



“Diagnóstico y cuantificación de aparatos eléctricos y electrónicos con contenido de COP y metales pesados que se comercializan en Chile”

Informe final

23 de julio de 2015

Elaborado:	Revisado:	Verificado:	Validado:
Laura Rodríguez Susanna Casanovas	Anna Giménez	Juan Castaño	Juan Castaño



Índice

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1 ANTECEDENTES	7
1.2 OBJETO Y ALCANCE	7
2. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LA TOXICIDAD DE LOS COP Y METALES PESADOS PRESENTES EN AEE	9
2.1 IDENTIFICACIÓN DE COP Y CANDIDATOS COP EN AEE	9
2.1.1 Hexabromobifenil (HBB)	11
2.1.2 Éteres de polibromodifenil (COP - PBDE)	12
2.1.3 Sulfonato de perfluorooctanato (PFOS)	15
2.1.4 Hexabromociclododecano (HBCD)	16
2.1.5 Parafinas cloradas de cadena corta (SCCP)	16
2.1.6 Naftalenos clorados	17
2.2 IDENTIFICACIÓN DE METALES EN AEE Y ANÁLISIS DE SU TOXICIDAD	17
2.2.1 Mercurio (Hg)	18
2.2.2 Plomo (Pb)	21
2.2.3 Cadmio (Cd)	23
2.2.4 Cromo hexavalente (Cr VI)	24
2.3 IDENTIFICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS PELIGROSOS EN AEE	25
2.3.1 Berilio (Be)	25
2.3.2 Antimonio (Sb)	26
2.3.3 Tetrabromobisfenol (TBBP)	28
2.3.4 Ftalatos	29
2.3.5 PVC	30
2.4 RESUMEN DE LA PRESENCIA DE COP Y METALES PESADOS EN AEE	31
3. COMPOSICIÓN DE LOS AEE/RAEE POR CATEGORÍAS	35
3.1 GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS	38
3.2 PEQUEÑOS ELECTRODOMÉSTICOS	39
3.3 EQUIPOS DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES	40
3.4 APARATOS DE CONSUMO	42
3.5 DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO	43
3.6 HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS	45
3.7 JUGUETES O EQUIPOS DEPORTIVOS Y DE TIEMPO LIBRE	46



4.	ANTECEDENTES SOBRE EL CONTROL Y MANEJO DE LOS AEE A NIVEL INTERNACIONAL	48
4.1	EXPERIENCIAS EN LAS PRINCIPALES REGIONES/PAÍSES.....	49
4.1.1	<i>Unión Europea</i>	49
4.1.2	<i>Estados Unidos</i>	53
4.1.3	<i>Canadá</i>	54
4.1.4	<i>Latinoamérica y Caribe</i>	54
4.2	ESCENARIO ACTUAL Y FUTURO DE LA AGENDA QUÍMICA INTERNACIONAL	56
4.2.1	<i>Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE</i>	56
4.2.2	<i>Convenio de Basilea</i>	59
4.2.3	<i>Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos (SAICM)</i>	63
4.2.4	<i>Foro de Cooperación Económica Asia – Pacífico</i>	66
4.2.5	<i>Convenio de Estocolmo</i>	69
4.2.6	<i>Convenio de Minamata</i>	70
4.2.7	<i>Reglamento europeo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH)</i>	73
4.3	DIAGNÓSTICO SOBRE EL MANEJO DE LOS AEE DURANTE SU CICLO DE VIDA	74
4.3.1	<i>Diseño y certificación de los AEE</i>	74
4.3.2	<i>Manejo de los RAEE</i>	86
5.	SITUACIÓN NACIONAL SOBRE CONTROL Y MANEJO DE LOS AEE	100
5.1.1	<i>Introducción a la legislación nacional</i>	100
5.1.2	<i>Comercialización de AEE</i>	111
5.1.3	<i>Manejo de RAEE</i>	116
5.1.4	<i>Ciclo de vida de los COP</i>	126
6.	INVENTARIO NACIONAL DE APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS Y SU CONTENIDO DE COP Y METALES PESADOS	129
6.1	INVENTARIO DE COP-PBDE EN TELEVISORES Y MONITORES CRT.....	130
6.1.1	<i>Consumo aparente de monitores y televisores de CRT</i>	131
6.1.2	<i>Estimación de monitores y televisores de CRT en uso o almacenados y caudal de residuos</i>	134
6.1.3	<i>Estimación de la cantidad de COP-PBDE en monitores y televisores de CRT</i>	137
6.2	INVENTARIO DE Pb EN CRT.....	139
6.2.1	<i>Consumo aparente, existencias y caudal de residuos de CRT</i>	139
6.2.2	<i>Estimación de la cantidad de Pb en CRT</i>	142
6.3	INVENTARIO DE Hg EN DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO	144
6.3.1	<i>Consumo aparente de dispositivos de alumbrado</i>	145



6.3.2	Estimación de la cantidad de Hg en dispositivos de alumbrado	150
7.	CONCLUSIONES.....	153
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	160
ANEXO 1:	ACTORES ENTREVISTADOS Y RESUMEN ENTREVISTAS	163



Índice de tablas

TABLA 1: CONTENIDOS MÁXIMOS DE MERCURIO EN APLICACIONES EXENTAS SEGÚN ANEXO III DE LA DIRECTIVA ROHS.....	19
TABLA 2: MATRIZ DE LA PRESENCIA DE COP, METALES PESADOS Y OTRAS SUSTANCIAS PELIGROSAS DE INTERÉS POR CATEGORÍA DE AEE Y/O PRODUCTO/ARTÍCULO.....	32
TABLA 3: MATRIZ DE LA PRESENCIA DE COP, METALES PESADOS Y OTRAS SUSTANCIAS PELIGROSAS DE INTERÉS POR COMPONENTE EN AEE.	34
TABLA 4: COMPOSICIÓN POR CATEGORÍAS (EN % EN PESO) DEL TOTAL DE RAEE GENERADOS EN LA UE.	36
TABLA 5: COMPOSICIÓN (EN % EN PESO) DE LOS GRANDES ELECTRODOMÉSTICOS GENERADOS EN LA UE.....	38
TABLA 6: COMPOSICIÓN (EN % EN PESO) DE LOS PEQUEÑOS ELECTRODOMÉSTICOS GENERADOS EN LA UE.....	40
TABLA 7: COMPOSICIÓN (EN % EN PESO) DE LOS DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO GENERADOS EN LA UE.....	45
TABLA 8: PAÍS Y SU NORMATIVA ASOCIADA A LA GESTIÓN DE RAEE.....	55
TABLA 9: AEE QUE FIGURAN EN LA PARTE I DEL ANEXO A DEL CONVENIO DE MINAMATA.....	72
TABLA 10: NORMATIVA DE REFERENCIA EN CHILE ASOCIADA AL USO Y GESTIÓN DE RAEE.....	102
TABLA 11: NORMATIVA DE REFERENCIA EN CHILE ASOCIADA A SUSTANCIAS PELIGROSAS.	107
TABLA 12: DATOS DE IMPORTACIÓN (UNIDADES) DE APARATOS DE CONSUMO (2002-2009).	112
TABLA 13: DATOS DE IMPORTACIÓN (UNIDADES) EQUIPOS DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES (2002-2008).	113
TABLA 14: DATOS DE IMPORTACIÓN (UNIDADES) LUMINARIAS (2002-2009).....	114
TABLA 15: VOLUMEN Y TASA DE VALORIZACIÓN DE ALGUNOS TIPOS DE RESIDUOS.	125
TABLA 16: UNIDADES IMPORTADAS Y EXPORTADAS DE MONITORES Y TELEVISORES DE CRT (CÓDIGO ARANCELARIO 85287210) PARA EL PERIODO 2008-2013.....	133
TABLA 17: UNIDADES DE MONITORES Y TELEVISORES DE CRT IMPORTADAS Y EXPORTADAS (CÓDIGO ARANCELARIO 85287210) EN EL PERIODO 2006-2013.	135
TABLA 18: UNIDADES DE MONITORES Y TELEVISORES DE CRT IMPORTADAS Y EXPORTADAS (CÓDIGO ARANCELARIO 85287210) EN EL PERIODO 2006-2013.	137
TABLA 19: CANTIDAD TOTAL DE C-OCTABDE EN MONITOR Y/O TELEVISOR DE CRT (AÑO 2013).....	138
TABLA 20: UNIDADES DE MONITORES Y TELEVISORES DE CRT IMPORTADAS Y EXPORTADAS (CÓDIGO ARANCELARIO 85287210) EN EL PERIODO 2006-2013.	141
TABLA 21: UNIDADES IMPORTADAS Y EXPORTADAS DE CRT ASOCIADAS A LOS DEMÁS TUBOS CATÓDICOS (CÓDIGO ARANCELARIO 85406000) EN EL PERIODO 2006-2013.	142
TABLA 22: CANTIDAD TOTAL DE Pb EN APARATOS DE CRT (CÓDIGO ARANCELARIO 85287210) EN EL AÑO 2013.	143
TABLA 23: CANTIDAD TOTAL DE Pb EN LOS DEMÁS TUBOS CATÓDICOS (CÓDIGO ARANCELARIO 85406000) EN EL AÑO 2013... ..	143
TABLA 24: CANTIDAD TOTAL DE Pb SEGÚN LOS CÓDIGOS ARANCELARIOS DE ESTUDIO (AÑO DE REFERENCIA 2013).	144



TABLA 25: UNIDADES IMPORTADAS Y EXPORTADAS EN EL PERIODO 2006-2013 ASOCIADAS A MONITORES Y TELEVISORES LCD (CÓDIGO ARANCELARIO 85287220).....	147
TABLA 26: UNIDADES IMPORTADAS Y EXPORTADAS EN EL PERIODO 2006-2013 ASOCIADAS A FLUORESCENTES DE CÁTODO CALIENTE (CÓDIGO ARANCELARIO 85393100).	148
TABLA 27: UNIDADES IMPORTADAS Y EXPORTADAS EN EL PERIODO 2006-2013 ASOCIADAS A LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO SODIO Y DE HALOGENUROS METÁLICOS (CÓDIGO ARANCELARIO 85393200).....	149
TABLA 28: CANTIDAD DE Hg EN DISTINTOS TIPOS DE DISPOSITIVOS DE ALUMBRADO (AÑO 2012).	150
TABLA 29: CANTIDAD TOTAL (T) ESTIMADA DE Hg SEGÚN CÓDIGO ARANCELARIO (AÑO DE REFERENCIA 2013).....	151
TABLA 30: CANTIDAD TOTAL (T) ESTIMADA DE Hg (AÑO DE REFERENCIA 2013).	152

Índice de figuras

FIGURA 1: COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LOS EQUIPOS DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES.	42
FIGURA 2: COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LOS APARATOS DE CONSUMO.....	43
FIGURA 3: COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LAS HERRAMIENTAS ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS.....	46
FIGURA 4: COMPOSICIÓN PROMEDIO DE LOS JUGUETES O EQUIPOS DEPORTIVOS Y DE TIEMPO LIBRE.....	47
FIGURA 5: RUTAS CONOCIDAS Y SOSPECHOSAS DE VERTIDO DE RAEE (DOUCETTE, ET AL., 2005 EN BIO INTELLIGENCE SERVICE, 2013).....	89
FIGURA 6: FLUJOS DE RAEE TÍPICOS EN LA UNIÓN EUROPEA (BIO INTELLIGENCE SERVICE, 2013).	92
FIGURA 7: CICLO DE RECICLADO TIPO DE RAEE (PRADA, G, 2003).	95
FIGURA 8: FLUJO DE COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS Y MANEJO DE RESIDUOS.	119
FIGURA 9: CICLO DE VIDA DE LOS COP.....	127
FIGURA 10: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL CICLO DE VIDA DE C-OCTAPBDE Y POTENCIAL DE EMISIONES.....	128
FIGURA 11: EVOLUCIÓN CONSUMO CRT PERIODO 2008-2013.	133



1. Introducción

1.1 Antecedentes

Chile ratificó el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) en el año 2005. A partir de dicha fecha, Chile ha desarrollado diversos estudios sobre la situación de los COP en el país. En concreto, en el año 2012, se realizó el levantamiento de antecedentes sobre los nuevos COP en Chile (estudio desarrollado por Amphos 21). En la actualidad, el Ministerio del Medio Ambiente está en proceso de iniciar un proyecto GEF-ONUDI para el “Fortalecimiento de las Iniciativas Nacionales y Mejoramiento de la Cooperación Regional para la Gestión Ambiental Racional de los COP en los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en los países de América Latina”. Asimismo, existen otros dos proyectos financiados por el GEF también relacionados con los Contaminantes Orgánicos Persistentes.

En este contexto, el Ministerio del Medio Ambiente considera necesario realizar el presente estudio para conocer la calidad de los aparatos eléctricos y electrónicos importados y comercializados en Chile, específicamente respecto a su contenido de Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) y metales pesados.

1.2 Objeto y alcance

Este informe tiene como objeto obtener antecedentes para la formulación de medidas de identificación y gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) y de los metales pesados presentes en equipos eléctricos y electrónicos que se comercializan en el país con el fin de desarrollar una metodología que permita establecer criterios para realizar un **inventario a nivel nacional de aparatos eléctricos y electrónicos que contienen COPs y metales pesados.**

En el contexto de este informe, se consideran **COP todas aquellas sustancias químicas listadas en los anexos del Convenio de Estocolmo,** así como todas aquellas candidatas a ser incluidas en los mencionados anexos y que actualmente están en proceso de revisión por el Comité de Revisión de COP.



Por otra parte, se consideran metales pesados aquellos elementos de la tabla periódica que exhiben propiedades metálicas, presentan elevado peso molecular y características de toxicidad tales como metales de transición, algunos semimetales, lantánidos, y actínidos.

En lo que refiere a aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), se consideran dentro del alcance del presente informe las siguientes categorías definidas por la Directiva 2012/19/UE (en periodo transitorio hasta 14 de agosto de 2018) y que también se utilizan en la actualidad en Chile:

- [1] Grandes electrodomésticos.
- [2] Pequeños electrodomésticos.
- [3] Equipos de informática y telecomunicaciones.
- [4] Aparatos electrónicos de consumo.
- [5] Aparatos de iluminación.
- [6] Herramientas eléctricas (excepto las herramientas industriales fijas permanentemente, de gran envergadura, instaladas por profesionales).
- [7] Juguetes y equipos deportivos o de esparcimiento.
- [8] Aparatos de uso médico (excepto todos los productos implantados e infectados).
- [9] Instrumentos de vigilancia y control.
- [10] Máquinas expendedoras.

2. Identificación y análisis de la toxicidad de los COP y metales pesados presentes en AEE

Dentro de este capítulo se levantan los antecedentes en cuanto a la presencia de COP y metales pesados en los aparatos eléctricos y electrónicos a nivel internacional y nacional. Para ello, se identifican todos los COP y metales pesados relacionados con los aparatos eléctricos y electrónicos y sus usos referenciados para, posteriormente, establecer cuales son susceptibles de estar presentes en las distintas categorías de AEE que se comercializan en Chile y cuales, además, pueden cuantificarse.

La consideración de que una sustancia es un COP está claramente establecida y explicitada a nivel internacional por los criterios de **persistencia, bioacumulación, potencial de transporte a larga distancia en el medio ambiente y efectos adversos establecidos por el Convenio de Estocolmo**. La definición de metal pesado, no obstante, cubre una serie de elementos químicos que presentan propiedades y características de toxicidad que no están uniformadas a nivel internacional. En el ámbito de este informe se parte de los antecedentes en cuanto a metales pesados cuyo uso en AEE ya ha sido restringido por sus características de peligrosidad, y muy en particular aquellos contemplados por la Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en AEE (denominada Directiva RoHS por sus siglas en inglés: *Restriction of Hazardous Substances*): plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente, la cual se describe con mayor detalle en el apartado 4.1.1.2.

Adicionalmente, en este apartado también se identifican tendencias internacionales en la regulación de otras sustancias altamente preocupantes para la salud humana y el medio ambiente, incluyendo sustancias candidatas COP y otros metales y productos químicos presentes en los AEE.

2.1 Identificación de COP y candidatos COP en AEE

En este apartado se consideran todas las sustancias químicas clasificadas como COP por el Convenio de Estocolmo y que, por tanto, cumplen los mencionados criterios de



persistencia, bioacumulación, potencial de transporte a larga distancia en el medio ambiente y efectos adversos.

Los siguientes COP se han identificado en algunas categorías/artículos de AEE, ya sea en la actualidad o históricamente:

- Hexabromobifenil (HBB),
- Éter de Hexabromodifenil y Éter de Heptabromodifenil (Hexa-BDE y Hepta-BDE),
- Sulfonato de Perfluorooctano (PFOS), sus sales y Fluoruro de Perfluorooctano Sulfonilo (PFOSF),
- Éter de Tetrabromodifenil y Éter de Pentabromodifenil (TetraBDE y PentaBDE).
- Hexabromociclododecano (HBCD).

No obstante, a efectos del presente estudio, dado que los principales productos comerciales de los éteres de polibromodifenil son mezclas de varios de ellos con usos análogos, es el caso del PentaBDE comercial (c-PentaBDE), que contiene los homólogos "éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo"; o el c-OctaBDE, que contiene "éter de hexabromodifenilo y éter de heptabromodifenilo", se abarca a todos ellos bajo la sigla **COP - PBDE**.

Asimismo, se incluyen en este apartado todos aquellos productos químicos candidatos a COP y que actualmente están en proceso de revisión por el Comité de Revisión (POPRC) del Convenio de Estocolmo previo a su inclusión en los Anexos del Convenio. El proceso consiste en las siguientes fases:

- **Fase 1.** Presentación de la propuesta de inclusión de un producto químico
- **Fase 2.** Fase de selección
- **Fase 3.** Perfil de riesgo
- **Fase 4.** Evaluación de la gestión del riesgo
- **Fase 5.** Decisión sobre la inclusión del producto químico en el anexo A, B y/o C

Sobre la base del perfil de riesgo y la evaluación sobre la gestión del riesgo, el POPRC recomienda si el producto químico debe ser considerado por la Conferencia de las Partes para su inclusión en los anexos A, B y/o C.



A fecha de finalización del presente informe (Julio 2015), existen seis productos químicos¹ que están en proceso de revisión por el POPRC por lo que su posible presencia en AEE también ha sido analizada en vistas a una probable inclusión futura en los anexos del Convenio. De éstos, los particularmente relacionados con AEE son los siguientes:

- Parafinas cloradas de cadena corta.
- Éter de decabromodifenil (c-decaBDE).
- Naftalenos clorados

A continuación se analizan cada uno de ellos.

2.1.1 Hexabromobifenil (HBB)

El HBB se utilizó como retardante de llama principalmente en tres productos comerciales en el decenio de 1970 (Convenio Estocolmo, 2012b):

- Termoplásticos de ABS (plásticos para la fabricación de cubiertas de maquinaria de oficina y en sectores industriales (por ejemplo, carcasa de motores) y eléctricos (por ejemplo, piezas de radio y TV);
- Espuma de poliuretano para tapicería de automóviles;
- Recubrimientos y lacas;
- Placas de circuitos impresos y revestimientos de cables.

Su uso industrial a nivel mundial ha sido amplia y progresivamente sustituido por otros retardantes de llama como el TBBP-A (tetrabromobisphenol); su producción y uso están prohibidos sin exenciones por el Convenio de Estocolmo desde 2009 y la Directiva RoHS

¹ Éter de decabromodifenil (c-decaBDE), Dicofol, Parafinas de cadena corta, Naftalenos clorados, Hexaclorobutadieno y Pentaclorofenol



obligó a la sustitución de PBB² en 2008 y limitó el contenido de PBB (incluyendo el HBB) en AEE al 0,1% en peso en materiales homogéneos³.

Dada su extensa eliminación/sustitución, sus usos históricos menores en AEEs, los escasos datos disponibles según bibliografía (Environment Canada, 2001, AEA Technology, 2004) y la particular ausencia de datos sobre HBB en Chile (Conama, 2012), se considera probable que la mayoría de los materiales que contenían HBB **ya hayan sido eliminados hace décadas**. Por lo tanto, se considera **innecesario** incluir este producto químico en el proceso del presente inventario de AEE con contenido de COP.

2.1.2 Éteres de polibromodifenil (COP - PBDE)

El PentaBDE comercial (c-PentaBDE), los homólogos "éter de tetrabromodifenilo y éter de pentabromodifenilo", así como c-OctaBDE, "éter de hexabromodifenilo y éter de heptabromodifenilo" están listados en el Anexo A del Convenio de Estocolmo, por lo que las Partes deben eliminar su producción y uso, con sujeción a las excepciones permitidas. Asimismo, el c-DecaBDE está considerado como candidato COP por el mismo Convenio a la fecha de finalización del presente estudio (Julio 2015). En este apartado se los abarca a todos ellos bajo la sigla **COP - PBDE**.

A nivel mundial, se considera que entre el 90% y 95% de la utilización de **c-PentaBDE** se aplicó en el tratamiento de espuma de poliuretano (PUR). Estas espumas se utilizaron principalmente en aplicaciones automotrices y de tapicería hasta aproximadamente 2004, año en que el principal productor (Estados Unidos) finalizó su producción (UNEP, 2007). Entre los usos menores se encuentran los textiles, circuitos impresos, espuma aislante, revestimientos de cables, cintas transportadoras, lacas y posiblemente aceites usados

² Sigla del grupo de compuestos químicos del bromo conocidos como Polibromobifenilos o Bifenilos Polibromados.

³ Según la Directiva RoHS, el "material homogéneo" es un material de composición completamente uniforme o un material, compuesto por una combinación de materiales, que no pueda dividirse o separarse en materiales diferentes, mediante acciones mecánicas consistentes en destornillar, cortar, aplastar, pulverizar y procedimientos abrasivos.



para la perforación en yacimientos. No se han identificado referencias en cuanto a cantidades presentes en los usos minoritarios en AEE.

El éter de hexabromodifenil y el éter de heptabromodifenil son los principales componentes del **c-OctaBDE**, producto comercial cuya producción cesó en 1998 en Europa y a nivel mundial en el 2004. Asimismo, la Directiva RoHS dispuso la sustitución de los PBDE en el año 2008 por retardantes alternativos sin bromo así como el diseño de equipos sin retardantes de llama y limitó el contenido en materiales homogéneos³ en un 0,1%.

El principal uso del c-OctaBDE en el pasado se aplicó a polímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS), representando aproximadamente el 95% del c-OctaBDE provisto en la UE. El ABS tratado se usaba principalmente para carcasas y fundas de aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), en particular para carcasas de tubos de rayos catódicos (CRT) y equipos de oficina, como fotocopiadoras e impresoras comerciales. Entre otros usos menores se encontraban el poliestireno de alto impacto (HIPS), el tereftalato de polibutileno (PBT), y los polímeros de poliamida. Aunque la mayoría de estos polímeros se han utilizado en la electrónica, también se usaron, aunque en menor medida en el sector del transporte.

Las concentraciones típicas en las aplicaciones más importantes fueron entre un 12% y un 18% en peso de c-OctaBDE con respecto al peso total del AEE, con un consumo aproximado de 100.000 toneladas de c-OctaBDE a un promedio de aplicación del 15% en peso por AEE. Puede estimarse que se trataron aproximadamente 800.000 toneladas de polímeros primarios. Teniendo en cuenta el reciclado del c-OctaBDE en productos de plástico nuevos (contaminación secundaria), es probable que la cantidad total de los plásticos afectados sea considerablemente mayor (Convenio Estocolmo, 2012b).

No se ha encontrado ningún registro de empresas en Chile que pudieran haber fabricado ABS con OctaBDE. Sin embargo, dada la existencia de fábricas de transformación de ABS en la Región Metropolitana, se debe considerar la posibilidad de que éstas hayan utilizado OctaBDE y, asimismo, se hayan importado AEE que lo contengan.

El éter de decabromodifenilo comercial (**c-decaBDE**) se utiliza ampliamente como un retardante llama en textiles y plásticos/polímeros. Es una mezcla sintética de éteres de difenil polibromados, con el decaBDE como principal componente.



En plásticos, el c-decaBDE se utiliza como retardante de llama para aparatos eléctricos y electrónicos en carcasas de computadoras y televisores, también se utiliza en el sector del transporte y en el sector aeronáutico y en la construcción, particularmente en alambres y cables, tuberías y alfombras.

