/tecnologias-de-informacion/4820-indicadores-basicos-de-tic-en-hogares-historicos>, 2014.
- DEUBZER, Otmar. E-waste Management in Germany. Informe de la unidad de operación SCYCLE. Bonn: UNU-ISP, 2011.
- DIAN. Importaciones por subpartida arancelaria. [http://websiex.dian.gov.co/pls/siex/isubpartidas\\$.startup](http://websiex.dian.gov.co/pls/siex/isubpartidas$.startup), 2015.
- EcoCómputo. <http://www.ecocomputo.com/>, 2014.

- ERP. ERP Italia's 2013 Annual Report. Milan, 2013. [http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013\\_ENG.pdf](http://www.en.erp-recycling.it/wp-content/uploads/sites/37/2014/07/ERP-Annual-Report-2013_ENG.pdf)
- ESCOBAR, Diego. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia. Observación inédita, 2014.
- ESTADOS UNIDOS. US EPA, O. Dioxins and Furans. <http://www.epa.gov/wastes/hazard/wastemin/minimize/factshts/dioxfura.pdf>, 2011.
- ESTADOS UNIDOS. US EPA, O. Términos M. Recuperado de <http://espanol.epa.gov/espanol/terminos-m>, 2011.
- FELDT, T., et al. High levels of PAH-metabolites in urine of e-waste recycling workers from Agbogbloshie, Ghana. En: Science of the Total Environment. January 2014, vol. 466-467, p. 369–376.
- FENG, W. et al. E-waste in China: A country report. Pekin: UNU-ISP, 2013, p. 25-26.
- GREENPEACE. Responsabilidad Extendida del Productor (REP). <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-electronica/Responsabilidad-Extendida-del-Productor-REP>, 2010
- HAGELÜKEN, Christian. Recycling the Platinum Group Metals: A European Perspective. En: Platinum Metals Review. January 2012, vol. 56, no.1, p. 29–35.
- HERNANDEZ, Carlos. Situación Actual de la Gestión de RAEE en Colombia. [http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/201303/Documents/Presentations-ES/Carlos\\_Hernandez\\_s5\\_S.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-T/climatechange/201303/Documents/Presentations-ES/Carlos_Hernandez_s5_S.pdf), 2013.
- ITAI, T. et al. Variation and distribution of metals and metalloids in soil/ash mixtures from Agbogbloshie e-waste recycling site in Accra, Ghana. En: Science of the Total Environment. February 2014, vol. 470-471, p. 707–716.
- KITSARA, Irene. E-waste and innovation: unlocking hidden value. En: WIPO Magazine. June, 2014, no. 3, p. 2–8.
- LABUNSKA, I. et al. Chemical contamination at e-waste recycling and disposal sites in Accra and Korforidua. Amsterdam: *Greenpeace Research Laboratories*, 2008, p. 4.