De acuerdo con la propuesta del Convenio de Estocolmo presentada en la novena reunión del POPRC⁴, el c-decaBDE fue el segundo retardante de llama bromado y la mayor mezcla de PBDE en el mercado en 2001. Los datos más recientes de las empresas miembros de la EFRA⁵ indican que en 2010, entre 7.500 y 10.000 toneladas de decaBDE comercial se vendieron en la UE. También se han documentado volúmenes de producción/importación en los Estados Unidos de 25.000 y 50.000 toneladas en 2002 y en 2006, respectivamente. Entre los países asiáticos, el c-decaBDE se produce principalmente en China, donde su producción fue de hasta 13.500 toneladas anuales en 2001 y hasta 30.000 toneladas en 2005. Las previsiones indican que su consumo siga creciendo, particularmente en la región de Asia/Pacífico, la cual representa casi la mitad de la demanda mundial.

En cuanto al inventariado de COP - PBDE, la guía para la preparación de inventarios de PBDE del Convenio de Estocolmo (Convenio Estocolmo, 2012b) contempla la metodología para el cálculo del contenido de OctaBDE en los CRT⁶, por lo que su presencia en AEE se estimará cuantitativamente en el apartado 6 de este informe.

Los COP- PBDE han sido en gran medida sustituidos por el tetrabromobisfenol (TBBP-A), un retardante de llama considerado menos peligroso y que se analiza en el apartado 2.3.3.

⁴ Proposal to list decabromodiphenyl ether (commercial mixture, c-decaBDE) in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Persistent Organic Pollutants Review Committee Ninth meeting, Rome, 14–18 October 2013.

⁵ Siglas en inglés que corresponden a European Flame Retardants Association

⁶ Sigla en inglés que corresponde a Cathode Ray Tube (tubo de rayos catódicos).



2.1.3 Sulfonato de perfluorooctanato (PFOS)

Los PFOS y sus derivados se utilizan en numerosos **procesos de fabricación**, debido a sus propiedades no reactivas, baja tensión superficial, estabilidad química, y a su resistencia a los ácidos y las altas temperaturas. Su producción y uso están restringidos por el Convenio de Estocolmo con algunas exenciones relativas al reciclado de artículos que los contienen.

Las sustancias relacionadas con PFOS tienen varios usos específicos como agentes químicos en las **industrias de la electrónica, semiconductoras y fotográficas**. Dichas sustancias se utilizan en pequeñas cantidades en sistemas cerrados y no están destinadas como contenido de los productos finales.

Los PFOS presentan muchas aplicaciones en la industria electrónica, particularmente dentro de la producción de piezas. Así mismo, la fabricación de cámaras digitales, teléfonos celulares, impresoras, escáneres, sistemas de comunicación satelital, sistemas de radar y similares utiliza productos químicos a base de PFOS. Los compuestos relacionados con PFOS son sustancias químicas que intervienen solo en los procesos, mientras que los productos finales están en su mayoría libres de este compuesto (Convenio Estocolmo, 2012a). La mayoría de los usos de las sustancias relacionadas con el PFOS en la industria electrónica están en aplicaciones cerradas, **estos usos pueden ser grabados, dispersiones, agentes de desmear, enchapados metálicos en circuitos, tratamiento de superficies, fotolitografía y fotomicrolitografía**. Los PFOS se pueden utilizar como un surfactante en los procesos de decapado en la fabricación de semiconductores compuestos y filtros de cerámica. El PFOS se añade como parte de un agente de ataque químico, y se enjuaga durante la fase ulterior de lavado. Puesto que la vida útil de los agentes decapantes es muy corta (menos de 6 horas), el PFOS se añade en el agente decapante justo antes de usar. Por lo tanto, no existe una reserva de agentes decapantes que contengan PFOS.

En este contexto, se considera innecesario incluir a los PFOS en la fase de inventario del presente informe.



2.1.4 Hexabromociclododecano (HBCD)

A nivel internacional, este compuesto es un retardante de llama bromado utilizado principalmente en la industria de polímeros y textil. Alrededor del 2% de HBCD producido a nivel mundial se utiliza en poliestirenos de alto impacto (HIPS) presente principalmente en algunos AEE, por ejemplo: equipos de audiovisuales y cajas de distribución de líneas eléctricas. El HBCD es un aditivo ignífugo con concentraciones alrededor del 1 al 7% en HIPS que muy probablemente se esté importando en Chile a través de AEE. No obstante, no existen referencias sobre su cuantificación en productos finales, por lo que no es factible su inventariado.

El HBCD fue incluido en el Anexo A del Convenio de Estocolmo en la Conferencia de la Partes celebrada en mayo de 2013.

2.1.5 Parafinas cloradas de cadena corta (SCCP)

Las parafinas cloradas de cadena corta (SCCP⁷) son un grupo de compuestos sintéticos utilizados principalmente como fluidos para el trabajo con metales, líquidos de obturación, retardantes de llama en gomas y textiles, en el tratamiento del cuero y en pinturas y revestimientos.

En general, existe un pequeño porcentaje (menos del 1% en peso) de parafinas cloradas de cadena corta (SCCP) presentes de forma indirecta en la industria eléctrica y electrónica debido a su presencia dentro de los preparados de parafinas cloradas de cadena media (MCCP). Las MCCP se utilizan como plastificante secundario y retardante de llama de PVC y caucho clorado para aislamiento de cables (Öko-Institut e.V., 2008).

Las SCCP cumplen los criterios de selección para ser consideradas como candidatas a contaminantes orgánicos persistentes (COP) en virtud del Convenio de Estocolmo por lo que su inclusión en los anexos del Convenio está actualmente en proceso de revisión por parte del POPRC.

⁷ Sigla en inglés que corresponde a Short Chain Chlorinated Paraffins.



Considerando la ausencia de referencias en cuanto a categorías y cantidades presentes de SCCP en los **AEE**, este candidato COP no se incluye en las próximas fases del presente estudio.

2.1.6 Naftalenos clorados

Los Naftalenos clorados (CNs en sus siglas en inglés) están considerados como candidatos COP para su inclusión en los anexos A, B y/o C del Convenio de Estocolmo a la fecha de finalización del presente estudio.

De acuerdo con la propuesta del Convenio de Estocolmo presentada en la séptima reunión del POPRC⁸, los Naftalenos clorados son un grupo de 75 posibles compuestos que contienen de uno a ocho átomos de cloro. Son estructuralmente similares a los PCBs. Hasta la década de 1970 fueron producidos en elevados volúmenes, estimándose una producción mundial global de 150 000 toneladas hasta esa fecha. Los usos más importantes de los CNs fueron para la conservación de la madera, como aditivo para pinturas y aceites de motor, y para el aislamiento de cables y en condensadores.

Los CNs no están presentes en los **AEE** en la actualidad, su principal problemática, y motivo de su candidatura a COP, son sus emisiones originadas principalmente por liberaciones no intencionales en procesos de combustión de producción de calor y electricidad, a partir de procesos industriales, el uso de disolventes y la incineración de residuos.

2.2 Identificación de metales en AEE y análisis de su toxicidad

En este apartado se analiza la presencia de metales pesados en los AEE. De acuerdo con los antecedentes internacionales al respecto, en este apartado se considerarán

⁸ Proposal to list chlorinated naphthalenes in Annexes A, B and/or C to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Persistent Organic Pollutants Review Committee Seventh meeting. Geneva, 10–14 October 2011.



inicialmente aquellos metales pesados cuyo uso y presencia en AEE está prohibido y/o restringido, y más en particular, aquellos metales regulados actualmente en el ámbito europeo por la Directiva RoHS⁹: plomo, mercurio, cadmio y cromo hexavalente.

2.2.1 Mercurio (Hg)

Se estima que el 22% del consumo anual mundial de mercurio se utiliza en aparatos eléctricos y electrónicos, principalmente en las lámparas fluorescentes. Asimismo, el mercurio también se ha utilizado en termostatos (de posición), sensores, relés e interruptores (por ejemplo, en las tarjetas de circuitos impresos y en los equipos de medición), baterías y teléfonos celulares. Históricamente, uno de los usos más importantes por volumen de mercurio, por unidad, se encontraba en los rectificadores eléctricos y válvulas de vapor de mercurio, que fueron utilizados en las redes de distribución de electricidad y las instalaciones industriales. Este tipo de equipos tiene una larga vida útil, por lo que todavía puede haber un número significativo de artículos en uso, aunque actualmente existan alternativas sin mercurio (PNUMA, 2008 y Environment Canada, 2001).

A nivel del consumidor, los interruptores basculantes de mercurio han sido ampliamente utilizados en los interruptores de luz de arranque y sistemas de frenos ABS en muchos electrodomésticos y automóviles, respectivamente.

No obstante, estos usos se han reducido significativamente en los últimos años debido a su restricción por la Directiva RoHS desde el 1 de julio de 2006, las únicas exenciones del uso de mercurio en AEE son las relativas a su uso en lámparas. El mercurio que contienen las lámparas y bulbos es eficiente energéticamente y rentable, por lo que actualmente no existe sustituto práctico. Los fabricantes de lámparas continúan trabajando para reducir el contenido de mercurio en cada lámpara.

En base a las aplicaciones exentas de restricción listadas en el Anexo III de la Directiva RoHS, los contenidos en mercurio pueden oscilar según tipo de lámpara y tamaño, estando dentro de los rangos máximos que se muestran en Tabla 1:

⁹ Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de junio de 2011 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.



Tabla 1: Contenidos máximos de mercurio en aplicaciones exentas según Anexo III de la Directiva RoHS.

Aplicación exenta	Limitación de uso
Lámparas fluorescentes de casquillo único (compactas)	Entre 2,5 y 7 mg por lámpara
Lámparas fluorescentes lineales de casquillo doble	Entre 3 y 5 mg por lámpara
Lámparas fluorescentes de cátodo frío y de electrodo externo para usos especiales (CCFL y EEFL).	Entre 3,5 y 13 mg por lámpara
Otras lámparas de descarga de baja presión	Hasta 15 mg por lámpara
Lámparas de vapor de sodio de alta presión para usos generales de alumbrado, en lámparas con índice de rendimiento de color mejorado (Ra>69).	Entre 30 y 40 mg por lámpara
Otras lámparas de vapor de sodio de alta presión para usos generales de alumbrado	Entre 25 y 40 mg por lámpara
Lámparas de vapor de mercurio de alta presión (HPMV)	La exención expira el 13 de abril de 2015.
Lámparas de haluros metálicos (MH) y otras lámparas de descarga para usos especiales no mencionados.	Sin límite

Las lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) y lámparas fluorescentes de electrodo externo (EEFL) se utilizan principalmente para la iluminación de fondo de pantallas de cristal líquido (LCD), las cuales han constituido el mayor porcentaje de mercado de ventas de monitores y televisores durante los últimos años. No obstante, su ratio de mercado está en la actualidad en retroceso por la aparición de las pantallas LED, las cuales no contienen mercurio.

En general, las cantidades de mercurio por pantalla son relativamente pequeñas, siendo en muchos casos inferiores a los límites establecidos por la Directiva RoHS, por ejemplo, las estimaciones de los EE.UU sobre 315 millones de computadoras obsoletas para el año 2004 representaron más de 400.000 libras (183 t) de mercurio, lo cual equivale a un nivel de concentración 0,002% de mercurio en peso en computadoras (AEA Technology, 2004).



Para los equipos de oficina y similares, la certificación TCO'99¹⁰ exige que el mercurio no esté presente en ninguno de los componentes eléctricos o electrónicos asociados con la unidad etiquetada. Por el momento, existe todavía la excepción en cuanto al sistema de iluminación de fondo de pantalla (pantalla planas)

Por la relevancia del uso y presencia de mercurio en dispositivos de alumbrado, su contenido será estudiado con mayor detalle en el apartado 6.

2.2.1.1 Toxicidad del mercurio

El mercurio elemental se clasifica como sustancia peligrosa, tóxico por inhalación con el peligro de efectos acumulativos. El mercurio orgánico aumenta sus propiedades tóxicas.

La exposición al mercurio (incluso a pequeñas cantidades) puede causar graves problemas de salud, y es peligrosa para el desarrollo intrauterino y en las primeras etapas de vida. El mercurio también puede ser tóxico para los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones, riñones y ojos. La principal vía de exposición humana es el consumo de pescado y marisco contaminados con metilmercurio, compuesto orgánico presente en esos alimentos.

El mercurio está clasificado como muy tóxico para los organismos acuáticos y se sospecha de causar efectos a largo plazo en el medio ambiente acuático. El mercurio se bioacumula y biomagnifica en el medio ambiente, además se transporta fácilmente recorriendo largas distancias en la atmósfera.

En base a las repercusiones a nivel mundial del mercurio y sus compuestos, el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente estableció en 2009 la necesidad de un instrumento jurídicamente vinculante a nivel mundial sobre el mercurio, y se abrió un periodo de negociación tras el cual finalmente se aprobó el Convenio de Minamata en enero de 2013.

¹⁰ Certificación sustentable para productos IT <http://tcodevelopment.com/tco-certified/>



Para la OMS, el mercurio es uno de los diez productos o grupos de productos químicos que plantean especiales problemas de salud pública.

2.2.2 Plomo (Pb)

El plomo está presente en variedad de aparatos eléctricos y electrónicos; sus usos principales están en soldadura de estaño y plomo, tubos de rayos catódicos, cables, baterías, placas de circuito impreso y tubos fluorescentes.

No obstante, el uso más importante de plomo en equipos electrónicos ha sido en pantallas y monitores de tubo de rayos catódicos (CRT). Este metal actúa como un escudo contra la radiación y disminuye la temperatura de fusión del vidrio. Las estimaciones de las cantidades de plomo en CRT se sitúan en el rango de 0,4 a 3 kg por monitor (Environment Canada, 2001).

La segunda fuente de plomo en la electrónica se encuentra en la soldadura de estaño y plomo (por lo general estaño-plomo 60/40), la cual conecta muchos componentes. El plomo se utiliza debido a su buena conductividad, alta resistencia a la corrosión, la rentabilidad y bajo punto de fusión. Cuantificado, la cantidad de plomo que se utiliza en materiales de conexión es de aproximadamente 50 g/m² de placa de circuito impreso. El contenido típico de soldadura Pb/Sn en la chatarra de placas de circuito impreso oscila entre el 4 al 6%, lo cual representa del 2 al 3% de plomo en peso en las placas originales. La utilización de plata (Ag) y cobre (Cu) puede sustituir el uso de Pb/Sn en soldaduras ya que estos materiales generan la soldadura SAC (Sn-Ag-Cu), la cual cumple las características requeridas en relación a la fusión, resistencia, soldabilidad, procesabilidad, reciclabilidad, costo y disponibilidad (AEA Technology, 2004).

Finalmente, los cables de PVC también tienen un alto contenido de plomo. La razón principal es la utilización de los estabilizantes de plomo (típicamente estearato de plomo) en el PVC.

En el ámbito europeo, la Directiva RoHS requiere la sustitución del plomo utilizado en los usos mayoritarios: soldaduras y estabilizadores, pero exime el uso de plomo en determinados usos como:



- El vidrio de tubos de rayos catódicos como un escudo contra la radiación,
- El vidrio de tubos fluorescentes,
- Como elemento de aleación,
- En pastas de soldadura para determinados usos específicos,
- En cerámica dieléctrica de condensadores para tensiones elevadas y
- Otros usos muy específicos.

Por la relevancia del uso y presencia de plomo en AEE, su presencia será estudiada con mayor detalle en el apartado 6.

2.2.2.1 Toxicidad del plomo

El plomo es una sustancia tóxica que se va acumulando en el organismo afectando a diversos sistemas del organismo, con efectos especialmente dañinos en los niños de corta edad. Se estima que en los niños la exposición al plomo causa cada año 600 000 nuevos casos de discapacidad intelectual. La exposición al plomo cobra cada año un total estimado de 143.000 vidas, registrándose las tasas más altas de mortalidad en las regiones en desarrollo.

El plomo se distribuye por el organismo hasta alcanzar el cerebro, el hígado, los riñones y los huesos y se deposita en dientes y huesos, donde se va acumulando con el paso del tiempo. Para evaluar el grado de exposición humana, se suele medir la concentración de plomo en la sangre.

La OMS ha incluido el plomo dentro de una lista de diez productos químicos causantes de graves problemas de salud pública que exigen la intervención de los Estados Miembros para proteger la salud de los trabajadores, los niños y las mujeres en edad fecunda.



2.2.3 Cadmio (Cd)

El uso de cadmio en productos electrónicos varía en función de las propiedades requeridas puesto que presenta una excelente resistencia a la corrosión, una baja resistencia eléctrica, buenas características de soldadura y elevada solubilidad en ácidos fuertes (lo que facilita la preparación de pigmento rojo, naranja y amarillo de cadmio para plásticos).

El uso más conocido del cadmio ha sido en las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd) utilizadas ampliamente en las computadoras portátiles, teléfonos celulares, etc. Actualmente, este tipo de baterías se sustituye por otras de ion-Litio o Ni-Hidróxido de Metal (Ni-MH). Otro posible uso es el del sulfuro de cadmio como recubrimiento fosforescente en el interior de las pantallas de monitor fluorescentes en cantidades entre 5 y 10 gramos por pantalla. El color en la pantalla del monitor se logra mediante tres cañones de electrones, una máscara de sombra y recubrimiento de cadmio fosforescente. El cadmio también se añade al PVC de alambres y cables como un estabilizador de plástico y retardante de llama (Environment Canada, 2001). En relación a las cantidades específicas de cadmio utilizadas en cada componente, estas son difíciles de encontrar en la literatura existente.

En el ámbito europeo, la Directiva RoHS requiere la sustitución del cadmio en todos los usos con excepción de los contactos eléctricos, determinados vidrios y aleaciones.

En la actualidad, los usos del cadmio son minoritarios y muy específicos, asimismo, la heterogeneidad en la presencia y variabilidad de contenido de cadmio en distintos materiales y componentes de los AEE, así como la ausencia de referencias dificulta su inventariado.

2.2.3.1 Toxicidad del cadmio

Los compuestos de cadmio pueden tener serios impactos en los riñones. El cadmio se adsorbe por la respiración, pero también se ingiere a través de la comida. Debido a la larga vida media en el cuerpo, el cadmio se puede acumular fácilmente en cantidades que causan los síntomas de la intoxicación. El Cadmio presenta riesgo de efectos acumulativos en el medio ambiente debido a su toxicidad aguda y crónica. La exposición aguda a los humos de cadmio causa síntomas parecidos a la gripe: debilidad, fiebre, dolor



de cabeza, escalofríos, sudoración y dolor muscular. Los riesgos para la salud primaria de la exposición a largo plazo son el cáncer de pulmón y el daño renal. El cadmio también se cree que causa el enfisema pulmonar y la enfermedad ósea (osteomalacia y osteoporosis).

2.2.4 Cromo hexavalente (Cr VI)

El cromo y sus óxidos son ampliamente utilizados debido a sus propiedades anti-corrosivas y alta conductividad. El cromo VI se utiliza normalmente como un endurecedor o estabilizador para carcasas de plástico y como colorante en pigmentos. Las referencias en relación a las cantidades de cromo VI en estos componentes son escasas. El uso que se está dando parece estar en el rango de 0,2 a 0,3 gramos por componente.

El cromo hexavalente también puede estar presente en la superficie de las piezas de metal que se han protegido de la corrosión, aunque no se encontraron referencias a cantidades de Cr VI presente en esta aplicación (revestimientos de conversión de cromato).

En el ámbito europeo, la Directiva RoHS requiere la sustitución del cromo VI en todos los usos salvo una exención específica como protección anticorrosiva en determinados sistemas de refrigeración.

La heterogeneidad en cuanto a su presencia y la variabilidad en el contenido de cromo VI en distintos materiales y componentes de los AEE, así como la ausencia de referencias dificulta su inventariado.

2.2.4.1 Toxicidad del cromo hexavalente

El cromo hexavalente inhalado es un carcinógeno potencial y genotoxina. Los estudios sobre trabajadores demuestran claramente que el cromo hexavalente inhalado es un carcinógeno humano, con el tracto respiratorio como el principal órgano diana. La exposición al cromo hexavalente puede afectar el sistema neurológico y gastrointestinal, además puede causar sensibilización o quemaduras en contacto con la piel.

El cromo y el cloro juntos exhiben un aumento de la toxicidad por efectos sinérgicos.



El cromo hexavalente es también persistente y tóxico para el medio ambiente.

2.3 Identificación de otros productos químicos peligrosos en AEE

En este apartado se identifican aquellas sustancias presentes en AEE que son potencialmente preocupantes para la salud humana y/o el medio ambiente y de las cuales se están estudiando sus posibles efectos para el potencial establecimiento de restricciones/prohibiciones, particularmente en el ámbito de la Unión Europea.

2.3.1 Berilio (Be)

El berilio metálico es uno de los materiales estructurales más ligeros disponibles y varias veces más fuerte que el acero, no obstante, raramente se utiliza como tal en aparatos eléctricos y electrónicos de consumo. Sus principales usos son en equipos de generación de partículas y equipos de detección, sistemas de energía de fusión nuclear, instrumentos ópticos que requieren aplicaciones de alta velocidad de rotación, como espejos de cámaras de ultra-alta velocidad y dispositivos de escaneado óptico, en equipos médicos, especialmente en equipos de rayos X, así como en sistemas de focalización y de orientación militar. Se estima que aproximadamente 2 toneladas por año de berilio metálico se incorporan a estas aplicaciones en AEE en Europa.

Por otro lado, unas 11,5 toneladas anuales de berilio se consumen en aplicaciones de aleaciones de berilio y cobre en Europa. Estas aleaciones forman parte de conectores electrónicos para los que se desea una capacidad para la conexión y desconexión repetida y, por tanto, donde la soldadura no se utiliza para hacer una unión permanente. El berilio mejora las propiedades de los resortes de contacto de cobre debido a su alta resistencia, alta conductividad y alta calidad elástica. Las aleaciones de berilio de cobre contienen aproximadamente el 2% de berilio. Aparte de las aleaciones de berilio y cobre, ha aumentado el consumo de las aleaciones de berilio y aluminio, las cuales pueden constar de hasta un 65% de berilio. Se utilizan en una amplia gama de aplicaciones que van desde la industria aeroespacial a los ordenadores (Öko-Institut e.V., 2008).



Finalmente, el berilio también se aplica a determinados AEE de gama alta (rara vez a los AEE de consumo) a través de materiales cerámicos de óxido de berilio (BeO). Se estima un consumo de unas 1,5 toneladas anuales en Europa. Este compuesto transmite el calor de manera muy eficiente, utilizándose en los disipadores de calor. Los disipadores de calor de berilio se han utilizado en partes específicas de AEE que están unidas a una fuente de calor, incorporándose también en dispositivos microelectrónicos específicos como partes integrantes de éstos.

De las principales aplicaciones del berilio en AEE descritas anteriormente, las que presentan mayor contenido del metal en % en peso de berilio con respecto al peso del aparato, están los teléfonos celulares, los cuales pueden contener aproximadamente del orden de 40 ppm de berilio en forma de aleación (0,004% de berilio en peso) (Öko-Institut e.V., 2008).

Algunos fabricantes de equipos originales ya han prohibido y restringido el uso de berilio y los compuestos de berilio. En el ámbito europeo, se está estudiando la posible inclusión del berilio en la Directiva RoHS.

El berilio ha sido recientemente clasificado como un carcinógeno humano de categoría 2, porque la exposición al mismo puede causar cáncer de pulmón. La preocupación primaria de la salud es la inhalación de polvo de berilio, humo o niebla. Los trabajadores que están constantemente expuestos al berilio, incluso en pequeñas cantidades, y que se sensibilizan a él pueden desarrollar lo que se conoce como enfermedad crónica de berilio (beryllicosis), una enfermedad que afecta principalmente a los pulmones. La exposición al berilio también causa una forma de enfermedad de la piel que se caracteriza por la mala cicatrización de las heridas y los golpes, como las verrugas. Los estudios han demostrado que las personas todavía pueden desarrollar enfermedades de berilio incluso muchos años después de la última exposición.

Los compuestos de berilio se clasifican como no tóxicos para el medio ambiente.

2.3.2 Antimonio (Sb)

El trióxido de antimonio (SbO₃) es un retardante de llama que se utiliza principalmente en plásticos, aunque también en menores cantidades en caucho, PVC y textiles. Estas



aplicaciones en los AEE se encuentran en las carcasas para computadoras y televisores, tarjetas de circuitos impresos, conectores, molduras, enchufes e interruptores, cables, semiconductores encapsulados y otras aplicaciones en grandes y pequeños electrodomésticos.

El trióxido de antimonio funciona también como catalizador en la producción de tereftalato de polietileno (PET), agente de fusión en la fabricación de vidrio para lámparas y pantallas de computadoras y televisores, así como aditivo aplicado en pigmentos, pintura y cerámica.

La cantidad de SbO_3 utilizado en los AEE que contienen retardantes de llama es difícil de determinar, ya que sólo aplica como un agente sinérgico con los retardantes de llama halogenados. Sin embargo, existen rangos estimados por los cuales el contenido de trióxido de antimonio en los AEE puede oscilar entre el 1 y el 7% en peso en función del tipo de AEE cuando se aplica como retardante de llama y, entre el 0,1 y el 0,8% en peso, en función del tipo de AEE, cuando se aplica como aditivo en vidrio u otros materiales (Öko-Institut e.V., 2008).

A nivel internacional, dentro de la industria de los AEE existe la tendencia actual de utilizar retardantes de llama reactivos frente a los retardantes de llama aditivos, lo que probablemente resulte en una disminución futura del contenido de trióxido de antimonio en los AEE.

A nivel europeo, el trióxido de antimonio está clasificado como carcinógeno de categoría 3; con frase de riesgo "R40: posibles efectos cancerígenos". Debido a la escasez de datos disponibles sobre los efectos para la salud humana y a que los datos sobre los efectos ambientales aún no están consolidados, por el momento no se considera suficientemente justificada su inclusión en la Directiva RoHS.

La Asociación de la Industria Electrónica Estadounidense (EIA) ha calificado el antimonio como un "material de interés", dado que es un carcinógeno conocido. El EIA se ha fijado un umbral de nivel de antimonio de 1.000 ppm en relación a la fabricación de productos electrónicos.

2.3.3 Tetrabromobisfenol (TBBP)

El TBBP-A es el retardante de llama bromado más utilizado y producido en mayor volumen en la actualidad. Se utiliza mayoritariamente como retardante de llama reactivo en las placas de circuitos impresos y también se usa como aditivo retardante de llama en materiales poliméricos.

TBBP-A se utiliza principalmente en la fabricación de resinas epoxi y policarbonato piroretardantes. Cuando se utiliza como retardante de llama reactivo está unido covalentemente al polímero y se convierte en un constituyente del material base. De este modo se evita la lixiviación de la molécula o vaporización. El monómero residual libre es probable que sea menos de 200 ppm (o <0,02% en peso) con respecto a la resina que lo contiene (Öko-Institut e.V., 2008).

A nivel internacional, el uso de TBBP-A como **retardante de llama reactivo** representa el uso mayoritario de TBBP-A como retardante de llama. A nivel europeo se estima que este uso constituye aproximadamente el 90% del consumo de TBBP-A. Las dos aplicaciones principales son:

- Resinas epoxi en placas de circuito impreso: placas de circuito impreso laminadas rígidas o reforzadas normalmente en base a resina epoxi reforzada con fibra de vidrio (tipo FR4): se utiliza típicamente en computadoras y equipos de telecomunicaciones. Sobre todo en el segmento de mercado de alto precio, las de tipo FR4 laminadas se utilizan en aparatos de televisión, equipos informáticos, etc.
- Resinas epoxi para encapsular ciertos componentes electrónicos: por ejemplo, condensadores de plástico/papel, microprocesadores, transistores bipolares, módulos IGBT (*Integrated Gate Bipolar Transistor*), ASIC (*Application Specific Integrated Circuits*) y varistores de óxido de metal en placas de circuito impreso.

Como **aditivo retardante de llama**, el TBBP-A se añade a los polímeros para impartir propiedades retardantes de llama. No reacciona químicamente con los otros componentes del polímero, y, por tanto, pueden lixivarse o evaporarse fuera de la matriz de polímero. A nivel internacional, este uso como aditivo es minoritario, en Europa en particular representa aproximadamente el 10% del TBBP-A consumido. Su uso principal como un aditivo retardante de llama es en resinas de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS).



Las principales aplicaciones en las que se utilizan plásticos que contienen TBBP-A son las carcasas posteriores de televisores. Otros usos incluyen placas de circuito impreso, cubiertas de monitores de PC, componentes de impresoras, máquinas de fax y fotocopiadoras, aspiradoras, máquinas de café y enchufes/conectores. Por ejemplo:

- Las resinas de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) se utilizan en refrigeradores, otros electrodomésticos, máquinas de oficina y teléfonos.
- Las placas de circuitos impresos basados en papel de celulosa con resina fenólica reforzada se utilizan principalmente en aplicaciones de baja energía, como mandos a distancia para televisores, grabadores de vídeo, etc.

Cuando el TBBP-A se utiliza como un aditivo retardante de llama, se aplica generalmente con trióxido de antimonio como un sistema sinérgico para un máximo rendimiento.

En base a los datos disponibles sobre la evaluación de riesgos desarrollada en el ámbito de la UE, no se requieren ensayos ni medidas adicionales a las que actualmente se aplican en relación a la protección de la salud humana frente al TBBP-A puesto que no supone riesgos para trabajadores, consumidores y humanos expuestos a TBBP-A por vía ambiental en su uso como retardante de llama.

Sin embargo, en relación al medio ambiente, existe la necesidad de más información y/o ensayos para limitar el riesgo en los vectores acuáticos, incluidos los sedimentos y el vector terrestre. El TBBP-A es potencialmente muy tóxico para los organismos acuáticos y puede provocar efectos negativos en el medio ambiente acuático a largo plazo. Además, el TBBP-A se considera persistente (P) o potencialmente muy persistente (vP) y por tanto, puede acumularse en el medio ambiente. Actualmente está siendo evaluado como posible disruptor endocrino.

2.3.4 Ftalatos

Los ftalatos son derivados del éster de ácido ftálico y son ampliamente utilizados como plastificante (reblandecimiento) aditivo en plásticos flexibles, especialmente en el PVC. Estos pueden encontrarse como producto químico individual, tales como el dietilhexil



ftalato (DEHP), diisononil ftalato (DINP), o diisodocaftalato (DIDP) o mezclas de estos compuestos.

Los ftalatos pueden encontrarse en una amplia gama de aplicaciones de PVC, como componentes de tintas, adhesivos, pinturas, selladores o revestimientos de superficie.

Estos compuestos son reconocidos como uno de los contaminantes antropogénicos más abundantes en el medio ambiente, potencialmente tóxico para los humanos y la vida silvestre. En concreto el DINP y DIDP pueden tener efectos tóxicos sobre el hígado y el riñón (Öko-Institut e.V., 2008).

2.3.5 PVC

Los plásticos han ganado en importancia en los aparatos eléctricos y electrónicos, representando en promedio el 20% en peso de los AEE a nivel mundial. El PVC es uno de los principales plásticos utilizados en los AEE. Se utiliza principalmente como aislamiento y revestimiento de alambres y cables, así como en las telecomunicaciones, los sistemas de gestión de cables y carcasas de maquinaria de oficina (Öko-Institut e.V., 2008).

Los impactos ambientales y sobre la salud humana, debido a las aplicaciones de PVC implican principalmente las siguientes fuentes: (i) Las emisiones de cloro orgánico y mercurio durante la producción y el procesamiento de PVC que pueden ocurrir incluyendo posibles riesgos por accidentes tales como incendios, (II) La liberación de dioxinas y furanos puede ser causada por la electrólisis alcalina del cloro y oxiclación durante el proceso de producción y durante los procesos térmicos específicos y en el caso de los incendios no controlados y (iii) El impacto ambiental más grave se encuentra en la etapa de eliminación y reciclaje dentro del ciclo de vida del PVC.

El principal problema en el reciclado de PVC es su alto contenido en cloro (56% del peso del polímero) y los altos niveles de aditivos peligrosos añadidos al polímero para lograr la calidad deseada del material. Los aditivos pueden comprender hasta 60% del peso de un producto de PVC. De todos los plásticos, el PVC es el que utiliza una mayor proporción de aditivos.



2.4 Resumen de la presencia de COP y metales pesados en AEE

En las matrices siguientes se resume la presencia de las sustancias COP, metales pesados y de otras sustancias peligrosas de interés identificados en AEE por categorías y/o artículos (Tabla 2) y por componentes genéricos (Tabla 3).

Cada sustancia está también identificada por su situación a nivel internacional o regional en cuanto al acuerdo o regulación que establece su potencial prohibición/restricción. Se observa que las categorías 3 y 4 (equipos de informática y telecomunicaciones y aparatos de consumo) y algunos componentes como los tableros de circuito impreso y los cables son los que presentan, a priori, un mayor número de sustancias COP y metales pesados cuyo uso está restringido. También son destacables los dispositivos de alumbrado (categoría 5) por su extendida y relativamente elevada presencia de mercurio.



Tabla 2: Matriz de la presencia de COP, metales pesados y otras sustancias peligrosas de interés por categoría de AEE y/o producto/artículo.

Categoría AEE	Producto/Artículo	Componente	RoHS / CE	RoHS / CE	RoHS	RoHS / CM	RoHS	RoHS	CE		Candidato CE	Otras sustancias peligrosas				
			PBDE	PBB	Pb	Hg	Cd	Cr (VI)	PFOs	HBCD	SCCPs	TBBP-A	Phtalatos (DEHP, BBP, DBP)	Óxido antimonio	Berilio y compuestos	PVC
1	Grandes electrodomésticos											✓				
2	Pequeños electrodomésticos											✓				
3	Equipos de informática y telecomunicaciones		✓								✓	✓	✓	✓		✓
	Monitores PC tipo LCD					✓										
	Monitores PC tipo CRT		✓		✓		✓								✓	
		Placas base						✓								✓
		Cables			✓											
	Impresoras				✓						✓		✓		✓	
	Teléfonos celulares					✓									✓	
4	Aparatos de consumo		✓							✓	✓	✓	✓	✓		✓
	Televisores (monitores LCD)					✓									✓	
	Televisores (monitores CRT)		✓		✓		✓								✓	
5	Dispositivos de alumbrado															
	Lámparas fluorescentes				✓	✓										
	Lámparas de vapor de sodio/mercurio					✓										
6	Herramientas eléctricas y electrónicas															
7	Juguetes, artículos deportivos y de ocio															



Categoría AEE	Producto/Artículo	Componente	RoHS / CE	RoHS / CE	RoHS	RoHS / CM	RoHS	RoHS	CE		Candidato CE	Otras sustancias peligrosas					
			PBDE	PBB	Pb	Hg	Cd	Cr (VI)	PFOs	HBCD	SCCPs	TBBP-A	Phtalatos (DEHP, BBP, DBP)	Óxido antimonio	Berilio y compuestos	PVC	
8	Productos sanitarios																
9	Instrumentos de vigilancia y control																
10	Máquinas expendedoras																
11	Otros AEE no cubiertos por ninguna de las categorías anteriores																

RoHS: Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en AEE (denominada Directiva RoHS por sus siglas en inglés: Restriction of Hazardous Substances)

CE: Convenio de Estocolmo

CM: Convenio de Minamata

Tabla 3: Matriz de la presencia de COP, metales pesados y otras sustancias peligrosas de interés por componente en AEE.

Componente	RoHS / CE	RoHS / CE	RoHS	RoHS / CM	RoHS	RoHS	CE		Candidato CE	Otras sustancias peligrosas				
	PBDE	PBB	Pb	Hg	Cd	Cr (VI)	PFOs	HBCD	SCCPs	TBBP-A	Phtalatos (DEHP, BBP, DBP)	Óxido antimonio	Berilio y compuestos	PVC
Interruptores, enchufes, conectores, sensores, etc.				✓	✓					✓		✓		
Relés				✓	✓								✓	
Placas de circuito impreso (incluyendo soldaduras)	✓		✓		✓					✓		✓	✓	
Cables			✓		✓			✓	✓			✓		
Condensadores			✓							✓				
Fusibles										✓				
Semiconductores (diodos, transistores, etc.)										✓		✓		
Recubrimientos			✓		✓	✓			✓		✓			

3. Composición de los AEE/RAEE por categorías

Además de contener algunos COP y metales pesados, los AEE y sus componentes presentan composiciones muy diversas, pudiendo contener más de 1.000 sustancias diferentes, ya sean consideradas como "peligrosas" o "no peligrosas". En términos generales, los AEE constan de metales ferrosos y no ferrosos, plásticos, vidrio, madera y madera contrachapada, tableros de circuito impreso, hormigón y cerámica, caucho y otros elementos. El hierro y el acero constituyen aproximadamente el 50% de los AEE seguidos de los plásticos (21%), los metales no ferrosos (13%) y otros constituyentes. Como metales no ferrosos se consideran el cobre, el aluminio y los metales preciosos, por ejemplo la plata, el oro, el platino, el paladio, etc.

El estudio de la composición de los AEE es de suma importancia puesto que la presencia de elementos como plomo, mercurio, arsénico, cadmio, selenio, cromo hexavalente y retardantes de llama en los AEE y sus componentes más allá de las cantidades máximas establecidas por los reglamentos sobre residuos peligrosos de los diferentes países, cataloga estos aparatos como residuos peligrosos al final de su vida útil (UNEP, 2007a), lo que implica un manejo específico para la separación de los componentes peligrosos (descontaminación) y posterior tratamiento.

De acuerdo con la definición de la Directiva 2012/19/UE sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, éstos se clasifican en diez categorías orientadas desde la perspectiva del productor de los equipos, las cuales ya han sido enumeradas en el apartado 1.2.

De acuerdo con datos levantados en el ámbito de la Unión Europea por varias fuentes citadas en CyV Medioambiente (2010), de las diez categorías listadas, las categorías 1 a 4 dan cuenta de casi 95 por ciento del total de RAEE generados tal y como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4: Composición por categorías (en % en peso) del total de RAEE generados en la UE.

Nº	Categorías	Composición (% en peso)
1	Grandes electrodomésticos	42,1
2	Pequeños electrodomésticos	33,9
3	Equipos de informática y telecomunicaciones	13,7
4	Aparatos eléctricos de consumo	4,7
5	Aparatos de alumbrado	1,9
6	Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)	1,4
7	Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre	0,2
8	Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados o infectados)	1
9	Instrumentos de vigilancia y control	1
10	Máquinas expendedoras	0,7

Fuente: Asociación de Fabricantes de Plásticos en Europa: Plásticos – Imagen del Consumo y Recuperación en Europa Occidental 2000, citado en International Copper Study Group (2003) y en CyV Medioambiente (2010).

Esta clasificación se basa en una perspectiva de producción o de consumo, pero no considera aspectos de reciclaje. Teniendo en cuenta diferentes criterios para este último aspecto (principalmente la necesidad de un transporte seguro y/o la necesidad de recuperar componentes peligrosos), la misma Directiva propone una nueva clasificación en 6 categorías a partir de 15 de agosto de 2018:

1. Aparatos de intercambio de temperatura.
2. Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficie superior a los 100 cm².
3. Lámparas.

4. Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm).
5. Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm).
6. Equipos de informática y telecomunicaciones pequeños (sin ninguna dimensión exterior superior a los 50 cm).

La composición particular de cada tipo de AEE determina el posterior potencial de reciclaje una vez se han convertido en RAEE por lo que en este punto es necesario el estudio de la composición por categorías de RAEE desde el punto de vista del reciclaje.

En los siguientes subapartados se describen los principales componentes y sustancias peligrosas contenidos en los RAEE, el alcance y detalle del análisis viene determinado por la existencia de referencias bibliográficas y la representatividad de la categoría de RAEE con respecto al total de RAEE generados. Las categorías finalmente estudiadas son las siguientes:

- Grandes electrodomésticos
- Pequeños electrodomésticos
- Equipos de informática y telecomunicaciones
- Aparatos de consumo
- Dispositivos de alumbrado
- Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)
- Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre

Por la ausencia de referencias y su baja representatividad con respecto al total de RAEE, no se detallan explícitamente en este apartado las categorías de aparatos de uso médico, instrumentos de vigilancia y control y máquinas expendedoras.

En general, a lo largo del apartado, se confirma que son los equipos informáticos y de telecomunicaciones, los aparatos de consumo y las lámparas los que, en proporción contienen mayores porcentajes de sustancias COP y metales pesados.

3.1 Grandes electrodomésticos

En este grupo se encuentran los grandes electrodomésticos como aparatos de refrigeración, calefacción eléctrica y otros electrodomésticos grandes (lavavajillas, cocinas, lavadoras).

Entre los componentes más comunes de los electrodomésticos se encuentran los motores eléctricos, placas de circuito, transformadores, condensadores (asociados con el motor eléctrico), interruptores, cableado y alguna forma de aislamiento térmico, como envolturas de plástico que contienen retardantes de llama.

Aunque ciertos electrodomésticos llevan incorporadas sustancias peligrosas en su constitución, su porcentaje en general es bajo (1%), y generalmente están presentes como aditivos de plásticos y cables. En la Tabla 5 se muestra la composición promedio de los grandes electrodomésticos.

Tabla 5: Composición (en % en peso) de los grandes electrodomésticos generados en la UE.

Material	% en peso
Hierro metal	43
Aluminio	14
Cobre	12
Plomo	1,6
Cadmio	0,0014
Mercurio	0,000038
Oro	0,00000067
Plata	0,0000077

Material	% en peso
Paladio	0,0000003
Plásticos bromados	0,29
Plásticos	19
Vidrio con plomo	0
Vidrio	0,017
Otros	10
Total	100

Fuente: <http://www.ewasteguide.info/node/4074>

Los principales avances históricos en el diseño y composición de esta categoría de RAEE incluyen:

- La eliminación del uso de SAO (sustancias que agotan el ozono) en los aparatos de refrigeración.
- Mejoras en la eficiencia energética de los electrodomésticos.
- Reducción del consumo de agua en las lavadoras y lavaplatos.
- Eliminación de la utilización de materiales y componentes potencialmente peligrosos a través de la aplicación de criterios de ecodiseño por parte de los fabricantes.

3.2 Pequeños electrodomésticos

Los principales tipos de equipos en esta categoría son las aspiradoras, planchas y aparatos de cocina como tostadoras, freidoras y teteras. Las carcasas y partes metálicas han dado paso al uso de plásticos, en gran parte debido al costo y la flexibilidad en el diseño.

Solamente los aparatos más antiguos pueden contener sustancias peligrosas. Por ejemplo, las almohadillas de aislamiento térmico podrían contener amianto. En la Tabla 6 se muestra la composición promedio de los pequeños electrodomésticos.

Tabla 6: Composición (en % en peso) de los pequeños electrodomésticos generados en la UE.

Material	% en peso
Hierro metal	29
Aluminio	9,3
Cobre	17
Plomo	0,57
Cadmio	0,0068
Mercurio	0,000018
Oro	0,00000061
Plata	0,000007
Paladio	0,00000024
Plásticos bromados	0,75
Plásticos	37
Vidrio con plomo	0
Vidrio	0,16
Otros	6,9
Total	100

Fuente: <http://www.ewasteguide.info/node/4074>

3.3 Equipos de informática y telecomunicaciones

Dentro de este grupo se incluyen las computadoras, monitores, impresoras, celulares, así como las placas de circuitos impresos, entre otros.

Los monitores CRT (tubos de rayos catódicos) son equipos que presentan un riesgo ambiental importante cuando se eliminan al final de su vida útil por la cantidad y variedad de sustancias peligrosas que suelen contener. Los monitores CRT funcionan por medio de un cañón que dispara electrones (a través de un tubo de rayos catódicos) constantemente a la pantalla que se encuentra cubierta de fósforo, el cual se ilumina al entrar en contacto con los electrones. Esta interacción produce los colores de las imágenes de los televisores. Los CRT contienen: bario, éteres de difenilos polibromados (PBDE), cadmio (sólo en los tubos de rayos catódicos más antiguos) y plomo.

La tecnología CRT ha sido desplazada durante la última década por la LCD, la cual utiliza cristales líquidos entre dos placas que trabajan mediante una luz de fondo para iluminar millones de diminutos píxeles. Esta luz de fondo consiste en la tecnología de retroiluminación CCFL, lámparas fluorescentes catódicas frías que emiten una luz blanca a través de la parte posterior de la pantalla LCD y que contienen mercurio.

Actualmente, la iluminación CCFL en pantallas LCD está siendo, sustituida por la tecnología LED, la cual consiste en un dispositivo semiconductor con mejor rendimiento, eficiencia energética y el cual no contiene mercurio.

Respecto a los monitores y computadoras, estos contienen un elevado porcentaje de materiales plásticos en sus carcasas, los cuales pueden contener retardantes de llama bromado (BFR). Actualmente estos compuestos están siendo sustituidos por las principales marcas aunque su grado de sustitución depende de cada marca y de la categoría de artículo, detalle que se describe en el apartado 4.3.1.5 de este informe.

En cuanto a la recuperación de metales a través de su reciclaje, de los celulares pueden recuperarse metales preciosos y plomo a partir de circuitos electrónicos. Respecto a los computadores, el plomo y el mercurio suelen ser constituyentes base los cuales deben utilizarse en un porcentaje determinado y ser recuperados posteriormente. Los interruptores también pueden contener mercurio. Otros componentes peligrosos son el berilio de las placas base y el PVC de las partes plásticas de los computadores, cuya incineración genera dioxinas.

En la Figura 1 se muestra la composición promedio de los equipos de informática y telecomunicaciones en base al estudio WRAP (2012).

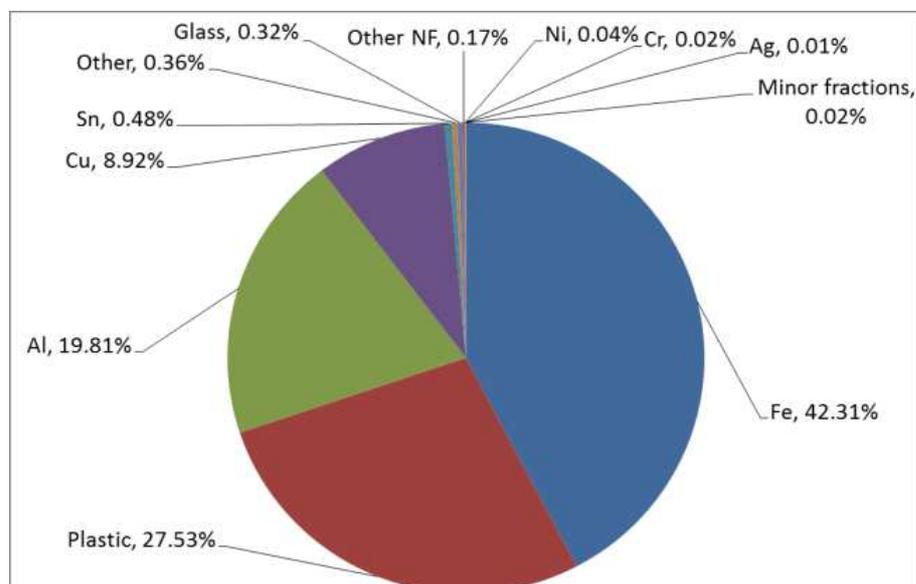


Figura 1: Composición promedio de los equipos de informática y telecomunicaciones.

Fuente: WRAP, 2012.

3.4 Aparatos de consumo

Esta categoría incluye televisores, radios, equipos de alta fidelidad, reproductores de vídeo y CD, así como reproductores de DVD. En concreto, la tendencia en los televisores ha sido hacia un formato de pantalla ancha, resultando en un aumento significativo en el tamaño de los modelos CRT. Sin embargo, aunque no se ha manifestado aún de manera significativa en el flujo de residuos, se debe remarcar el aumento de venta de televisores de pantalla plana (pantallas LCD y de plasma), las cuales están sustituyendo a los televisores CRT.

El cristal presente en los monitores y televisores puede contener el 20% en peso de plomo con respecto al peso total del cristal, metal que también se encuentra en cantidades significativas en los tubos de rayos catódicos (CRT).

En general, los componentes en esta categoría incluyen caja de plástico, posiblemente, una estructura de metal (aluminio), placas de circuito, paneles de visualización (LCD/LED), unidades de motor (CD/DVD/VCR y ocasionalmente en algunos sintonizadores de radio), y el cableado eléctrico externo.

En la Figura 2 se muestra la composición promedio de los aparatos de consumo en base al estudio WRAP (2012).