- LUNDGREN, K. The global impact of e-waste: addressing the challenge. Programme on Safety and Health at Work and the Environment. Geneva: ILO; 2012. p.11.
- MAGALINI, Federico. Household WEEE generated in Italy. Saronno: UNU-ISP, 2012.
- MINTIC. Estadísticas del sector. <http://colombiatic.mintic.gov.co/602/w3-propertyvalue-707.html>, 2015.
- MORA RODRÍGUEZ, Gustavo Adolfo. Lineamientos para la incorporación de la gestión ambiental en las prácticas de producción, comercialización, consumo y posconsumo de computadores y periféricos en Colombia. Tesis de Magister en Gestión Ambiental. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de estudios ambientales y rurales, 2012. 91 p.
- OGUCHI, M., SAKANAKURA, H., y TERAZONO, A. Toxic metals in WEEE: Characterization and substance flow analysis in waste treatment processes. En: *Science of the Total Environment*. October, 2013. vol. 463-464, p. 1124–1132.
- ORTIZ, Olga. Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. Bogotá, Colombia. Observación inédita, 2015.
- OSILAC. El estado de las estadísticas sobre Sociedad de la Información en los Institutos Nacionales de Estadística de América Latina y el Caribe. <https://www.itu.int/net/wsis/stocktaking/docs/activities/1102712635/statistics-es.pdf>, 2004, p.6
- OTT, Daniel. Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia. Diagnóstico de Computadores y Teléfonos Celulares. [http://ewasteguide.info/files/Ott\\_2008\\_Empa-CNPMLTA.pdf](http://ewasteguide.info/files/Ott_2008_Empa-CNPMLTA.pdf), 2008.
- PNUMA. Convenio de Basilea. <http://www.basel.int/Portals/4/BaselConvention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>, 2011.
- PNUMA. Convenio de Minamata sobre el mercurio. [http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/MinamataConventiononMercury\\_booklet\\_Spanish\\_REV1.pdf](http://www.mercuryconvention.org/Portals/11/documents/Booklets/MinamataConventiononMercury_booklet_Spanish_REV1.pdf), 2013.
- PNUMA. Rotterdam Convention. <http://www.pic.int/TheConvention/Overview/tabid/1044/language/en-US/Default.aspx>, 2010.



- PNUMA. Stockholm Convention.  
<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx>, 2008
- PNUMA. Tratados internacionales para la protección a la capa de ozono.  
[http://www.pnuma.org/ozono/Documentos/DiaOzono/tratados\\_internacionales\\_ozono.pdf](http://www.pnuma.org/ozono/Documentos/DiaOzono/tratados_internacionales_ozono.pdf), 2006.
- RAGHUPATHY, L. y CHATURVEDI, A. Secondary resources and recycling in developing economies. En: *Science of the Total Environment*. September 2013, vol. 461-462, p. 830–834.
- RECUPEL. The recycling cycle 2015.  
<https://www.youtube.com/watch?v=aYjcQ8BEnyw>, 2015.
- ROBINSON, B. H. E-waste: An assessment of global production and environmental impacts. En: *Science of the Total Environment*. December, 2009, vol. 408, no. 2, p. 183–191.
- ROMÁN, Ignacio. eWASTE en Colombia. Brasília: GSMA Latín América, 2015.
- SEPÚLVEDA, A. et al. A review of the environmental fate and effects of hazardous substances released from electrical and electronic equipments during recycling: Examples from China and India. En: *Environmental Impact Assessment Review*. January 2010, vol. 30, no. 1, p. 28–41.
- SINHA-KHETRIWAL, D.; KRAEUCHI, P. y SCHWANINGER, M. A comparison of electronic waste recycling in Switzerland and in India. En: *Environmental Impact Assessment Review*. July, 2005, vol. 25, no. 5, p. 492–504.
- TANSKANEN, Pia. Management and recycling of electronic waste. En: *Acta Materialia*. February, 2013, vol. 61, no. 3, p. 1001–1011.
- VARGAS, C., Y NAVARRO, P. Aspectos preliminares de la evaluación y efecto de aditivos surfactantes en el proceso de electroobtención de cobre. Trabajo de grado Ingeniero Metalúrgico. Santiago: Universidad de Santiago de Chile. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Metalúrgica, 2010. 13 p.
- WANG, F. et al. The Best-of-2-Worlds philosophy: Developing local dismantling and global infrastructure network for sustainable e-waste treatment in emerging economies. En: *Waste Management*. November 2012, vol. 32, no.11, p. 2134–2146.

WONG, C. S. C. et al. Trace metal contamination of sediments in an e-waste processing village in China. En: *Environmental Pollution*. January, 2007, vol. 145, no. 2, p. 434–442.

YU, L. et al. The development of WEEE management and effects of the fund policy for subsidizing WEEE treating in China. En: *Waste Management*. September, 2014, vol. 34, no. 9, p.1705–1714.