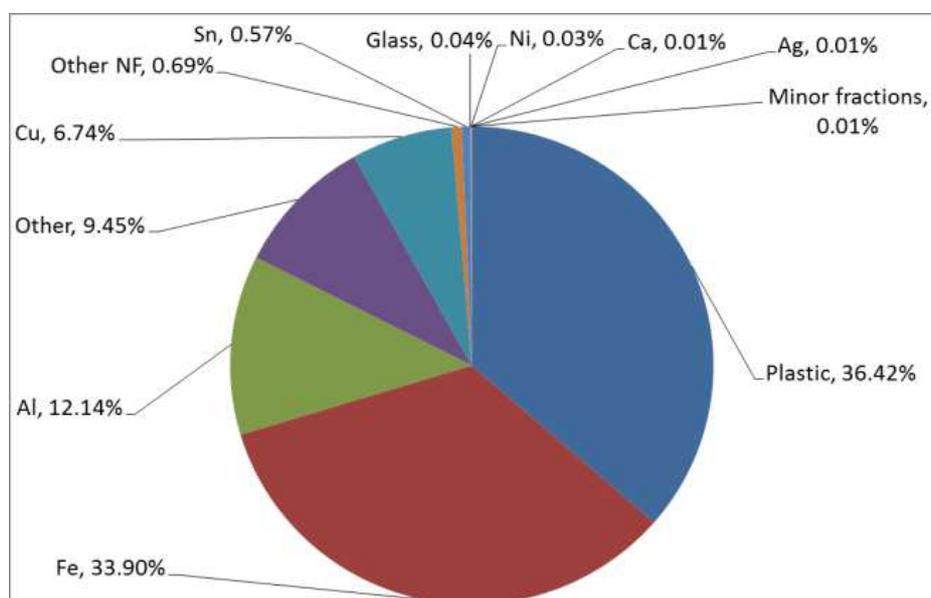


Figura 2: Composición promedio de los aparatos de consumo.

Fuente: WRAP, 2012.

3.5 Dispositivos de alumbrado

El mercurio es un componente esencial en una lámpara fluorescente, ya que el arco eléctrico ioniza el mercurio, este se excita generando luz ultravioleta, la cual a su vez excita el revestimiento fluorescente de la lámpara, emitiendo luz visible.

En general los dispositivos de alumbrado puede dividirse en dos grupos: (1) las fuentes de luz asimétricas y (2) las fuentes de luz lineales de doble casquillo. El primer grupo incluye incandescente, tungsteno / halógeno y las lámparas fluorescentes compactas (LFC). El segundo grupo incluye las lámparas fluorescentes rectas las cuales presentan conexiones en ambos extremos.

Las lámparas incandescentes (a menudo conocidas como lámparas GLS) son la fuente de luz más utilizada en el sector residencial, aunque cabe remarcar que son la de menor eficiencia energética e inferior vida útil. Por otra parte las lámparas fluorescentes (doble punta) han estado en uso desde la década de 1940 y, en comparación con las lámparas incandescentes, han introducido avances importantes en cuanto a la eficiencia energética y el tamaño. Por ejemplo, el desarrollo de las lámparas fluorescentes compactas (LFC) en la década de 1980, represento una alternativa a las lámparas GLS en el sector residencial, pero con mayor eficiencia energética y tiempos de vida útil superiores.

La investigación continúa con nuevos modelos de lámparas hacia la reducción del contenido en mercurio. En la década de los 70, el contenido típico de mercurio era aproximadamente de 100 mg/lámpara, en los 90 se redujo a menos de 20 mg/lámpara y hoy en día se sitúa en torno a los 5 y 10 mg / lámpara en promedio. Cabe remarcar que las emisiones de mercurio al medio ambiente deben ser consideradas en términos de ciclo de vida, debido a que el mercurio es emitido a partir de combustibles fósiles durante la generación de electricidad. En consecuencia, las emisiones totales de mercurio durante la vida útil de una bombilla para LFC, más el contenido de mercurio de la LFC, es menor al número de lámparas incandescentes equivalentes que se utilizarían durante el mismo curso de la vida. Esto es debido a que las lámparas fluorescentes compactas (LFC) son más eficientes energéticamente.

En la Tabla 7 se muestra la composición promedio de los dispositivos de alumbrado.

Tabla 7: Composición (en % en peso) de los dispositivos de alumbrado generados en la UE.

Material	% en peso
Aluminio	14
Cobre	0,22
Plomo	-
Cadmio	-
Mercurio	0,02
Oro	-
Plata	-
Paladio	-
Indio	0,0005
Plásticos bromados	3,7
Plásticos	0
Vidrio con plomo	0
Vidrio	77
Otros	5
Total	100

Fuente: <http://www.ewasteguide.info/node/4074>

3.6 Herramientas eléctricas y electrónicas

Las pocas referencias bibliográficas disponibles al respecto de la composición de las herramientas eléctricas y electrónicas confirman la minoritaria presencia de sustancias peligrosas. En la Figura 3 se muestra la composición promedio en base al estudio WRAP (2012).

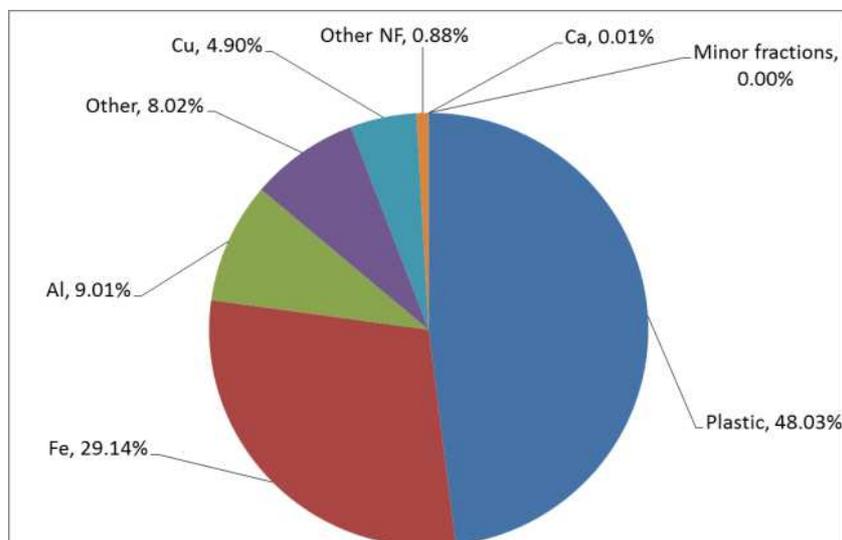


Figura 3: Composición promedio de las herramientas eléctricas y electrónicas.

Fuente: WRAP, 2012.

3.7 Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre

Existen pocas referencias bibliográficas disponibles al respecto de la composición de los juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre ya que la categoría puede agrupar gran variedad de artículos. En la Figura 4 se muestra la composición promedio en base al estudio WRAP (2012).

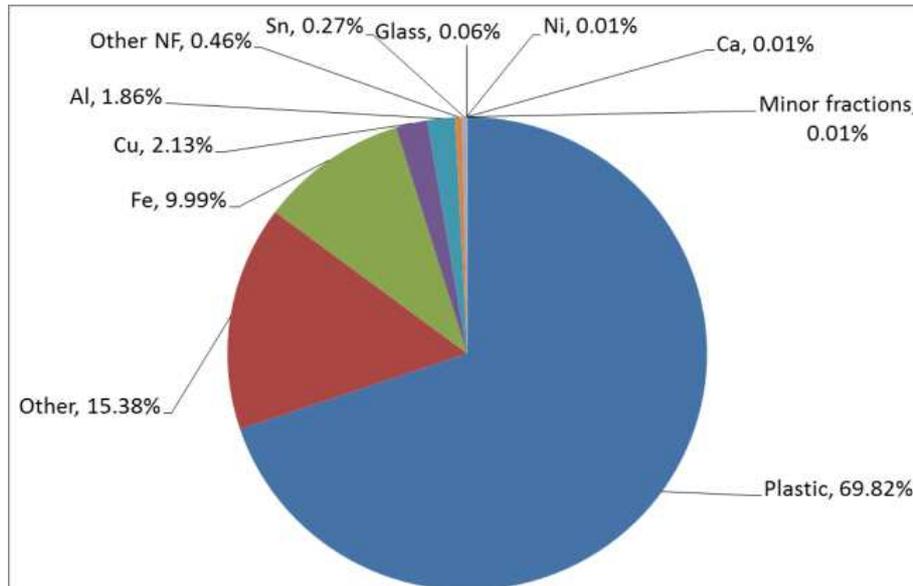


Figura 4: Composición promedio de los juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre.

Fuente: WRAP, 2012.

4. Antecedentes sobre el control y manejo de los AEE a nivel internacional

El uso de aparatos electrónicos se ha multiplicado en la sociedad actual, con mejores rendimientos técnicos, continuas innovaciones y un mayor acceso a la tecnología en todas las partes de este mundo. Artículos como teléfonos celulares, computadoras y televisores se actualizan con más frecuencia que nunca.

Este rápido crecimiento en el volumen de los productos electrónicos implica que los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) sean actualmente el flujo de residuos con mayor crecimiento en el mundo. En esta etapa de su ciclo de vida, como residuo, muchas de las sustancias químicas preocupantes utilizadas en la electrónica se liberan involuntariamente al medio ambiente, con consecuencias de largo alcance para la salud humana, así como la vida animal y vegetal.

Existe una amplia gama de medios y medidas para influir en la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), su gestión y los impactos asociados. Estos van desde la restricción de su generación a través de un mejor diseño de los AEE, la mejora de los esquemas de reciclaje y reutilización, la introducción de programas de "Responsabilidad Extendida del Productor" (REP), así como las opciones a final de línea como son los rellenos sanitarios técnicamente diseñados para tales fines. Diversos gobiernos a nivel internacional han aplicado principios bien establecidos, tales como «quien contamina paga», «más vale prevenir que curar» y el "principio de precaución", los cuales se han aplicado a este tipo de iniciativas en un esfuerzo por lograr un equilibrio entre el mantenimiento de los beneficios de los AEE y la minimización de los costos ambientales y sobre la salud humana de los RAEE. Tales iniciativas pueden ir desde el patrocinio de planes voluntarios a la implementación de legislación.

A continuación se realiza una breve revisión de las iniciativas realizadas por varios países y regiones hasta la fecha, así como de las principales iniciativas internacionales relacionadas con el control y manejo de los AEE durante su ciclo de vida.

4.1 Experiencias en las principales regiones/países

4.1.1 Unión Europea

La Unión Europea, así como los distintos Estados miembros y los no miembros tienen un largo recorrido en la investigación y desarrollo de políticas sobre RAEE. La preocupación acerca de las consecuencias y los impactos del vertido y/o incineración de los RAEE se ha traducido en la promulgación de dos Directivas clave:

- (a) Directiva RAEE: impone a los fabricantes y distribuidores obligaciones de recolección selectiva y reciclado de RAEE además de obligaciones encaminadas a la prevención de los mismos.
- (b) Directiva RoHS: prohíbe el uso de seis sustancias peligrosas en los AEE y restringe su contenido hasta determinados niveles de concentraciones máximas. Desde el 1º de julio de 2006, los nuevos AEE puestos en el mercado no pueden contener plomo, mercurio, cadmio, cromo hexavalente, PBB o PBDE salvo exenciones específicas.

4.1.1.1 Directiva RAEE (2012/19/UE)

El objeto de esta Directiva es contribuir a la sostenibilidad en la producción y consumo por medio de la prevención de la generación de RAEE. También incluye la reutilización, el reciclado y otras formas de valorización de dichos residuos, con la finalidad de reducir su eliminación y contribuir a la utilización eficaz de los recursos y a la recuperación de materias primas secundarias. Por otra parte, se pretende mejorar el comportamiento medioambiental de los principales actores implicados en el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, como pueden ser productores, distribuidores y consumidores.

El 15 de febrero de 2014 la Unión Europea derogó la primera Directiva sobre RAEE (2002/96/CE), indicando la fecha límite para que los Estados miembros incorporen a su legislación las modificaciones necesarias contempladas en la nueva Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE.

Las diferentes legislaciones nacionales pueden implicar que los distintos agentes económicos soporten cargas financieras desiguales, reduciendo la eficacia de las políticas de reciclado. Debido a esto, se está estudiando el establecimiento de criterios unificados a escala europea y la elaboración de normas mínimas en relación al tratamiento de los RAEE.

Con respecto a la regulación de los traslados de RAEE, la Directiva establece que las operaciones de tratamiento también podrán realizarse fuera del Estado miembro respectivo o fuera de la Unión, a condición de que el traslado de los RAEE cumpla lo dispuesto en el Reglamento (CE) no 1013/2006 y en el Reglamento (CE) no 1418/2007 de la Comisión, de 29 de noviembre de 2007, relativo a la exportación, con fines de valorización, a determinados países a los que no es aplicable la Decisión de la OCDE sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos.

Para garantizar que los traslados de AEE usados que pudieran ser RAEE se lleven a cabo de acuerdo con unos requisitos mínimos y se controlan dichos traslados, el Anexo VI de la Directiva incluye una serie “Requisitos mínimos para los traslados”.

4.1.1.2 *Directiva RoHS (2011/65/UE)*

La Directiva RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*) del Parlamento Europeo y su Consejo fue inicialmente aprobada el 27 de enero de 2003 (2002/95/CE) estableciendo restricciones en el uso de seis sustancias peligrosas (Pb, Hg, Cd, Cr (VI), PBB o PBDE) en los nuevos aparatos eléctricos y electrónicos puestos en el mercado a partir de 1º de julio de 2006 con excepción de ciertas aplicaciones especiales.

El año 2011 se introducen un cierto número de cambios sustanciales en esta Directiva, a través de la nueva Directiva 2011/65/UE, que entró en vigor el 21 de julio de 2011 y exige a los Estados miembros a transponer las disposiciones en sus respectivas legislaciones nacionales antes del 2 de enero de 2013.

En términos generales, la Directiva RoHS se aplica a las siguientes categorías de productos: grandes y pequeños electrodomésticos, equipos de informática y telecomunicaciones, aparatos de consumo, dispositivos de alumbrado, herramientas eléctricas y electrónicas, juguetes, artículos deportivos y de ocio, productos sanitarios, instrumentos de vigilancia y control, máquinas expendedoras y otros AEE. Además, en el Anexo II identifica las sustancias restringidas y sus valores máximos de concentraciones tolerables en peso¹¹

Dentro de las modificaciones fundamentales introducidas a la nueva Directiva de la RoHS (2011/65/UE) se encuentran las siguientes áreas:

- 1) **Ámbito de aplicación:** se prevé una extensión gradual de los requisitos para todos los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE), los cables y las piezas de recambio, además de revisar periódicamente este ámbito de aplicación.
- 2) **Restricción de sustancias nuevas:** se incluye una metodología para la evaluación de nuevas sustancias peligrosas en los AEE con miras a criterios relacionados con los residuos y se prevé una revisión de la lista de sustancias restringidas.
- 3) **Exenciones:** normas más claras y transparentes para la concesión, renovación o eliminación de exenciones y la obligación de los fabricantes para solicitar exenciones y llevar a cabo la necesaria evaluación.
- 4) **Coherencia con otra legislación de la UE:** nuevo marco legislativo (etiquetado “CE” y declaración de conformidad); y Reglamento (CE) N° 1907/2006 relativo al Registro, la Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas (REACH¹²).

En este sentido cabe destacar que todos los AEE dentro del ámbito de aplicación de la RoHS que se hayan puesto en el mercado a partir del 2 de enero de 2013 están sujetos a las obligaciones del etiquetado “CE”. La marca “CE” se aplica principalmente a los productos terminados y no a los componentes.

¹¹ Directiva 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 8 de junio de 2011 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
<http://www.icqc.co.uk/userfiles/File/Directive%20Rohs%202011%2065%20UE.pdf>

¹² Sigla en inglés correspondiente a “Regulation on Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals”

Aunque es una Directiva de ámbito europeo, se considera una regulación de referencia a nivel mundial puesto que afecta a todos los fabricantes de AEE. Legislaciones análogas a la Directiva RoHS se han implementado en China, Japón, Corea del Sur y California.

4.1.1.3 Reglamento (CE) No 1013/2006 relativo a los traslados de residuos

Dado que los RAEE son una fuente importante de residuos peligrosos, es importante considerar la legislación sobre el control de los traslados transfronterizos de residuos.

El Reglamento (CE) No 1013/2006 integra en la legislación comunitaria las disposiciones del Convenio de Basilea y la revisión de la decisión sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos con destino a operaciones de valorización adoptada por la OCDE en el año 2001.

Este Reglamento refuerza, simplifica y especifica los procedimientos actuales de control de los traslados de residuos para mejorar la protección medioambiental con el fin de reducir el riesgo de traslados de residuos no controlados, define dos procedimientos en particular:

- el procedimiento denominado de la «lista verde»: se aplica a los residuos no peligrosos que van a ser valorizados;
- el procedimiento de notificación: se aplica a los traslados de todos los residuos que van a eliminarse y de los residuos peligrosos que van a ser valorizados.

El Reglamento se aplica a casi todos los tipos de residuos objeto de traslados. Únicamente quedan excluidos los residuos radioactivos y de otros tipos que estén sujetos a regímenes de control distintos.

4.1.2 Estados Unidos

La diversidad de las iniciativas de políticas sobre RAEE en los EE.UU. pone de relieve la complejidad de las relaciones federales - estatales. Varios Estados individuales están avanzando mucho más rápido con la legislación local, las prohibiciones y las iniciativas relacionadas con los RAEE, los cuales han evolucionado desde la prohibición de vertido de determinados RAEE en rellenos sanitarios hacia esquemas más elaborados de responsabilidad extendida del productor (REP) destinados a equipos informáticos, televisores y otros aparatos de consumo.

En al menos 25 estados existen leyes de desechos electrónicos¹³, siendo California el primer estado que promulgó una Ley de Reciclaje de Desechos Electrónicos (2003) con el fin de establecer un sistema de financiación para la recogida y reciclado de ciertos residuos electrónicos en base a las provisiones de las Directivas europeas RAEE y RoHS. La Ley 20 del Senado de California inicialmente afectó sólo a CRT, LCD y pantallas de plasma de más de cuatro pulgadas pero fue modificada por la Ley 50 del Senado (SB20 / SB50) que amplió la cobertura a los productos renovados por el fabricante para la venta al por menor. Los elementos clave de la mencionada Ley de Reciclaje de Desechos Electrónicos incluyen:

- Reducción de sustancias peligrosas utilizadas en ciertos productos electrónicos vendidos en California.
- Recolección de una cuota de reciclaje de residuos electrónicos en el punto de venta de ciertos productos.
- Distribución de pagos de recuperación y reciclaje a las entidades/organismos cualificados para cubrir el costo de la recogida de residuos electrónicos y su reciclaje.
- Directiva para recomendar criterios de compra ambientalmente preferidos para las compras de la agencia estatal de ciertos equipos electrónicos.

¹³ <http://www.electronicrecycling.org/public/default.aspx>

4.1.3 Canadá

El Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente (CCME) aprobó en octubre de 2009 el Plan de Acción para la Responsabilidad Extendida del Productor (CAP-EPR), por el cual las jurisdicciones se comprometieron en el desarrollo de una legislación marco y los correspondientes reglamentos sobre la responsabilidad extendida del productor (REP), así como la promoción de un enfoque armonizado de las políticas y programas REP en Canadá.

El CAP-EPR ha tenido una influencia positiva en el establecimiento de programas y/o requisitos de la REP en todo el territorio canadiense. Desde su adopción, nueve de diez provincias han legislado programas o requisitos sobre REP y el número de categorías de artículos cubiertas por estos programas o requisitos se ha casi triplicado. A la fecha, las jurisdicciones continúan expandiendo sus programas o requisitos, cubriendo casi la mitad de las categorías de artículos identificados en el CAP-EPR.

En la implementación de un enfoque REP global para Canadá, las jurisdicciones han trabajado satisfactoriamente hacia el cumplimiento de los objetivos del plan, sin embargo, se han encontrado con una serie de desafíos, incluyendo el tema de la armonización, retrasos en la ejecución de programas o requisitos REP y el lento progreso en algunas áreas del plan (como por ejemplo, el caso de las lámparas que contienen mercurio) los cuales deberán abordarse en los años próximos.

4.1.4 Latinoamérica y Caribe

A nivel regional, la Plataforma Regional de Residuos Electrónicos en Latinoamérica y el Caribe (RELAC) tiene por objetivo es fomentar, articular y difundir iniciativas que promuevan soluciones para la prevención, la adecuada gestión y el correcto tratamiento final de los residuos electrónicos de computadoras en LAC. Los principales campos de acción son:

- **Prevención:** extensión de exigencias de estándares internacionales medioambientales para los equipos computacionales importados y clonados.
- **Reacondicionamiento:** vinculación en proyectos sociales de reutilización y reacondicionamiento de equipos computacionales que se comprometen con la extensión de la vida útil de los PC y la disminución de la brecha digital.
- **Reciclaje:** estrategias ambientalmente sustentables que garanticen la adecuada gestión de los residuos electrónicos de PC en la Región.

De acuerdo a lo descrito en el documento de Lineamientos para la gestión de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Latinoamérica (RELAC, 2011), el reciclaje formal de los residuos electrónicos en américa latina es una actividad bastante nueva. En países como Chile, Argentina, Perú, Colombia y Brasil, se identifican empresas que reciclan metales las cuales comienzan a trabajar en el mercado de reciclaje de los RAEE, sin embargo, las cantidades recicladas no son significativas principalmente por la falta de regulación, así como también infraestructura apta para esta actividad.

Países como Argentina, Perú y Colombia muestran importantes avances sobre la gestión de este tipo de residuos, desde la aparición de normativa específica hasta la creación de los SIG para algunos residuos particulares.

Tabla 8: País y su normativa asociada a la gestión de RAEE.

País	Normativa Asociada
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> - 1974 Decreto Ley 2811, dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. - 2005 Decreto 4741, "Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o residuos peligrosos generados en el marco de la gestión integral" - 2007 Acuerdo de Concentración y mesas de trabajo con sector telefonía móvil y bombillas - 2010 Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos <ul style="list-style-type: none"> o Resolución 1511 Bombillas o Resolución 1297 Pilas y Acumuladores portátiles

País	Normativa Asociada
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Resolución 1512 Computadores y/o periféricos - 2013 Ley 1672 "Por La Cual Se Establecen Los Lineamientos Para La Adopción De Una Política Pública De Gestión Integral De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos (RAEE), Y Se Dictan Otras Disposiciones".
Perú	<ul style="list-style-type: none"> - 2012 Reglamento Nacional para la Gestión y Manejo de RAEE - 2013 Directiva de Baja y Donación de RAEE - 2012 Normas Técnicas. Gestión de Residuos. Manejo de RAEE. (Generalidades) - 2012 Normas Técnicas. Gestión de Residuos. Manejo de RAEE. (Generación, Recolección Interna, clasificación y Almacenamiento; Centro de Acopio)
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> - 1992 Ley Nacional 24.051 - Proyecto de Ley de RAEE del Senador Filmus

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2015.

4.2 Escenario actual y futuro de la Agenda Química Internacional

A continuación se presenta una síntesis sobre las exigencias, recomendaciones y obligaciones de la agenda química internacional a momento actual y futuro en cuanto a la comercialización, importación/exportación y gestión de los compuestos abordados en el presente estudio y los aparatos/residuos que los contienen (AAE/RAEE).

4.2.1 Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE

La incorporación de Chile a la OCDE ha implicado cumplir con varios compromisos obligatorios en materia medioambiental abordando temas específicos a través de actos vinculantes que estipula la OCDE para sus países miembros. Estos actos establecen, entre otras materias, la minimización del riesgo de las sustancias químicas en todo su ciclo de vida y la necesidad de comunicar y hacer partícipes en los planes de emergencia a los posibles afectados por dichos riesgos (tanto empleados como comunidad).

Ante estos compromisos, Chile decidió desarrollar acciones concretas a través de grupos intersectoriales de trabajo. En relación a las sustancias químicas, se está trabajando en el cumplimiento de 20 instrumentos que abordan los siguientes temas:

- ✓ Aceptación mutua de datos y buenas prácticas de laboratorio.
- ✓ Principios generales de manejo de sustancias químicas y nuevas sustancias químicas, así como manejo de sustancias químicas existentes.
- ✓ Exportación de sustancias químicas prohibidas o estrictamente restringidas.
- ✓ Derechos de propiedad y confidencialidad.
- ✓ Planificación, prevención y respuesta ante accidentes químicos.
- ✓ Gestión de sustancias químicas especiales.

En el ámbito de la gestión de residuos, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), en la Evaluación de Desempeño Ambiental del país del año 2005, estableció una serie de recomendaciones para fomentar la valorización de residuos en Chile, tales como: “Profundizar la aplicación de los principios el que contamina paga y el usuario paga mediante cargos apropiados sobre el manejo de residuos” y “evaluar las posibilidades de introducir instrumentos económicos nuevos como cargos por residuos peligrosos, entre otros”. Los instrumentos económicos que propone la OCDE permiten internalizar, en el momento mismo del acto de consumo, la externalidad asociada al producto demandado. Entre los instrumentos económicos más utilizados para el control de externalidades se reconocen instrumentos de precio y de cantidad. En el contexto internacional, más de 45 países utilizan instrumentos de cantidad para promocionar la valorización de residuos a través del mecanismo Responsabilidad Extendida del Productor (REP).

La OCDE define la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) como un enfoque de la política ambiental en el que la responsabilidad del productor por un producto se extiende a la etapa de post-consumo del ciclo de vida del producto. Una política de REP se caracteriza por:

- 1) El desplazamiento de la responsabilidad (física y/o económicamente; total o parcialmente) de forma ascendente hacia el productor y lejos de los municipios; y
- 2) La concesión de incentivos a los productores a tomar en cuenta las consideraciones ambientales en el diseño de sus productos.

Mientras que otros instrumentos políticos tienden a centrarse en un solo punto de la cadena, REP busca integrar aspectos relacionados con las características ambientales de los productos y procesos de producción en toda la cadena de producción.

Desde 1994, la OCDE ha publicado varios informes sobre REP y, en particular un Manual de orientación para los gobiernos que proporciona información acerca de los problemas y los beneficios potenciales y los costos asociados al enfoque REP. Basándose en la experiencia de los países de la OCDE, el Manual ofrece una serie de principios para guiar a los responsables políticos a medida que toman decisiones sobre políticas y programas de REP.

En este marco, Chile está desarrollando la Ley basada en la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), la cual se describe en el apartado 5.1.1.

Con respecto al traslado transfronterizo de residuos, la Decisión del Consejo de 14 de junio de 2001, relativa al Control de Movimientos Transfronterizos de Residuos destinados a operaciones de valorización (Decisión C (2001)107/Final), establece las siguientes condiciones:

- (a) Que las instalaciones a las que se destinen los residuos, los valoricen de forma ambientalmente racional de acuerdo a las leyes, reglamentos y prácticas nacionales a las que esté sujeta la instalación.
- (b) Que todas las personas involucradas en los traslados e instalaciones tengan la condición jurídica adecuada, de conformidad con la legislación y reglamentos nacionales.
- (c) Que los movimientos transfronterizos se lleven a cabo en los términos de los acuerdos de transporte internacionales aplicables.

(d) Que cualquier tránsito de residuos a través de un tercer país esté sujeto al derecho internacional y a todas las leyes y reglamentos nacionales aplicables.

Asimismo, la Decisión establece dos procedimientos de control para los movimientos transfronterizos de residuos:

- **Ámbar** para residuos peligrosos, procedimiento que coincide con el del Convenio de Basilea, incluyendo los residuos de los Anexos II y VIII del mencionado Convenio más otros residuos adicionales que los Estados miembros de la OCDE hayan acordado.
- **Verde** para residuos no peligrosos, los cuales están sujetos a todos los controles existentes normalmente aplicados en transacciones comerciales, incluyendo los residuos del Anexo IX del Convenio de Basilea más otros residuos adicionales que los Estados miembros de la OCDE hayan acordado.

La OCDE contempla un listado más amplio que el Convenio de Basilea para residuos peligrosos, en el caso de la lista ámbar, por ejemplo, encontramos: residuos conteniendo principalmente constituyentes orgánicos (los cuales podrían contener metales y materiales orgánicos), residuos conteniendo principalmente constituyentes inorgánicos (los cuales podrían contener metales y materiales orgánicos entre otros).

Y para los residuos no peligrosos, caso de la lista verde, como por ejemplo podemos mencionar: residuos que contienen metales resultantes de la fusión, refundición y refinación de metales y otros residuos que contienen metales.

4.2.2 Convenio de Basilea

El convenio de Basilea para el control del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación fue aprobado en marzo 1989 y entró en vigencia en mayo de 1992. En la actualidad cuenta con aproximadamente 170 países miembros (conocidos como las "Partes"). De acuerdo al Convenio toda entrada y salida de desechos considerados peligrosos (definidos en el anexo I de este convenio) debe ser aprobada

previamente a su entrada. De esta forma (1) se exige que las Partes promulguen las disposiciones reglamentarias para sancionar la entrada ilícita de desechos peligrosos y otros desechos, (2) se establezcan protocolos para controlar el movimiento de los residuos peligrosos y otros desechos junto con su disposición final.

La Convención opera bajo el concepto central de la Responsabilidad Extendida del Productor (EPR). Este tipo de enfoque tiene dos propósitos principales: transferir la responsabilidad de la gestión de los residuos de los gobiernos a las industrias, y fomentar el desarrollo de productos más sostenibles y los procesos de recuperación más rentables ya que los productores tratarán de reducir el coste de esta gestión de residuos.

Chile ratificó en 1992 el Convenio de Basilea, bajo el principio de que el Estado es quien tiene la obligación de velar por que el generador de residuos peligrosos cumpla con la normativa sobre el transporte y eliminación de estos y otros desechos, sea cual fuere el lugar en que se ejecute la eliminación. Al igual que otros convenios suscritos por el país, este constituye una fuente de derecho ambiental que adquiere valor de Ley de la República y del cual se desprenden actualmente las políticas nacionales relativas a este tema.

Los principios básicos del Convenio de Basilea son:

- El tránsito transfronterizo de desechos peligrosos debe ser reducido al mínimo mediante un manejo ambiental apropiado.
- Los desechos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación.
- Los desechos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente.

Así mismo, con el tiempo se han ido incluyendo nuevos aspectos que fortalecen los principios iniciales, entre ellos:

- Promoción activa y uso de tecnologías limpias en los métodos de producción.
- Prevención y monitoreo del tráfico ilegal.

- Mejora de las capacidades técnicas e institucionales a través del uso de nuevas tecnologías cuando sea apropiado, especialmente para países en desarrollo y países con economías en transición.
- Mayor desarrollo de los centros regionales y subregionales para el entrenamiento y transferencia de tecnología.

Los aparatos eléctricos y electrónicos contienen materiales que, una vez finalizada la vida útil de los mismos se convierten en desechos, clasificados como peligrosos de acuerdo a la lista A y B establecidas en los anexos del Convenio de Basilea. A continuación se señalan las clasificaciones incluidas en las listas A y B que serían aplicables a los AEE de acuerdo a las sustancias abordadas en el presente estudio:

Lista A: (A1) Desechos metálicos o que contengan metales:

- (A1010) Desechos metálicos y desechos que contengan aleaciones de cualquiera de las sustancias siguientes:
 - ✓ Antimonio
 - ✓ Arsénico
 - ✓ Cadmio
 - ✓ Plomo
 - ✓ Mercurio

Pero excluidos los desechos que figuran específicamente en la lista B.

- (A1190): Cables de metal de desecho recubiertos o aislados con plástico que contienen alquitrán de carbón, PCB¹⁴.

Lista B: (B1) Desechos de metales y desechos que contengan metales:

- (B1010): Desechos de metales y de aleaciones de metales, en forma metálica y no dispersable:

¹⁴ PCB presentes a una concentración igual o superior a 50 mg/kg.

- ✓ Chatarra de hierro y acero
- ✓ Chatarra de cobre
- ✓ Chatarra de aluminio
- (B1110): Montajes eléctricos y electrónicos:
 - ✓ Montajes electrónicos que consistan sólo en metales o aleaciones
 - ✓ Desechos o chatarra de montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos)
 - ✓ Montajes eléctricos o electrónicos (incluidos los circuitos impresos, componentes electrónicos y cables) destinados a una reutilización directa, y no al reciclado o a la eliminación final.

Lista B: (B3) Desechos que contengan principalmente constituyentes orgánicos, que pueden contener metales y materiales inorgánicos.

- (B3010): Desechos sólidos de material plástico: Los siguientes materiales plásticos o sus mezclas, siempre que no estén mezclados con otros desechos y estén preparados con arreglo a una especificación:

Desechos de material plástico de polímeros y copolímeros no halogenados, con inclusión de los siguientes, pero sin limitarse a ellos:

- ✓ Polipropileno
- ✓ Poliuretano (que no contenga CFC)
- ✓ Acrilonitrilo

Cabe remarcar que en su decisión BC-11/3, la Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea invitó al PNUMA a preparar, en consulta con un pequeño grupo de trabajo, un proyecto de directrices técnicas para la gestión ambientalmente racional de los desechos consistentes en dibenzo-p-dioxinas, dibenzofuranos policlorados, hexaclorobenceno,

pentaclorobenceno o bifenilos policlorados producidos de forma no intencional, que los contengan o estén contaminados con ellos.¹⁵

4.2.3 Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos (SAICM)

La estrategia surge como respuesta a la necesidad de establecer un enfoque internacional integral y coordinado para la gestión racional de los productos químicos. Con ella se pretende introducir una serie de cambios para promover la gestión sustentable de los productos químicos, teniendo en cuenta el incremento del uso de estas sustancias a nivel mundial. El Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos (Strategic Approach to International Chemicals Management, SAICM) fue adoptado por la Conferencia Internacional sobre Gestión de Productos Químicos (ICCM¹⁶) el 6 de febrero del año 2006 en Dubai (Emiratos Árabes Unidos).

El Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Productos Químicos (SAICM) es un marco político para promover la seguridad química a nivel mundial. El SAICM tiene como objetivo general el logro de la gestión racional de los productos químicos durante su ciclo de vida, para que, en 2020, los productos químicos se produzcan y utilicen de manera que se minimicen sus impactos adversos significativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Esta "meta 2020" fue adoptada por la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo en 2002 como parte del Plan de Implementación de Johannesburgo.

El SAICM consta de tres textos básicos en relación a (1) La Declaración de Dubai (2) La política Estratégica Global y (3) El Plan de Acción Mundial. Específicamente, en el Plan de

¹⁵ Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente del Programa de las Naciones Unidas. Nairobi, 23 a 27 de junio de 2014, Tema 5 del programa provisional, Cuestiones normativas sobre la gestión de los productos químicos y los desechos: aplicación de la decisión 27/12.

¹⁶ Sigla en inglés que corresponde a "International Conference on Chemicals Management"

Acción Mundial, el SAICM propone las áreas de trabajo y actividades para la aplicación de un enfoque estratégico, que aparecen agrupadas en cinco temas principales:

- ✓ Reducción del riesgo.
- ✓ El conocimiento y la información.
- ✓ Gobierno.
- ✓ Creación de capacidad y cooperación técnica.
- ✓ Tráfico ilícito internacional.

En relación a estas temáticas, el SAICM recomendó la actualización de los perfiles nacionales de sustancias químicas para proporcionar información sobre la infraestructura disponible y las actividades orientadas a la gestión de los productos químicos.

En el año 2003, se elaboró un Perfil Chileno sobre la Gestión de las Sustancias Químicas enmarcado en el proyecto FMAM/PNUMA “Desarrollo de un Plan Nacional de Implementación para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)”, llevado a cabo entre los años 2002 y 2005, en el ámbito del Convenio de Estocolmo. Adicionalmente, se llevó a cabo una evaluación de las capacidades para la gestión racional de las sustancias químicas y la implementación nacional del SAICM. El informe contiene una evaluación del marco nacional de gobernabilidad para la gestión de los productos químicos y una evaluación de las capacidades y prioridades relativas a problemas específicos de gestión.

Con el propósito de evaluar la infraestructura nacional relacionada con los aspectos legales, institucionales, administrativos y técnicos del manejo de las sustancias químicas en el país, se actualizó el Perfil Nacional sobre la Gestión de las Sustancias Químicas en el año 2008. La información recopilada incluye toda aquella disponible en el momento de su elaboración relacionada con COP.

Con respecto al ámbito específico de las sustancias peligrosas en el ciclo de vida de los productos eléctricos y electrónicos, la segunda sesión de la Conferencia Internacional sobre la Gestión de Productos Químicos (ICCM) en su Resolución II/6 estableció el Grupo

de Trabajo de Composición Abierta (OEWG¹⁷) como un órgano subsidiario de la Conferencia sujeto a confirmación en su tercera reunión. Las funciones del OEWG son considerar la aplicación, el desarrollo y la mejora del SAICM. De la primera reunión del OEWG celebrada en Belgrado del 15 a 18 de noviembre de 2011 se extraen algunas recomendaciones relevantes para las estrategias futuras, en particular:

- Incluir una nueva esfera de trabajo en el Plan de Acción Mundial del SAICM relacionada con las sustancias peligrosas en los productos eléctricos y electrónicos durante su ciclo de vida.
- Continuar trabajando en la creación de un conjunto de mejores prácticas a nivel internacional sobre la base de las iniciativas existentes al respecto, incluyendo:
 - Las herramientas que facilitan el progreso en el desarrollo de diseños que reducen y eliminan el uso de productos químicos peligrosos en la fabricación de productos eléctricos y electrónicos;
 - Las normas y prácticas de trabajo para el seguimiento y la identificación de la presencia de productos químicos en la fabricación, el uso y las etapas al final de la vida útil de los productos eléctricos y electrónicos;
 - Los posibles sustitutos más seguros en aplicaciones de productos eléctricos y electrónicos;
 - Las estrategias de compra verde utilizadas por las empresas y los gobiernos;
 - Las políticas de responsabilidad extendida del productor;
 - Las estrategias y acciones provisionales que deben implementarse hasta que la eliminación sea posible o sus sustitutos estén disponibles.

¹⁷ Sigla en inglés de "Open-ended Working Group"

- Participación dinámica del sector de la salud y el trabajo, incluidos los respectivos Ministerios y la Organización Internacional del Trabajo y la Organización Mundial de la Salud en las actividades relacionadas con el sector de la electrónica.
- Colaboración de la Organización Mundial de Aduanas con el fin de ayudar a los países a mejorar el seguimiento de las corrientes mundiales y mejorar el cumplimiento de las leyes contra el comercio ilícito.
- Aunar recursos para descontaminar los lugares con presencia de desechos electrónicos, así como crear capacidad para promover la seguridad de los trabajadores en los sectores pertinentes y realizar investigaciones para estudiar las mejores prácticas de reciclaje seguro.

El segundo informe sobre la aplicación del SAICM, que abarca el período comprendido entre los años 2011 y 2013, se presentará en la Conferencia Internacional sobre Gestión de los Productos Químicos (ICCM) en su cuarto período de sesiones, previsto para 2015.

4.2.4 Foro de Cooperación Económica Asia – Pacífico

El Foro de Cooperación Económica Asia Pacífico surge como respuesta a la incertidumbre de las economías asiáticas respecto a la existencia de barreras con el mercado de la Unión Europea y América del Norte.

En la década de los ochenta, la Unión Europea anunció la creación de un mercado único para la zona euro, proceso que culminó en 1992 con el Tratado de Maastricht. Por otra parte, en América del Norte se comenzaba a estudiar la posibilidad de establecer una zona de libre comercio. Ante estos hechos, se estimó indispensable aumentar la capacidad de cooperación interregional para promover y mantener el desarrollo económico de la región. En noviembre del año 1989, el Primer Ministro de Australia, Bob Hawke, convocó a una Cumbre en Canberra, a través de la cual se estableció el APEC (Asia Pacific Economic Cooperation), como el primer foro oficial de los países y territorios de la cuenca del océano Pacífico.

Respecto a su estructura, la APEC constituye un foro consultivo intergubernamental no siendo catalogado como organismo internacional, pues no existe una carta constitutiva o Tratado Internacional que lo haya creado. La flexibilidad y la informalidad son dos de las características fundamentales de la APEC. Sus decisiones, adoptadas por consenso, van generando un nivel importante de compromiso o de establecimiento de normas, que generalmente es respetado. Entre el 20 y 21 de octubre del año 2004, tuvo lugar la XI reunión de Líderes Económicos en Bangkok, Tailandia, momento en que Chile, a una década de haberse incorporado al Foro, comenzó su liderazgo y presidencia en la APEC.

En relación a las funciones básicas de la APEC, estas son las siguientes (a) liberalización del comercio y de la inversión, (b) facilitación del comercio y de la inversión, y (c) cooperación económica y técnica.

En concreto y respecto a la temática del presente estudio, es decir, lo concerniente a los *aparatos eléctricos y electrónicos*, el Subcomité de Normas y Conformidad de la APEC focalizó sus esfuerzos en los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo (ARM) y en otros mecanismos similares, destinados a facilitar la aceptación de los resultados de las evaluaciones de la conformidad entre países. De esta forma, los ARM se clasifican en las siguientes categorías: gubernamentales/no gubernamentales, multilaterales (con inclusión de ARM regionales e internacionales) y bilaterales¹⁸.

En relación a los AEE, cabe remarcar los siguientes Acuerdos de Reconocimiento Mutuo que se han acordado a través de la APEC:

- ARM Gubernamentales, multilaterales:
 - ✓ APEC/Aparatos eléctricos y electrónicos (Australia, Japón, Nueva Zelanda, Singapur).
 - ✓ ASEAN¹⁹/Aparatos eléctricos y electrónicos (Brunei Darussalam, Filipinas, Indonesia, Malasia, Singapur).

¹⁸ Organización Mundial del Comercio, informe sobre el estudio destinado a aclarar la eficacia de los ARM, G/TBT/W/276 19 de marzo de 2007.

¹⁹ Sigla del inglés "Association of Southeast Asian Nations"

- ✓ Ley de seguridad de los aparatos y materiales eléctricos (Japón).
- ARM Gubernamentales, bilaterales:
- ✓ Nueva Zelanda – Comunidad Europea (productos eléctricos, equipo de telecomunicaciones, etc.).

En relación a los ARM, la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) aportó un documento en el que presentaba su labor sobre normas internacionales y evaluación de la conformidad, así como sus últimos logros. Este Comité, conjunto regulador y consultivo para equipos eléctricos y electrónicos del Foro de Cooperación Económica de Asia y el Pacífico (APEC), reúne a los encargados de la reglamentación de equipos eléctricos y electrónicos de las economías miembro de la APEC. El objetivo principal es promover y facilitar el diálogo y la cooperación entre los encargados de la reglamentación, así como administrar y facilitar el funcionamiento de los Acuerdos de Reconocimiento Mutuo de la APEC sobre la evaluación de conformidad de equipos eléctricos y electrónicos.

Por otra parte, y en relación a los ARM multilaterales cabe señalar ciertos aspectos importantes:

- No todas las economías de la APEC han aplicado plenamente los ARM (Australia en referencia a la APEC/Aparatos eléctricos y electrónicos).
- Las economías desarrolladas miembros y/o las economías exportadoras deben prestar asistencia técnica y financiera a las economías y/o economías miembros menos desarrolladas en la elaboración de normas y reglamentos técnicos para la negociación y aplicación de los ARM. Por ejemplo, formación continua del personal que participa efectivamente en un determinado ARM (Filipinas en referencia a los APEC/Aparatos eléctricos y electrónicos y ASEAN/Telecomunicaciones).
- Existe una gran variedad de normas internacionales, nacionales y regionales. En consecuencia, los Organismos de Evaluación de la Conformidad se encuentran con dificultades a la hora de obtener acreditaciones en todas las normas que apliquen (Nueva Zelanda en referencia al APEC/Aparatos eléctricos y electrónicos).

4.2.5 Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes fue adoptado por 150 Estados en una conferencia que tuvo lugar en Estocolmo el 22 y el 23 de mayo del 2001. El Convenio de Estocolmo es un instrumento internacional, jurídicamente vinculante, que tiene por objetivo la reducción y la eliminación de estos compuestos debido a características de persistencia, liposolubilidad, volatilidad y toxicidad, ya que su difusión presenta un riesgo para la salud y el medio ambiente. Entre sus disposiciones precisa las sustancias reguladas y deja abierta la posibilidad de añadir nuevas; también establece las reglas de producción, importación y exportación de dichas sustancias.

Tras su firma en mayo de 2001 y su posterior ratificación en enero de 2005, Chile desarrolló el Plan Nacional de Implementación (PNI) para la Gestión de los Contaminantes Orgánicos Persistentes. La fase I de este Plan tuvo un período de aplicación de seis años, desde enero de 2006 hasta diciembre de 2011. La fase II del Plan se extenderá desde el año 2013 al 2017. En el marco del cumplimiento con los compromisos insertos en el Convenio de Estocolmo y como apoyo al proceso de desarrollo e implementación de la Fase II del PNI-COPs, en octubre del año 2011, se inició el estudio “Levantamiento de Antecedentes sobre los nuevos COPs” (Conama, 2012).

Inicialmente el Convenio de Estocolmo incorporó 12 COPs, (Aldrin, Clordano, Dieldrin, DDT, Dibenzo-p-dioxinas y dibenzofuranos policlorados, Endrin, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex, PCBs y Toxafeno); sobre los cuales la comunidad internacional reconoció la necesidad de adoptar medidas urgentes para reducir o eliminar las liberaciones de estas sustancias. Posteriormente, en la IV y V Conferencia de las Partes del Convenio de Estocolmo celebradas en 2009 y 2011 respectivamente, se acordó incluir 10 nuevos COPs (alfa y beta-hexaclorociclohexano, clordecona, endosulfán, éter de hexabromodifenil, éter de heptabromodifenil, éter de tetrabromodifenil, éter de pentabromodifenil, hexabromobifenil, lindano, pentaclorobenceno, sulfonato de perfluorooctano). Todos ellos han sido agrupados en tres categorías: plaguicidas, productos químicos industriales y subproductos no intencionales de sustancias químicas precursoras y/o procesos térmicos/combustión.

El Convenio de Estocolmo representa la oportunidad para los países signatarios de reducir los efectos a la salud y al ambiente del manejo de los desechos electrónicos a través del control de las sustancias que contienen.

4.2.6 Convenio de Minamata

Como respuesta a la preocupación internacional sobre el mercurio, se publicó en el año 2002 la primera evaluación mundial sobre el mercurio y sus compuestos. Ante la evidencia del impacto global de esta sustancia, se creó en 2005 la Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA. En función de las diversas evaluaciones y ante la necesidad urgente de adoptar medidas a nivel internacional, en febrero de 2009 el entonces Consejo de Administración del PNUMA decidió iniciar el proceso de negociación de un instrumento jurídicamente vinculante sobre el mercurio. Este proceso tuvo lugar durante un período de tres años (2010-2013), hasta que el Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) creado a tal efecto acordó en Enero de 2013 el *Texto del Convenio de Minamata* sobre el mercurio, en alusión al episodio de contaminación que tuvo lugar en La Bahía de Minamata (Japón 1953).²⁰ Dicho texto fue adoptado formalmente durante la Conferencia de Plenipotenciarios, la cual tuvo lugar en Japón en Octubre de 2013. A la fecha, 128 países lo han firmado, entre ellos Chile en octubre de 2013, así como la mayoría de países latinoamericanos. Sólo 12 países lo han ratificado por el momento.

El Convenio de Minamata tiene como objetivo proteger la salud humana y el medio ambiente de las emisiones y liberaciones antropogénicas de mercurio y sus compuestos. Con este fin, el Convenio incluye una serie de medidas para controlar las emisiones y liberaciones de mercurio a lo largo de su ciclo de vida, que se resumen a continuación:

- Fuentes de suministro y comercio de mercurio (Art. 3 del Convenio).

²⁰ Enfermedad de Minamata. Se calcula que entre 1932 y 1968, año en que cambió el proceso de síntesis por otro menos contaminante, la empresa petroquímica Chisso vertió a la bahía 81 toneladas de mercurio. Minamata fue el centro de un brote de envenenamiento por metilmercurio, el cual se acumula en la cadena trófica, debido al consumo por parte de sus habitantes de pescado y de marisco contaminado.

- Productos con mercurio añadido (Art. 4 del Convenio).
- Procesos de fabricación en los que se usa mercurio o compuestos de mercurio (Art. 5 del Convenio).
- Extracción de oro artesanal y en pequeña escala (Art. 7 del Convenio).
- Emisiones al aire (Art. 8 del Convenio).
- Liberaciones al agua y al suelo (Art. 9 del Convenio).
- Almacenamiento provisional ambientalmente racional de mercurio como mercancía, distinto del mercurio de desecho (Art. 10 del Convenio).
- Desechos de mercurio (Art. 11 del Convenio).
- Sitios contaminados (Art. 12 del Convenio).
- Aspectos relacionados con la salud (Art. 16 del Convenio).

El Convenio de Minamata constituye una herramienta fundamental para la protección global de la salud humana y el medio ambiente ante la contaminación por el mercurio.

Con este objetivo, y para facilitar su implementación en la región, los países de América Latina y el Caribe deben tomar acciones adicionales para atender las siguientes necesidades (CCCB/CRCE, 2014):

- ✓ Promover el fortalecimiento institucional, técnico y legal con el fin de gestionar adecuadamente el mercurio en todo su ciclo de vida, desde su generación y uso, hasta la disposición final de los desechos.
- ✓ Disponer o implementar los diagnósticos e inventarios sobre uso y comercio de mercurio, emisiones y liberaciones, sitios contaminados, desechos, etc.
- ✓ Reducir, y en la medida de lo posible eliminar, el uso de mercurio en la minería de oro artesanal y en pequeña escala, ya que gran parte de las emisiones de mercurio (71%) en la región de América Latina y el Caribe proceden de este sector.
- ✓ Promover la eliminación del uso de mercurio en productos y procesos, así como regular la identificación y contenido de mercurio en productos.

- ✓ Facilitar la prevención, minimización y gestión adecuada de los desechos con mercurio.
- ✓ Fomentar e implementar el uso de las mejores técnicas disponibles (MTD) y las mejores prácticas ambientales (MPA) para prevenir y minimizar las emisiones y liberaciones no intencionales de mercurio al medio ambiente.
- ✓ Adoptar medidas de protección para prevenir y minimizar o eliminar la exposición de mercurio a trabajadores y poblaciones vulnerables.
- ✓ Sensibilizar e informar a la población sobre la problemática del mercurio, exposición, uso, producción, comercio, liberación y disposición final.

En octubre de 2013, el PNUMA publicó “Mercury Acting Now”, que contiene información sobre la forma en que la Asociación Mundial sobre el Mercurio del PNUMA ha ayudado a los gobiernos a actuar en relación con los aspectos fundamentales abarcados por el Convenio de Minamata sobre el Mercurio.

En el contexto de los aparatos eléctricos y electrónicos abordado en el presente informe, cabe remarcar que en relación a los productos que contienen mercurio, listados en la parte I del Anexo A del Convenio de Minamata, se establece la prohibición desde el 2020 de su fabricación, importación y exportación (ver Tabla 9).

Tabla 9: AEE que figuran en la parte I del Anexo A del Convenio de Minamata.²¹

Productos con mercurio añadido.	Fecha límite para la importación, producción y exportación (eliminación).
Interruptores y relés, con excepción de puentes medidores de capacitancia y pérdida de alta precisión e interruptores y relés radio frecuencia de alta frecuencia utilizados en instrumentos de monitorización y control con un contenido máximo de mercurio de 20 mg por puente, interruptor o relé.	2020
Lámparas fluorescentes compactas (CFL) para usos generales de iluminación de ≤ 30 vatios con un contenido de mercurio superior a	2020

²¹ Fuente: Convenio de Minamata sobre el Mercurio (texto y anexos).
file:///P:/375_MMA_COPMET/Tecnico/2_Tareas/Tarea%2001%20Bibliografia/Convenio%20de%20Minamata%20Hg.pdf

Productos con mercurio añadido.	Fecha límite para la importación, producción y exportación (eliminación).
5 mg por quemador de lámpara.	
Lámparas fluorescentes lineales (LFL) para usos generales de iluminación: a) fósforo tribanda de < 60 vatios con un contenido de mercurio superior a 5 mg por lámpara; b) fósforo en halofosfato de ≤ 40 vatios con un contenido de mercurio superior a 10 mg por lámpara.	2020
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HPMV) para usos generales de iluminación	2020
Mercurio en lámparas fluorescentes de cátodo frío y lámparas fluorescentes de electrodo externo (CCFL y EEFL) para pantallas electrónicas: a) de longitud corta (≤ 500 mm) con un contenido de mercurio superior a 3,5 mg por lámpara; b) de longitud media (> 500 mm y ≤ 1 500 mm) con un contenido de mercurio superior a 5 mg por lámpara; c) de longitud larga (> 1 500 mm) con un contenido de mercurio superior a 13 mg por lámpara.	2020
Los siguientes aparatos de medición no electrónicos, a excepción de los aparatos de medición no electrónicos instalados en equipo de gran escala o los utilizados para mediciones de alta precisión, cuando no haya disponible ninguna alternativa adecuada sin mercurio: (a) barómetros, (b) higrómetros, (c) manómetros; (d) termómetros; (e) esfigmomanómetros.	2020

4.2.7 Reglamento europeo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (REACH)

REACH (Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo) es el Reglamento europeo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals), adoptado con el fin de mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente contra los riesgos que pueden presentar los productos químicos, a la vez que se potencia la competitividad de la industria química de la UE. El Reglamento fomenta igualmente métodos alternativos para la valoración del peligro de las sustancias con el fin de reducir el número de ensayos realizados con animales.

En principio, el ámbito de aplicación de REACH se extiende a todas las sustancias químicas; no sólo las utilizadas en procesos industriales, sino también en nuestra vida diaria, como los productos de limpieza, las pinturas u artículos como ropa, muebles y dispositivos eléctricos. Por tanto, la normativa afecta a la mayoría de las empresas de la UE.

REACH traslada la carga de la prueba a las empresas. Para cumplir con la normativa, las empresas deben identificar y gestionar los riesgos vinculados a las sustancias que se fabrican y se comercializan en la UE. Las empresas deben demostrar a la ECHA cómo puede utilizarse la sustancia con seguridad y deben informar sobre las medidas de gestión del riesgo a los usuarios.

Si no es posible gestionar el riesgo, las autoridades pueden restringir el uso de sustancias de diferente forma. A la larga, las sustancias más peligrosas deberán sustituirse por otras que entrañen menor peligro.

Fue aprobado el 18 de diciembre de 2006 y entró en vigor el 1 de junio de 2007.

4.3 Diagnóstico sobre el manejo de los AEE durante su ciclo de vida

4.3.1 Diseño y certificación de los AEE

Como se ha descrito en los apartados anteriores, el control y manejo de los AEE empieza en la etapa del diseño del producto y la responsabilidad que el productor o fabricante tiene sobre esta primera etapa, que es la que determina los impactos de los AEE a lo largo de todo su ciclo de vida, y muy en particular, en el ámbito del presente estudio, aquellos relacionados con las sustancias peligrosas que contienen. Un diseño que evita o minimiza la presencia de sustancias COP y metales pesados en el AEE en cuestión evita o minimiza también los impactos durante su ciclo de vida, especialmente los asociados a la etapa final, a partir del momento en que se convierten en residuos.

En general, el diseño de un producto puede realizarse en función de diferentes objetivos: durabilidad, reparabilidad, reutilización, renovación, modernización, desmontaje, estandarización y finalmente, recuperación de materias primas. El ecodiseño es una alternativa que busca alargar la vida útil de un producto así como promover la minimización de los impactos medioambientales generados por los productos desde su diseño.

En este contexto, y en relación al diseño de productos eléctricos y electrónicos, los principales criterios considerados por los fabricantes son los siguientes:

- Reducción del consumo de energía.
- Reducción del peso.
- Reducción en el uso de embalaje o en el impacto que este tiene.
- Reducción del uso de materiales peligrosos.
- Etiquetado claro de los materiales, especialmente de los peligrosos.
- Identificación del tipo de plástico utilizado.
- Reducción en la variedad de materiales.
- Productos fáciles de desmantelar, lo que se consigue evitando piezas pequeñas o usando un solo tipo de tornillo.
- Eliminación de tratamientos que no son compatibles con el reciclaje, como pinturas y/o etiquetas.
- Aumentar el contenido de material reciclable o de piezas reusables, para que el reciclaje sea rentable.
- Aumentar la vida útil del producto, a través de diseño modular o haciendo productos más resistentes.

Algunos estándares internacionales relativos al ecodiseño de los AEE y su particular repercusión en la eliminación y/o restricción de la presencia de COP y metales pesados en los AEE se describen a continuación.

4.3.1.1 Certificación TCO²²

La Certificación TCO es una certificación internacional de sostenibilidad para productos de tecnologías de la información otorgada por terceras partes. La certificación TCO cumple con los requisitos para el tipo 1 de la etiqueta ecológica de acuerdo con la norma ISO 14024. Esto significa que el desarrollo de criterios se basa en principios científicos e implica múltiples partes interesadas y expertos en un proceso de desarrollo abierto. Los modelos de certificados de productos deben cumplir con todos los criterios de certificación TCO y están probados y verificados por terceras partes independientes y acreditadas. Esto se aplica a los criterios medioambientales y de rendimiento del producto, así como la fabricación socialmente responsable. Los fabricantes que deseen certificar sus productos deben cumplir con todos los criterios aplicables al producto y su fabricación.

Los AEE están asociados a diferentes riesgos de sostenibilidad en todo el ciclo de vida, incluyendo la fabricación, y las fases de uso y fin de vida útil. Algunos de estos riesgos incluyen condiciones de trabajo en la fabricación de la electrónica, los efectos ambientales negativos de la extracción de materias primas y procesos de fabricación, consumo de energía, el contenido y los productos químicos peligrosos, facilidad de uso y las bajas tasas de reciclaje, las cuales alimentan el problema de los desechos electrónicos a nivel mundial. Los criterios para la certificación TCO son los siguientes:

- Criterios - fase de fabricación

Fabricación socialmente responsable, sistema de gestión ambiental.

- Criterios - fase de uso

El clima, la ergonomía, la salud y la seguridad, extensión de la vida útil del producto y las emisiones.

- Criterios - fase del final de la vida útil

²² Sigla en sueco que corresponden a "Tjänstemännens Centralorganisation".

Reducción del contenido y de los productos químicos peligrosos y el diseño para el reciclaje

La certificación TCO es una certificación de producto y no se aplica a una marca en su conjunto. Las marcas y los fabricantes deben seleccionar productos o familias de productos a certificar, pero cada modelo de producto debe ser probado y verificado de acuerdo a criterios de TCO.

La certificación TCO es disponible en ocho categorías de productos: pantallas, computadoras portátiles, tabletas, teléfonos inteligentes, computadoras de sobremesa, proyectores, ordenadores todo-en-uno y auriculares.

4.3.1.2 Etiqueta ecológica de la Unión Europea

Creada en el año 1992, la Etiqueta Ecológica Europea (EEE) constituye una parte importante de la política comunitaria de instrumentos voluntarios de ayuda a las empresas y a los consumidores para mejorar su actuación ambiental.

El objetivo es promover productos que pueden reducir los efectos ambientales adversos, en comparación con otros productos de su misma categoría, contribuyendo así a un uso eficaz de los recursos y a un elevado nivel de protección del medio ambiente. La consecución de este objetivo se efectúa proporcionando a los consumidores orientación e información exacta, no engañosa y con base científica sobre dichos productos.

Hasta el momento la EEE ha sido objeto de dos revisiones. Resultado de la primera revisión se elaboró el Reglamento N° 1889/2000, ya derogado y sustituido por el "Reglamento (CE) N° 66/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2009, relativo a la etiqueta ecológica de la Unión Europea", actualmente en vigor y fruto de la segunda revisión.

La Etiqueta Ecológica de la UE es una etiqueta de tipo I de acuerdo con las definiciones de la *International Organization for Standardization (ISO)*²³, este tipo de ecoetiquetas son voluntarias y responden a las siguientes características generales:

- Etiquetado voluntario.
- Tienen como objetivo identificar y promover productos ecológicos.
- Establecidas por categorías de productos.
- Basadas en múltiples criterios a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.
- Criterios establecidos por un organismo independiente que no interviene en el mercado.
- Aplicación controlada por un proceso de certificación y auditoría. (requerimientos específicos según ISO 10424).

En la actualidad se ha definido esta etiqueta ecológica para las siguientes categorías de AEE:

- **Calentadores base agua:** todos aquellos productos que se utilizan para generar calor como parte de un sistema de calefacción central en base agua, en la que el agua calentada se distribuye por medio de circuladores y emisores térmicos con el fin de alcanzar y mantener la temperatura de un espacio cerrado.
- **Bombas de calor:** bombas de calor por accionamiento eléctrico, o por gas o de absorción de gas con el fin de calentar un espacio o el proceso de enfriamiento opuesto con una capacidad de calefacción máxima de 100 kW. Las bombas de calor para proveer exclusivamente agua caliente para uso sanitario, y aquellos que sólo extraen calor de un edificio están excluidos.

²³ Según la ISO, las ecoetiquetas de tipo II son autocdeklaraciones ambientales informativas y las de tipo III son programas voluntarios que proporcionan datos ambientales cuantificados de un producto, en las categorías de parámetros preestablecidas por una tercera parte calificada y basados en la evaluación del ciclo de vida, y verificados por esta u otra tercera parte calificada.

- **Fuentes luminosas:** todas las fuentes de luz que proporcionan iluminación en general y tienen un terminal, bayoneta, conexiones de tornillo o perno o accesorios en ambos extremos (como todos los tubos fluorescentes lineales).
- **Computadoras personales:** incluye computadoras de escritorio, computadoras de escritorio integrados, clientes ligeros (*thin clients*), pantallas y teclados (como elementos independientes).
- **Computadoras portátiles:** aquellas computadoras con una unidad de sistema, pantalla y teclado combinados en una sola envoltura/caja y que se puede utilizar con una batería interna. Este grupo de productos cubre también los dispositivos equipado con teclado de la pantalla táctil.
- **Televisores:** equipos electrónicos cuyo propósito primario y función es recibir, decodificar y visualizar señales de transmisión de TV.
- **Equipos de impresión:** productos comercializados para oficinas y/o uso doméstico, y producir imágenes impresas en forma de un documento en papel, foto o imagen digital. Además, los equipos que producen una imagen digital a partir de una copia impresa a través de un proceso de escaneado están también incluidos en el ámbito de este grupo de productos.

Los criterios en cada categoría tienen por objeto propiciar la disminución de los daños o riesgos ambientales relacionados con el uso de energía (calentamiento global, acidificación, agotamiento de fuentes de energía no renovables) reduciendo el consumo de energía y los daños ambientales derivados del consumo de recursos naturales, así como de la utilización de sustancias peligrosas, limitando el uso de tales sustancias.

4.3.1.3 Sistema de clasificación de productos electrónicos EPEAT

EPEAT²⁴ es el sistema de clasificación global para productos electrónicos verdes. Es un recurso para compradores, fabricantes, distribuidores y otros para identificar dispositivos preferibles ambientalmente. El sistema EPEAT combina criterios estrictos y exhaustivos para el diseño, la producción, el uso de energía y el reciclaje con la verificación continua e independiente de los fabricantes. EPEAT fue desarrollado a través de un proceso de consenso entre las partes interesadas y es administrado por el Green Electronics Council, una organización sin ánimo de lucro con sede en Portland, Oregon, EE.UU.

Los productos electrónicos registrados en EPEAT cumplen las medidas medioambientales referidas como criterios. Todos los criterios utilizados en EPEAT se basan en normas públicas aprobadas por el *American National Standards Institute* (ANSI), que proporcionan detalles técnicos para cada criterio y especifican cómo un fabricante debe demostrar el cumplimiento.

Las tres categorías actuales de EPEAT se basan en la familia de Normas 1680 de Evaluación Ambiental del IEEE (*Institute of Electric and Electronics Engineers*). Esto incluye la "norma paraguas", que describe cómo se registran los productos mediante su declaración de conformidad con criterios específicos, cómo se clasifican en función de los criterios que cumplen, cómo opera el registro por país y cómo se verifican las declaraciones de productos. Las normas de los productos relacionados 1680.1, 1680.2 y 1680.3 contienen los criterios específicos para "computadoras y monitores de computadoras", "Equipos de Imagen" y "Televisores", respectivamente, en los que el registro EPEAT y las calificaciones se basan actualmente. Las distintas categorías de atributos ambientales que cubren el ciclo de vida completo de los productos electrónicos son las siguientes:

- Reducción / eliminación de materiales ambientalmente sensibles
- Selección de materiales

²⁴ <http://www.epeat.net/>

- Diseño para el final de la vida útil
- Vida útil del producto / extensión de la vida
- Conservación de la energía
- Gestión del final de la vida útil
- Rendimiento corporativo
- Embalaje
- Consumibles (sólo a nivel de equipos de imagen)
- Calidad del aire interior (sólo para equipos de imagen estándar)

En la medida que nuevos estándares para nuevas categorías de productos son publicados por organismos de normalización, el *Green Electronics Council* considera su adopción como base para la cobertura ampliada EPEAT de tipos de productos adicionales.

4.3.1.4 *Ranking de productos electrónicos verdes (Greenpeace)*

La última versión de la Guía verde de productos electrónicos²⁵ elaborada por Greenpeace en el año 2012 clasifica a las empresas de la industria de la electrónica a través de tres áreas, **Energía y Clima, Productos Verdes y Operaciones Sostenibles**.

Los criterios de esta Guía reflejan las demandas a las empresas de electrónica por parte de Greenpeace en cuanto a:

- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la implementación de un Plan de Electricidad Limpia.

²⁵ Guide to Greener Electronics. Ranking Criteria Explained. August 2012, v. 18 onwards <http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/GuideGreenerElectronics/Guide-Ranking-Criteria-v18.pdf>

- Limpiar sus productos mediante la eliminación de las sustancias peligrosas.
- Retirar y reciclar sus productos de manera responsable una vez que se vuelven obsoletos.
- Detener el uso de materiales no sostenibles en sus productos y envases.

Las versiones anteriores de la Guía clasificaba las empresas en base a criterios de: Productos Químicos, Desechos Electrónicos y Energía. No obstante, la clasificación actual, reorganiza los criterios individuales bajo los nuevos títulos.

4.3.1.5 Sustitución de COP y metales en AEE

La forma más lógica y más eficaz para hacer frente a la toxicidad de ciertas sustancias es eliminarlas en su origen. Esto significa revisar de cerca los productos y sustituir las sustancias químicas altamente preocupantes por otras menos peligrosas o por nuevas tecnologías. La sustitución es un incentivo para la innovación, lo que lleva al desarrollo de productos que son más eficaces y ya no en base a productos químicos dudosos y procesos obsoletos.

Las regulaciones relativas a la restricción de productos químicos altamente preocupantes en equipos eléctricos y electrónicos, como es el caso de la Directiva de la Unión Europea sobre la Restricción de Sustancias Peligrosas (RoHS), son esenciales para crear el estímulo económico necesario para invertir en productos químicos más seguros y sostenibles.

Las actuales restricciones en metales pesados y retardantes de llama bromados llevaron a las compañías a desarrollar programas de gestión de los impactos ambientales y a la salud humana asociados de las sustancias peligrosas presentes en los productos electrónicos de consumo. De esta manera se volvieron a diseñar muchos productos y se desarrollaron nuevos materiales, al mismo tiempo que se mejoró la funcionalidad del producto y se cumplieron las especificaciones de fiabilidad y de conformidad técnica.

No obstante, debido a la escasez de herramientas y recursos disponibles para evaluar y proporcionar orientación sobre el impacto en la salud humana y ambiental de las alternativas, en algunos casos las sustancias sustitutas resultaron ser también peligrosas. Para ello es preciso realizar una evaluación que garantice que las sustancias restringidas pueden ser reemplazadas por sustitutos más seguros o tecnologías alternativas que mejoren el impacto medioambiental del producto a sustituir.

Actualmente muchas compañías siguen trabajando en la sustitución de las sustancias peligrosas más allá del cumplimiento estricto de la Directiva RoHS, dando prioridad a la eliminación de los productos químicos que demuestran un riesgo inaceptable, con especial énfasis en los impactos en el uso y disposición al final de su vida útil. La creciente preocupación en todo el mundo acerca de los impactos ambientales y salud humana, asociados con el uso de productos químicos bromados y clorados (utilizados principalmente como retardantes de llama (tales como BFR) y PVC) en productos electrónicos, ha llevado, con visión de futuro, a las empresas a invertir en estrategias de ecodiseño que eliminan la necesidad de estas sustancias y/o las reemplazan por alternativas más seguras.

En cuanto a la sustitución de metales pesados, especialmente mercurio y plomo, existen todavía usos específicos para los que no se han encontrado sustitutos, y actualmente se está intentando minimizar su contenido, particularmente en el uso de mercurio en dispositivos de alumbrado y algunas aplicaciones específicas del plomo.

A continuación se resume el estado de sustitución de sustancias peligrosas en equipos electrónicos en base a sendos informes elaborados por las organizaciones: *International Chemical Secretariat* (Chemsec) y *Greenpeace*.

(a) International Chemical Secretariat (Chemsec)

De acuerdo con la visión de mercado (mayo 2010) elaborada por Chemsec²⁶, actualmente es técnica y económicamente viable reemplazar el uso de retardantes de llama bromados y de PVC en una amplia gama de productos electrónicos. De hecho, existen ya numerosos aparatos electrónicos sin retardantes de llama bromados ni PVC en el mercado.

Las empresas del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones (categorías RoHS 3 y 4) están en la vanguardia en la eliminación del uso de retardantes de llama bromados y PVC. El informe elaborado por Chemsec (mayo 2010) se basa en la información obtenida a través de la investigación de las páginas web corporativas oficiales de las empresas de electrónica, tales como informes anuales, comunicados de prensa y hojas de producto a disposición del público durante los meses de marzo y abril de 2010.

El informe recopila más de 500 modelos de productos puestos en el mercado a nivel mundial, por ejemplo, teléfonos celulares, computadoras, lavadoras, máquinas de café y televisores, libres o casi libres de PVC y de retardantes de llama bromados. Dichos productos son comercializados por 28 empresas, entre ellas Acer, Apple, HP, Nokia, Philips, Samsung y Sony Ericsson.

Si bien existe un progreso satisfactorio en la eliminación de sustancias peligrosas de los productos de las principales marcas de electrónica, aún existen muchas grandes empresas que todavía están iniciándose en este proceso.

²⁶ Electronics Without Brominated Flame Retardants and PVC – a Market Overview. <http://www.chemsec.org/news/news-2010/april-june/539-chemsec-report-lists-500-products-free-from-brominated-flame-retardants-and-pvc>

(b) Greenpeace

Más recientemente, el informe “*Green Gadgets: Designing the future*” publicado por Greenpeace (Septiembre de 2014) refleja que casi la totalidad de las 18 compañías analizadas por su ranking de electrónicos verdes²⁷ se comprometieron, en 2010, a eliminar el PVC y los retardantes de llama bromados en un plazo de tiempo razonable. También se formalizaron compromisos similares para eliminar otros productos químicos peligrosos: antimonio y compuestos, berilio y compuestos, y ftalatos en plazos posteriores.

Las compañías Nokia, Sony Ericsson (ahora Sony Comunicaciones) y Apple fueron los primeros en poner en práctica sus compromisos, con la introducción de productos libres de PVC y BFR. A nivel mundial, el sector ha progresado rápidamente en la introducción de teléfonos celulares libres de PVC/BFR, seguido por las computadoras. Por el contrario, el progreso en la eliminación de PVC, BFR y otras sustancias peligrosas ha sido mucho más lento en televisores y otros electrodomésticos.

Actualmente, más del 50% del mercado mundial de la telefonía celular está representado por las marcas que han eliminado por completo el PVC y los BFR de estos productos.

En cuanto a las computadoras el avance no es tan significativo. Todas las marcas de PC, a excepción de Apple, siguen utilizando cables de PVC, además de usar PVC y BFR en algunos componentes menores. Si los líderes del mercado de las computadoras completaran la eliminación gradual de PVC en los cables, más del 50% del mercado estaría representado por las empresas cuyos productos son prácticamente libres de PVC/BFR.

Desafortunadamente, este patrón no es acorde para el caso de los televisores. Aparte de un solo ejemplo (que corresponde al único televisor completamente libre de PVC / BFR, el Econova LED-TV, que fue lanzado por Philips el año 2010) no hay televisores en el

²⁷ Guide to Greener Electronics. <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/cool-it/Campaign-analysis/Guide-to-Greener-Electronics/>

mercado que estén completamente libres de PVC/BFR. El progreso hacia este objetivo se ha visto seriamente comprometido por el líder en el mercado, Samsung, que abandonó su compromiso de eliminar estas sustancias peligrosas de sus televisores. El único líder del mercado con un plan creíble es LGE, que sigue avanzando razonablemente en su programa para eliminar el PVC/BFR en los televisores. Además, la compañía Toshiba, con una cuota de mercado mucho menor, también sigue comprometida con su plan para eliminar el PVC, BFR y otras sustancias peligrosas de la totalidad de sus productos de consumo para el año fiscal 2015, siempre que se disponga de alternativas, destacándose como la única empresa japonesa que ha hecho este compromiso. Por otra parte cabe remarcar que los televisores de muchas empresas tienen componentes individuales, como el cableado interno, el cual está libre de PVC/BFR y de halógenos.

Para fomentar el proceso de sustitución de estas sustancias, varias empresas, en particular Apple, HP, Dell y Acer, están presionando activamente las regulaciones de la Unión Europea para restringir el uso de todos los retardantes de llama bromados y PVC, con objeto de eliminar estas sustancias peligrosas en todo el sector. Como resultado de ello, la Comisión Europea ha incluido el PVC en su lista de tercer nivel de prioridad para su futura restricción en la próxima refundición de la Directiva RoHS.

4.3.2 Manejo de los RAEE

El volumen de RAEE que se genera a nivel mundial está creciendo rápidamente, debido a la extensión en el uso de aparatos eléctricos y electrónicos, tanto en países desarrollados como en los países en desarrollo. La cantidad total de RAEE generados a nivel mundial el año 2005 se estimó en 40 millones de toneladas. Las últimas estimaciones indican que en 2012 se generó una cantidad de 48,9 millones de toneladas de RAEE a nivel mundial (Convenio de Basilea, 2014).

La cantidad de RAEE en la Unión Europea se estima entre 8,3 y 9,1 millones de toneladas en 2005 y se espera que alcance unos 12,3 millones de toneladas en 2020 (Convenio de Basilea, 2014). Actualmente los RAEE se exportan a países que no son susceptibles de poseer la infraestructura y las medidas de seguridad necesarias para evitar daños a la

salud humana y el medio ambiente. Los principales factores que intervienen en esta tendencia son:

- Las exportaciones son menos costosas que la gestión de los residuos a nivel nacional.
- La disponibilidad de mercados para el aprovechamiento de las materias primas o instalaciones de reciclaje.
- La ubicación de los fabricantes de equipos eléctricos y electrónicos.

Sin embargo, también hay ejemplos de instalaciones de reciclaje formales en algunos países y economías en transición que están reparando, renovando y reciclando los equipos usados y los RAEE de una forma ambientalmente racional. Sin embargo, en algunos casos, las condiciones fuera de la instalación, por ejemplo, la cadena de manejo de los residuos no siempre puede garantizar una gestión ambientalmente racional (Convenio de Basilea, 2014).

Los RAEE contienen más de 1.000 sustancias diferentes, muchas de las cuales son tóxicas como es el caso de los metales pesados o COP abarcados en el presente estudio. Por lo tanto, la eliminación incontrolada y el reciclaje de los RAEE en el sector informal, es una preocupación principal. La presencia de sustancias químicas peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos de consumo significa que los trabajadores o personas involucradas en este proceso están expuestos a una serie de productos y subproductos químicos tóxicos.

A continuación se describe la situación del manejo de RAEEES a nivel mundial con respecto a cada uno de estos ámbitos: traslados, modelo REP (Responsabilidad Extendida del Productor), estructura de mercado, tratamiento y certificación de la gestión de RAEE.

4.3.2.1 Traslados de RAEE

A nivel mundial, cantidades significativas de AEE se exportan actualmente a países africanos a bajo coste, lo que significa que se trata de productos usados. Tales productos viejos no siempre son funcionales y es probable que terminen como RAEE después de un breve periodo en uso, o incluso antes de que lleguen a su destino si no se han tomado las medidas de protección adecuadas.

Todos los AEE contienen una amplia variedad de componentes y materiales. Dado que algunos, como es el caso de los COP y metales pesados, son peligrosos, el reciclado de RAEE plantea una serie de riesgos para la salud que necesitan ser gestionados adecuadamente. Por ejemplo, la exposición a sustancias liberadas durante el procesamiento, (tales como el mercurio liberado a partir de tubos fluorescentes, o el caso del plomo y el pentacloruro de fósforo liberados como resultado de una posible rotura de los tubos de rayos catódicos).

En respuesta a los riesgos potenciales que el reciclaje informal significa para la salud humana y el medio ambiente, algunos países, tales como Nigeria, Camboya, China, India, Malasia, Pakistán y Vietnam, han prohibido las importaciones de RAEE. Algunas de las prohibiciones se basan en los Anexos VIII y IX del Convenio de Basilea para determinados residuos peligrosos, incluyendo algunos RAEE como materiales peligrosos en virtud de su normativa interna o la Convención de Bamako (que entró en vigor el año 2008 y hasta ahora ha sido ratificada por 24 países), las cuales promueven la prohibición de la importación de RAEE a África y el control de los movimientos transfronterizos y la gestión de los RAEE. Algunos países también han prohibido las importaciones de RAEE no peligrosos a través del Reglamento de la UE 1418/2007 (BIO Intelligence Service, 2013).

La Figura 5 muestra las rutas conocidas y sospechosas de flujos de RAEE en todo el mundo el año 2005. El estudio de la UNU/Wecycle 2012 sobre los flujos de RAEE en los Países Bajos muestra que la exportación de AEE/RAEE de la UE a África se compone principalmente de electrodomésticos de refrigeración y congelación, monitores y televisores de CRT. De hecho, los aparatos de refrigeración y congelación se reparan con relativa facilidad en África, mientras que los CRT o fracciones de éstos se utilizan para reparar otros electrodomésticos. Las exportaciones de RAEE a Europa Oriental consisten

en grandes electrodomésticos, incluyendo lavavajillas y secadoras; pequeños electrodomésticos y equipos de tecnologías de la Información (BIO Intelligence Service, 2013).

De acuerdo con la legislación de la Unión Europea, el envío de AEE y RAEE está sujeta a regulaciones y requisitos específicos, tal y como se describen en la sección 4.1.1.



Figura 5: Rutas conocidas y sospechosas de vertido de RAEE (Doucette, et al., 2005 en BIO Intelligence Service, 2013).

4.3.2.2 Políticas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP)

Como se ha descrito en los apartados 4.1 y 4.2, las políticas de REP colocan la responsabilidad de los impactos ambientales de un producto al final de su vida en los productores, por lo que también se espera que estas políticas los empujen a rediseñar sus productos para el medio ambiente. Este cambio, al tiempo que reduce los costos de gestión de los residuos, debería también reducir el uso de materiales y mejorar la reutilización y la reciclabilidad de sus productos.

La adopción de programas para la recolección de los residuos electrónicos y el alcance de su cobertura geográfica generalmente está directamente relacionado con la eliminación de sustancias peligrosas de los RAEE, de acuerdo con los diferentes tipos de productos.

Según la *Guide to Greener Electronics* de Greenpeace²⁸, los programas de devolución más amplios se han desarrollado a nivel internacional para los teléfonos celulares, con sistemas exhaustivos implementados por parte de Nokia y Apple a nivel global. Los fabricantes de PC también han desarrollado programas de devolución relativamente exhaustivos, con Dell ofreciendo el sistema más amplio. En contraste, prácticamente no hay programas voluntarios de devolución para televisores, lo cual representa una corriente de residuos de gran volumen, a excepción de las acciones realizadas por los EE.UU y algunos proyectos en la India a partir de las marcas comerciales LGE y Panasonic. Así mismo, Philips está actualmente en proceso de establecimiento de programas de esta índole en América Latina.

En general, los proyectos de reciclaje de residuos electrónicos individuales deben ser el componente principal de cualquier programa de devolución de una compañía, el cual debe apuntar a la recolección y reciclaje de productos obsoletos, dondequiera que se vendan. No obstante, a pesar del crecimiento de dichos programas voluntarios y gubernamentales de recogida de desechos eléctricos y electrónicos, la velocidad de la recolección no sigue el ritmo de la tasa de consumo, que está creando cada vez mayores cantidades de desechos electrónicos con sustancias peligrosas, lo que significa un reto para las empresas implicadas en su fabricación.

²⁸ <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/cool-it/Campaign-analysis/Guide-to-Greener-Electronics/>

4.3.2.3 Estructura del mercado de los RAEE

En general, existen muchos actores que participan en la recolección, el comercio, y el reciclaje de RAEE. La Figura 2 muestra, a través de una estructura simplificada, los principales actores, y las relaciones entre ellos, identificados en el estudio realizado por BIO Intelligence Service para la Comisión Europea el año 2013.

Los flujos de RAEE comienzan con los consumidores, familias y empresas: ellos deciden en primera instancia si los RAEE se mueven en dirección a los sistemas de recolección nacionales o de los productores, en cumplimiento de la Directiva RAEE, o no. Los hogares pueden, por ejemplo, entregar los RAEE en un punto de recolección municipal o de un minorista.

En base a la Directiva RAEE, los municipios están obligados a proporcionar a los hogares al menos un lugar en el que puedan desprenderse de los RAEE. Los sistemas de gestión de los productores o esquemas de cumplimiento (es decir, los sistemas nacionales) tienen contratos vigentes con los municipios para recolectar y reciclar todos los RAEE recolectados. Por otra parte, los hogares pueden también dar su RAEE a los procesadores de chatarra locales u otros recolectores de la puerta a puerta.

En las zonas urbanas, los comerciantes de chatarra manejan los RAEE recolectados en la calle. Los RAEE también pueden ser llevados de vuelta por los instaladores (por ejemplo, fontaneros o contratistas de los comercios minoristas) y, a menudo, directamente vendidos a los chatarreros. Por otra parte, algunos RAEE son sustraídos de manera informal de los puntos de recolección y los venden para el desguace del metal. Generalmente, los RAEE terminan en trituradoras de metales ferrosos. En este punto se vuelve irreconocible como RAEE. Estos flujos alternativos de RAEE se denominan “flujos complementarios de RAEE” y se ilustran con flechas rojas en la Figura 2. Por último, pero no menos importante, los pequeños electrodomésticos a veces se tiran juntamente con los residuos domésticos.

Al igual que los consumidores, las empresas también depositan sus RAEE, pero a través de diferentes canales. Los RAEE de empresas fluyen principalmente a través de los procesadores de RAEE, reacondicionadores, procesadores de chatarra locales o directamente vía los recicladores nacionales. Típicamente, la casi totalidad de RAEE de empresas resultan en flujos complementarios.

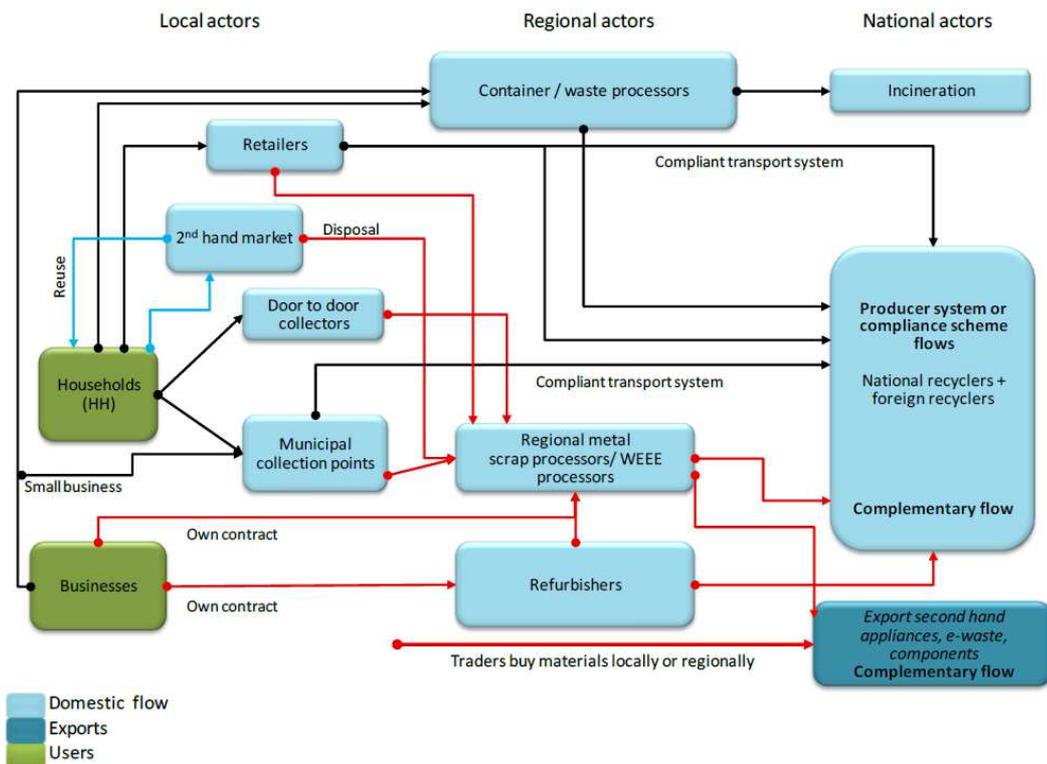


Figura 6: Flujos de RAEE típicos en la Unión Europea (BIO Intelligence Service, 2013).

Los sistemas de gestión de los productores, ya sea a través de puntos municipales o puntos minoristas, recolectan aproximadamente un tercio de los RAEE que se generan. Las estimaciones de varios estudios recientes indican que alrededor del 40% de los RAEE

se recolectan y se reciclan a través de canales alternativos, los cuales no se reportan ni cuantifican.

La parte de los RAEE procedentes de los usuarios finales que entra en los flujos de residuos municipales no seleccionados está alrededor del 10%. Además, el 15% de AEE se exporta, principalmente para su reutilización. Es importante tener en cuenta que parte de estos AEE se convierten en RAEE durante el transporte (por ejemplo, si no hay una protección adecuada del producto durante el transporte) o en un corto período de tiempo después de llegar al país de destino (BIO Intelligence Service, 2013).

4.3.2.4 Tratamiento de los RAEE

El aprovechamiento de los RAEE para la obtención de materias primas secundarias, genera un beneficio económico que ha originado un mercado creciente. Los actores que se sitúan dentro de este mercado son muy variados y existen muchos lazos entre ellos.

Para los RAEE desechados que no tienen posibilidades de reutilización ni de recuperación de componentes o subconjuntos, se pueden distinguir cinco corrientes o flujos para su gestión, las cuales predeterminan un tratamiento posterior. Estas cinco corrientes son las siguientes:

- Grandes instalaciones que, generalmente, exigen un desmontaje previo in situ.
- Equipos que contienen vidrio activado o con plomo.
- Equipos que pueden contener CFC, HCFC o similares.
- Equipos sin vidrio y sin CFC o similares, con un cierto valor intrínseco.
- Equipos de iluminación.

Todos los equipos, independientemente de la corriente de tratamiento de la que procedan, deben someterse a un proceso de preparación y descontaminación donde se separan los componentes potencialmente peligrosos. La descontaminación puede realizarse,

dependiendo del componente a separar y la técnica disponible, antes o después del desmantelamiento.

Una vez descontaminado, se procede a la obtención de fracciones conteniendo materiales relativamente homogéneos que permiten un tratamiento específico posterior eficiente. Estas fracciones son:

- Fracción compleja rica en metales.
- Fracción de vidrios.
- Fracción de plásticos.
- Residuos finales.
- Componentes potencialmente peligrosos.

Cada una de estas fracciones requiere un tratamiento especializado que consiste básicamente en la progresiva liberación de los materiales valorizables y la obtención de concentrados, que cumpliendo ciertas especificaciones, los hacen aptos como materia prima secundaria, o en su caso, como residuos finales en los procesos correspondientes.

El proceso típico de reciclaje de los RAEE se inicia con métodos mecánicos para desarrollar la trituración y la clasificación de las diferentes fracciones, seguido de una extracción de metales por el método hidrometalúrgico. Los residuos de la lixiviación pueden clasificarse en plásticos libres de metal, óxidos refractarios y cristales. La Figura 7 expone los pasos a seguir para conseguir un tratamiento medioambientalmente correcto de los RAEE.

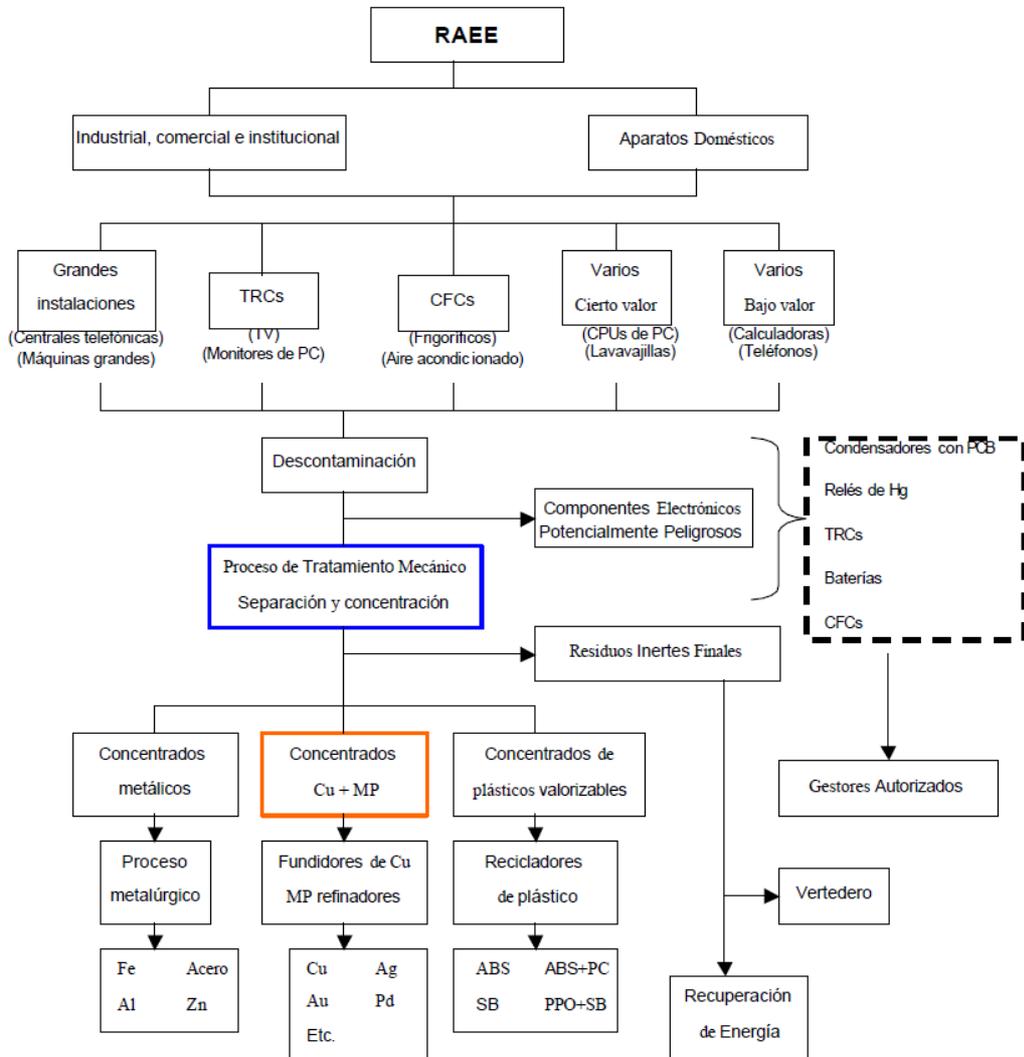


Figura 7: Ciclo de reciclado tipo de RAEE (Prada, G, 2003).

TRCs: Tubos de Rayos Catódicos.

CFCs: Clorofluorocarburos.

PC: sigla en inglés que corresponde a "Personal Computer".

CPUs: sigla en inglés que corresponde a "Central Processing Unit".

MP: metales preciosos.

SB: Copolímero de estireno-butadieno.

PPO: poli(óxido de fenileno).

ABS: acrilonitrilo-butadieno-estireno.

PC: policarbonato.

Como se ha descrito en apartados anteriores, los RAEE contienen más de 1.000 sustancias diferentes, muchas de las cuales son tóxicas, como el plomo, el mercurio, el arsénico, el cadmio, selenio, cromo hexavalente y retardantes de llama, por lo tanto, la eliminación incontrolada y el reciclaje de los RAEE en el sector informal es un asunto preocupante. De hecho, los recicladores informales emplean herramientas arcaicas y métodos para recuperar materiales y componentes valiosos de los RAEE con poca o ninguna protección para la salud humana y el medio ambiente. Por ejemplo, los trabajadores informales calientan las placas de circuito impreso sobre una llama para liberar sus componentes y recuperar las soldaduras de plomo. A continuación, las placas se envían a un proceso de baño de ácido para recuperar el oro y el cobre, y la solución de ácido puede terminar vertida libremente en el entorno cercano (Unidad de Investigación (LARRDIS) 2011 en BIO Intelligence Service, 2013).

4.3.2.5 Programas de certificación de la gestión de RAEE

Los programas de certificación para recicladores y reacondicionadores de RAEE permiten que un organismo acreditado e independiente demuestre que cumplen con los estándares de prácticas de reciclaje responsable. A nivel internacional destacan los programas de certificación del reciclaje de RAEE implementados en Estados Unidos y la Unión Europea.

En el ámbito de los **Estados Unidos**, actualmente existen dos normas de certificación acreditadas: las Prácticas de Reciclaje Responsable (R2) y los estándares de e-Stewards. Ambos programas de certificación comparten elementos comunes que garantizan el reciclaje responsable de los productos electrónicos usados y ofrecen una manera de evaluar las prácticas ambientales, de salud de los trabajadores y de seguridad de las entidades gestoras de RAEE.

- a. La **norma R2**²⁹ es la norma global medioambiental de primer nivel sobre la salud y seguridad de los trabajadores de la industria del reacondicionamiento y reciclaje de RAEE. R2 es un conjunto independiente de prácticas operativas voluntarias específicas para reciclaje de productos electrónicos la cual fue desarrollada por una amplia base de partes interesadas en el reciclaje de los aparatos electrónicos, incluyendo la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), los gobiernos estatales, fabricantes, recicladores, grupos sindicales y organizaciones no gubernamentales. Está administrada actualmente por SERI (*Sustainable Electronics Recycling International*). Más de 500 instalaciones actualmente están certificadas con R2 en 17 países, en su mayoría en Estados Unidos.
- b. La **certificación R2 / RIOS**³⁰ fue desarrollada específicamente por y para la industria de reciclaje para demostrar a sus clientes que los equipos electrónicos se reciclan bajo los más altos estándares para la protección del medio ambiente, la salud y seguridad del trabajador, y la privacidad de datos y protección de la instalación. R2 / RIOS es una combinación de las Prácticas de Reciclaje Responsables (R2) y el Standard del funcionamiento de la industria de reciclaje (*Recycling Industry Operating Standard* - RIOS). RIOS es el único programa en el mercado que combina la calidad, el medio ambiente, la salud y los requisitos de seguridad en un único sistema de gestión. Las prácticas fueron desarrolladas por múltiples partes interesadas, lideradas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. El grupo incluyó a representantes de los gobiernos federal y estatal, recicladores, fabricantes de productos electrónicos y asociaciones comerciales.
- c. El programa **e-Stewards** fue iniciado en 2003 por la Red de Acción de Basilea (PAN), una organización no lucrativa dedicada a cambiar la situación de los productos químicos y desechos en los países en vías de desarrollo. e-Stewards consiste en un equipo global de individuos, instituciones, empresas, organizaciones sin ánimo de lucro y agencias gubernamentales que defienden un

²⁹ <http://www.sustainableelectronics.org/>

³⁰ <http://www.certifymercycling.org/>

estándar seguro, ético y responsable a nivel mundial para el reciclaje y reacondicionamiento de los residuos electrónicos. Más de cuarenta plantas de reciclaje cualificadas y con un centenar de lugares en todo los EE.UU. y Canadá se comprometieron a utilizar solamente, medios seguros globalmente responsables de procesar los residuos electrónicos, en particular:

- a. ninguna disposición en vertederos o incineradoras
- b. sin trabajo penitenciario
- c. ninguna exportación de sustancias tóxicas a las comunidades pobres

El estándar e-Stewards es el más responsable a nivel mundial para el reciclaje de los residuos electrónicos, prohibiendo cualquier exportación de residuos electrónicos tóxicos a países en desarrollo.

A nivel europeo, el **WEEE Forum**³¹ es una asociación europea sin ánimo de lucro formada por más de 40 organizaciones de recogida y recuperación de los RAEE. Fue fundada en abril de 2002 y ofrece una plataforma para la cooperación y el intercambio de mejores prácticas y, al mismo tiempo, optimizando la eficacia de las operaciones de las organizaciones miembros, mientras se dirigen hacia la excelencia y la mejora continua del desempeño ambiental.

En abril de 2011, el WEEE Forum (Foro de los RAEE) aprobó las normativas sobre la recogida, la clasificación, el almacenamiento, el transporte, el tratamiento y la eliminación de dichos residuos. Estas normativas se desarrollaron en el contexto del proyecto WEELABEX, que el WEEE Forum aplica en colaboración con aquellos interesados de la comunidad de producción y de la industria de procesamiento.

En algunas partes de Europa, las tecnologías de tratamiento de los RAEE son punteras y la seguridad de los trabajadores está garantizada; mientras que, en otras,

³¹ <http://www.weee-forum.org/>

la descontaminación y el tratamiento mecánico se llevan a cabo en instalaciones que disponen de unas medidas de seguridad deficientes o de tecnologías inadecuadas para tal fin. Las nuevas normativas, que abarcan las diez categorías de RAEE, garantizarán un enfoque común en toda la UE. Dichas normativas pretenden:

- Lograr una descontaminación, un tratamiento y una eliminación apropiados de todos los tipos de RAEE para evitar la contaminación y reducir al mínimo las emisiones.
- Fomentar la alta calidad en la recuperación de de materias primas secundarias.
- Proteger la salud y la seguridad de las personas.
- Evitar el traslado transfronterizo ilegal de los RAEE.

Entre los participantes en el programa se incluyen las instalaciones de recogida y logística, los transportistas y las instalaciones relacionadas con el desmontaje, la descontaminación, la preparación para la reutilización, la eliminación y el reciclaje.

5. Situación nacional sobre control y manejo de los AEE

5.1.1 Introducción a la legislación nacional

5.1.1.1 Legislación sobre residuos

Chile ha realizado diversos esfuerzos por normar la gestión de los residuos. Actualmente, en el marco de la gestión de residuos y en concreto de los RAEE, existen dos proyectos de ley en trámite:

- Proyecto de Ley Marco para la gestión de residuos y responsabilidad extendida al productor (proyecto de Ley REP). A continuación se describe el contenido del Proyecto de Ley Marco.
- Proyecto de Ley para establecer normas para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

El proyecto de Ley REP obliga a las empresas productoras (fabricantes o importadoras) de productos prioritarios a hacerse cargo del costo que supone la gestión de sus productos tras el fin de su vida útil.

El proyecto de Ley ingresó en la Cámara de Diputados el 10 de septiembre de 2013 por lo que actualmente está siendo sometido a discusión por los Miembros de la Cámara para su aprobación. El proyecto de Ley REP ha sido impulsado por el Ministerio de Medio Ambiente de Chile, con el objeto de establecer el marco jurídico para la gestión y, en particular, instaurar la responsabilidad extendida del productor, todo ello con la finalidad de:

- 1) Incentivar la prevención en la generación de residuos.
- 2) Fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, protegiendo así la salud humana y el medio ambiente.

La REP implica que los productores de productos prioritarios deben cumplir con ciertas obligaciones tales como registrarse, organizar y financiar la gestión del residuo, cumplir

metas de valorización a través de alguno de los sistemas de gestión y asegurar que el tratamiento de los residuos recolectados se realiza a través de gestores autorizados. Por ello, el fabricante o importador deberá hacerse cargo del producto una vez terminada la vida útil de éste, debiendo cumplir las metas de reciclaje establecidas por el Ministerio de Medio Ambiente.

Los productos prioritarios que establece el proyecto de Ley para implementar la estrategia son definidos en base a criterios de volumen, peligrosidad, potencial de valorización y experiencia comparada. En total son nueve (9) los productos establecidos como prioritarios para la REP en los que se incluyen: **aceites lubricantes, aparatos eléctricos y electrónicos** (incluidas las lámparas y ampollitas), **diarios, periódicos y revistas, envases y embalajes, medicamentos, neumáticos, pilas y baterías, plaguicidas caducados, y vehículos.**

Con el fin de establecer las **metas y los objetivos de recolección y valorización**, este proyecto de Ley, en su artículo 10, establece que estos serán fijados a través de **Decretos Supremos específicos**. Para la aprobación de los objetivos por parte del Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, estos deberán estar respaldados por un estudio en el que se valide su viabilidad mediante un análisis del impacto económico y social acompañado de consultas a organismos públicos y privados, y una etapa final de consulta pública.

Asimismo, en un contexto más local, las Municipalidades podrán también incluir en sus propias Ordenanzas la obligación de establecer una recogida selectiva de determinadas fracciones de residuos domiciliarios y asimilables a estos.

De acuerdo al Boletín 9097-12, sobre el Proyecto de Ley de Gestión de Residuos y Responsabilidad Extendida al Productor, se establece la inclusión en el proyecto de Ley el Ecodiseño como instrumento destinado a prevenir la generación de residuos y/o promover su valorización mediante decreto supremo³².

³² http://www.camara.cl/pley/pley_detalle.aspx?prmID=9501&prmBL=9094-12

Además de este proyecto de Ley específico para la implementación de la REP en Chile, existe otra normativa vinculada con la gestión de los RAEE tras finalizar su vida útil. Estas regulaciones se detallan en la Tabla 10.

Tabla 10: Normativa de referencia en Chile asociada al uso y gestión de RAEE.

Normativa	Organismo	Descripción
Decreto Supremo 148, 2004	Ministerio de Salud	Reglamento Sanitario sobre el Manejo de Residuos Peligrosos.
Decreto Supremo N° 190/05	Ministerio de Salud	Determina las sustancias cancerígenas, para efecto de la aplicación del DS 148/2003. Clasifica como cancerígenas las sustancias tóxicas crónicas: Lindano, alfa- HCH y beta-HCH.
Decreto Supremo N° 209/2005	Ministerio de Salud	Fija valores de toxicidad para efectos de aplicación del DS N° 148/2003.
Resolución exenta N°292/05	Ministerio de Salud	Fija las metodologías de caracterización de Residuos Peligrosos.
Resolución exenta N°359/05	Ministerio de Salud	Aprueba Reglamento de Declaración de Residuos Peligrosos.
DFL N°1, numerado 44 y DS N°745, art.19	Ministerio de Salud	La acumulación, tratamiento y disposición final de residuos peligrosos debe contar con autorización sanitaria.

- **Decreto Supremo 148 sobre el Manejo de Residuos Peligrosos (DS 148/2003)**

Los aparatos eléctricos y electrónicos consisten en una mezcla de sustancias que, una vez llegada la vida final útil del producto, algunos de estos compuestos tienen la consideración de residuos peligrosos, como son: algunos metales pesados, PCB (Policlorobifenilos), retardantes del fuego, CFC (Clorofluorocarburos) y otras sustancias,

que se encuentran en mayor o menor porcentaje en algunos de los AEE. El listado específico de los componentes que son considerados como residuos peligrosos, de acuerdo al DS 148/2003, se indican a continuación.

El DS 148/2003 que aprueba el Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos establece en su Título II, artículo 18, los listados de las categorías de residuos que se consideran peligrosos. A continuación se enumeran las sustancias presentes en RAEE que podrían considerarlos residuos peligrosos:

- *Lista I: Categorías de residuos consistentes o resultantes de los siguientes procesos*
 - II.10: Sustancias y artículos de residuo que contengan, o estén contaminados por, **bifenilos policlorados (PCB)**, terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).

- *Lista II: Categorías de residuos que tengan como constituyentes*
 - II.2: Berilio, compuestos de **berilio**
 - II.3: Compuestos de **romo hexavalente**.
 - II.8: **Cadmio**, compuestos de **cadmio**.
 - II.9: Compuestos de **antimonio**.
 - II.11: Compuestos de **mercurio**
 - II.13: **Plomo**, compuestos de plomo.
 - II.27: Compuestos **organohalogenados**, que no sean las sustancias mencionadas en el presente artículo.

➤ *Lista III: Categorías de otro residuos*

- III.3: Residuos que procedan de la **recolección selectiva o de la segregación** de residuos sólidos domiciliarios que presenten al menos una característica de peligrosidad.

➤ *Residuos peligrosos indicados en la lista A.³³*

A1010 Residuos metálicos y residuos que contengan aleaciones de cualquiera de las siguientes sustancias: Antimonio, Arsénico, Berilio, Cadmio, Plomo, Mercurio, Selenio, Telurio y Talio.

A1020 Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes, excluidos los residuos metálicos en forma masiva, cualquiera de las siguientes sustancias: antimonio; compuestos de antimonio; berilio; compuestos de berilio; cadmio; compuestos de cadmio, plomo; compuestos de plomo, selenio; compuestos de selenio.

A1030 Residuos que tengan como constituyentes o contaminantes cualquiera de las sustancias siguientes: Arsénico; compuestos de arsénico; Mercurio; compuestos de mercurio; Talio; compuestos de talio.

A1040 Residuos que tengan como constituyentes cualquiera de las siguientes sustancias: Carbonilos metálicos y Compuestos de cromo hexavalente.

A1090 Cenizas de la incineración o quema de cables de cobre recubiertos con aislantes.

A1150 Cenizas de metales preciosos procedentes de la incineración de circuitos impresos no incluidos en la Lista B del presente Artículo, que presentan alguna característica de peligrosidad.

³³ El Convenio de Basilea también los considera como residuos peligrosos, por lo que se debe regular el transporte transfronterizo de los residuos que los contengan. A1090 Cenizas de la incineración o quema de cables de cobre recubiertos con aislantes.

A1180 Montajes eléctricos y electrónicos de residuo o chatarras de éstos que contengan capacitores de PCB, o contaminados con constituyentes de la Lista II del artículo 18

A2010 Residuos de vidrio de tubos de rayos catódicos y otros vidrios activados.

A3180 Residuos, sustancias y artículos que contienen, consisten o están contaminados con bifenilo policlorado (PCB), terfenilo policlorado (PCT), naftaleno policlorado (PCN) o bifenilo polibromado (PBB), o cualquier otro compuesto polibromado análogo, con una concentración de igual o superior a 50 mg/kg

➤ *Residuos peligrosos indicados en la lista B:*

B1110 Montajes eléctricos y electrónicos

De acuerdo a esta identificación, las partes eléctricas y electrónicas de los RAEE están clasificados como residuos peligrosos, por lo que su gestión deberá adecuarse a las disposiciones del DS 148/2003.

En cuanto a las operaciones de eliminación, el Título IX establece las operaciones de eliminación a las que podrán someterse los residuos clasificados como peligrosos.

Operaciones que no pueden conducir a la recuperación, reciclaje, regeneración o reuso para los RAEE:

A.1	Depósito permanente dentro o sobre la tierra.
A.2	Tratamiento en el suelo.
A.3	Rellenos de seguridad.
A.5	Tratamiento físico-químico no específico.
A.7	Almacenamiento.

Operaciones que pueden conducir a la recuperación de recursos, reciclaje, regeneración y reuso:

B.1	Utilización como combustible, que no sea incineración directa u otros medios de energía.
B.2	Recuperación o regeneración de solventes.
B.3	Reciclaje o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilicen como solventes.

B.4	Recuperación o regeneración de metales y compuestos metálicos.
B.5	Reciclaje o recuperación de otras materias inorgánicas.
B.6	Regeneración de ácidos y bases.
B.7	Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación.
B.8	Recuperación de componentes provenientes de catalizadores.
B.9	Recuperación o reutilización de aceites usados.
B.10	Tratamiento de suelos en beneficio de la agricultura o en el mejoramiento ecológico.
B.12	Utilización de residuos peligrosos resultantes de cualquiera de las opciones de B.1 a B.10.
B.13	Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera de las opciones de B.1 a B.11.

Algunas de las opciones anteriormente enumeradas y, de acuerdo con lo dictado en el reglamento, presentan ciertas excepciones. Éstas se detallan ampliamente en la correspondiente regulación.

5.1.1.2 Legislación sobre sustancias peligrosas

En la Tabla 11 se resumen las principales disposiciones legales relativas al uso y manejo de sustancias peligrosas en general (incluyendo COP, metales pesados, entre otras) en Chile.

En general, con respecto a COP, existe el marco normativo en todos los ámbitos que establece el Convenio de Estocolmo: control de la producción, comercialización y uso; existencias, reducción, minimización y eliminación de emisiones, gestión de residuos y vigilancia. No obstante, se identifican vacíos legales y de gestión (Conama, 2012) con respecto a su presencia en AEE en lo que concierne a:

- la segregación de los COP presentes en los residuos de equipos eléctricos y electrónicos y en los vehículos fuera de uso con la finalidad de asegurar su correcta disposición final evitando su reutilización y, eliminar o reducir las emisiones desde las instalaciones de gestión de residuos.

- normativa relativa a la prohibición o restricción del uso de los compuestos bromados utilizados como retardantes de llama (hexabromobifenil, éter de hexabromodifenil, éter de heptabromodifenil, éter de tetrabromodifenil y de pentabromodifenil) en equipos eléctricos y electrónicos.

Tabla 11: Normativa de referencia en Chile asociada a sustancias peligrosas.

NORMATIVA	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
Decreto Supremo N°685/92 del Ministerio de Relaciones Exteriores	Ministerio de Salud	Promulga el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. Reducir al mínimo, controlar estrictamente los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y eliminarlos de manera ambientalmente racional.
Decreto Supremo N°37/05 del Ministerio de Relaciones Exteriores	Ministerio de Relaciones Exteriores	Promulga el Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos objeto de comercio internacional y sus anexos.
Decreto Supremo N°38/05 del Ministerio de Relaciones Exteriores.	Ministerio de Relaciones Exteriores	Promulga el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes y sus anexos.
Código Sanitario, Decreto con Fuerza de Ley N°725/68 del Ministerio de Salud	Ministerio de Salud; Servicios de Salud	Rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República: <ul style="list-style-type: none"> • Normas sobre la higiene y seguridad del ambiente. • Regulación de la evacuación de residuos industriales líquidos y sólidos. • Normas sobre sustancias tóxicas o peligrosas para la salud. • Autorizaciones para la importación, fabricación de sustancias tóxicas o peligrosas. • Normas sobre plaguicidas de uso

NORMATIVA	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
		doméstico.
Resolución Exenta N°714/02	Ministerio de Salud	Dispone publicación de lista de sustancias peligrosas para la salud.
Decreto con Fuerza de Ley N° 1/89 del Ministerio de Salud	Ministerio de Salud; Servicios de Salud	<p>Autorización de actividades que tienen que ver con los diversos ciclos de vida de las sustancias químicas, desde importación hasta disposición final.</p> <p>En particular, la fabricación y/o importación de plaguicidas; la importación y/o fabricación de sustancias químicas peligrosas para la salud; las instalaciones destinadas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase y la acumulación y disposición final de residuos cuando estos sean inflamables, explosivos o contengan compuestos considerados por el Decreto N° 594/99 requieren autorización sanitaria expresa.</p>
Decreto Supremo N°47/92 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, última modificación DS N°142/03	Ministerio de Vivienda y Urbanismo Servicio de Salud.	Fija texto de Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcción. Incluye los establecimientos industriales y el bodegaje de sustancias químicas.
Ley 19.300 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, sobre Bases Generales del Medio Ambiente	Ministerio de Secretaría General de la Presidencia Comisión Nacional del Medio Ambiente.	<p>Establece Instrumentos de Gestión Ambiental, tales como: el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, las Normas de Calidad y Emisión y los Planes de Prevención y Descontaminación Ambiental.</p> <p>Debe someterse al SEIA la "Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas".</p> <p>Debe ser evaluada ambientalmente la "aplicación masiva de productos químicos en áreas urbanas o zonas rurales próximas a centros poblados o a cursos o masas de aguas que puedan ser afectadas".</p>

NORMATIVA	ORGANISMO	DESCRIPCIÓN
Decreto Supremo N°30/97 del Ministerio Secretaría general de la Presidencia	Ministerio de Secretaría General de la Presidencia	Reglamento del SEIA. Establece las normas para la entrega de permisos o pronunciamientos de carácter ambiental, que deben otorgar los organismos del Estado respecto a los proyectos o actividades sometidos al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. En particular, la producción, almacenamiento, disposición, reutilización o transporte por medios terrestres, de sustancias tóxicas que se realice durante un semestre o más, en una cantidad igual o superior a doscientos kilogramos mensuales (200 kg/mes), entendiéndose por tales a las sustancias señaladas en la Clase 6.1 de la NCh 382.Of89301.
Decreto Supremo N° 78/2010	Ministerio de Salud	Aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.

5.1.1.3 Legislación sobre ampolletas

La Resolución Exenta N° 60 del Ministerio de Energía, de 30 de diciembre de 2013, fija el Estándar Mínimo de Eficiencia Energética que deberán cumplir las ampolletas para su comercialización en el país.

La norma establece que a partir de fines de 2014, y en forma gradual, se dejarán de comercializar ampolletas ineficientes en Chile. De acuerdo con el cronograma definido, en diciembre de 2015 ninguna ampolleta incandescente podrá ser comercializada en el mercado local. Para su reemplazo existe tecnología eficiente, tales como las ampolletas fluorescentes compactas o las LED, que gastan solamente una parte de la energía que necesitan las incandescentes para iluminar.

La implementación de la normativa implicará grandes beneficios a las familias y a la sociedad en su conjunto, ya que se reducirán los costos en energía eléctrica de las viviendas. Esto, su vez, permitirá disminuir las emisiones de CO₂.

Esta norma se enmarca en el primer pilar de la Estrategia Nacional de Energía, lanzada en 2012, que define como una política de Estado al crecimiento con Eficiencia Energética y en la Estrategia Nacional de Iluminación Eficiente (ENIE) 2013-2017³⁴ la cual fue desarrollada en el marco de la iniciativa “en.lighten”³⁵ establecida por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial³⁶ en 2009 para acelerar la transformación del mercado mundial hacia unas tecnologías de la iluminación ambientalmente sostenibles y energéticamente eficientes, así como para desarrollar estrategias para la eliminación gradual de las lámparas incandescentes ineficientes, reducir las emisiones de CO₂ y las emisiones de mercurio procedentes de la combustión de combustibles fósiles. La iniciativa es una asociación público/privada entre el PNUMA, OSRAM y Philips Lighting, con el apoyo del GEF.

Chile participa en la iniciativa “en.lighten” y ha sido designado como país piloto para recibir apoyo continuo en el desarrollo de un plan de trabajo para asegurar una transición sostenible. La Estrategia Nacional de Iluminación Eficiente 2013-2017 sigue los elementos del enfoque integrado de la iniciativa en.lighten. Las acciones prioritarias para el Comité de Coordinación Nacional incluyen la capacitación para la vigilancia, verificación e inspección, así como el desarrollo de un sistema integral para la gestión ambientalmente racional de los productos de iluminación usados. La innovación tecnológica también se promoverá en forma de lámparas LED, controles y sensores,

Los cuatro objetivos prioritarios de la mencionada Estrategia son:

- Promover la innovación tecnológica habilitando la adopción de productos eficientes de iluminación.
- Avanzar en el cumplimiento de la meta de reducción de la demanda de energía al 2020.
- Aportar a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

³⁴ Documento a Consulta Pública desde 1º de Septiembre de 2013.

³⁵ <http://www.enlighten-initiative.org/>

³⁶ GEF: Global Environment Facility

- Controlar los niveles de mercurio en los productos de iluminación y asegurar su disposición adecuada al final de la vida útil.

5.1.2 Comercialización de AEE

El consumo de AEE en Chile proviene principalmente de la importación aunque se observan diferencias en función de las categorías de AEE.

En el caso del mercado de grandes y pequeños electrodomésticos, las importaciones, representan alrededor del 95% del consumo aparente nacional de estos productos. El mercado se caracteriza por tener una gran variedad de marcas con un número elevado de importadores. Solamente Electrolux (ex Compañía Tecno Industrial (CTI)) fabrica y comercializa algunos electrodomésticos en Chile (lavadoras, refrigeradores y lavavajillas). Anteriormente, otras empresas chilenas fabricaban electrodomésticos (línea blanca mayoritariamente) pero en la actualidad ya no los producen, y son importadores de los mismos. Este es el caso de Sindelen, Ursus Trotter y Metalúrgica Winter (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)

Por otro lado, el mercado nacional de equipos de informática y telecomunicaciones, aparatos de consumo y dispositivos de alumbrado se basa en las importaciones, las cuales representan el 100% del consumo aparente nacional de estos productos, ya que en el país no existen empresas fabricantes de los mismos, existiendo solamente algunas empresas que elaboran componentes menores (suministros eléctricos). El mercado se caracteriza por tener una gran variedad de marcas, los productores del sector corresponden a empresas que importan los distintos equipos, ubicadas preferentemente en la Región Metropolitana, tales como Philips, Sodimac, Apple, Samsung, etc. y distribuidores como Cencosud (París, Easy, Fallabella) y Mac On Line.

Aunque los grandes y pequeños electrodomésticos son los que presentan una mayor contribución (en % peso) al total de AEE consumidos (y RAEE generados), tal y como se ha analizado en el numeral 3, son los equipos de informática y telecomunicaciones, los aparatos de consumo y los dispositivos de alumbrado, las que contienen mayores

porcentajes de COP y metales pesados y que, por tanto, presentan un mayor interés para el objeto del presente estudio.

Los estudios previos realizados por CyV Medioambiente (2009 y 2010) desarrollaron la evolución histórica de las importaciones de estas categorías de AEE a partir de registros del Servicio de Aduanas y del Banco Central, la cual se muestra en los siguientes subapartados. Asimismo, constataron niveles despreciables de exportación para estos equipos, con porcentajes promedio de la exportación frente a la importación entre el 0,5 y el 1%.

5.1.2.1 Aparatos de consumo

A continuación se muestran las importaciones de los principales aparatos de consumo para el periodo 2002-2009:

Tabla 12: Datos de importación (unidades) de aparatos de consumo (2002-2009).

Año	Televisores	Radios y equipos audio	Videocámaras	Videos y otros reproductores imagen	Amplificadores de Sonido	Instrumentos Musicales
2002	518.982	1.014.428	54.084	254.054	138.550	12.454
2003	649.463	1.117.785	98.618	374.388	220.882	24.112
2004	670.209	1.444.203	152.784	645.798	225.068	30.022
2005	950.531	3.442.000	332.871	1.337.671	201.466	20.345
2006	1.383.000	4.111.070	322.022	1.783.610	180.219	63.915
2007	2.437.000	4.598.000	1.165.504	1.196.247	179.722	32.866
2008	2.693.000	3.275.000	850.785	1.254.490	210.136	29.904
2009	1.958.000	2.317.000	852.216	791.148	130.447	22.792

Fuente: CyV Medioambiente, 2010 (Servicio de Aduanas, Indicadores Comercio Exterior Banco Central).

A nivel nacional el flujo de comercialización de aparatos de consumo nuevos se inicia con el importador, el cual puede comercializar directamente o entregar el producto a los comercios de distribución. Se incluye aquí también a las empresas de retail, que suelen actuar como importadores y como distribuidores, por lo cual, la principal característica de este mercado es una gran cantidad de distribuidores, a lo que se suma una amplia variedad de marcas.

Por lo anterior, la comercialización de artículos electrónicos distingue tres áreas bien definidas: tiendas de retail (grandes tiendas y supermercados), comercio general (tiendas específicas de marca, tiendas regionales o negocios pequeños), y zona franca o libre de impuestos.

5.1.2.2 Equipos de informática y telecomunicaciones

A continuación se muestran las importaciones de los principales equipos de informática y telecomunicaciones para el periodo 2002-2008:

Tabla 13: Datos de importación (unidades) equipos de informática y telecomunicaciones (2002-2008).

Año	computadores	Impresoras (total)	monitores CRT	monitores LCD	monitores totales	Unidades de memoria de disco	teclados	Celulares
2002	167.251	307.449	301.459	108.505	409.964	790.260	421.442	2.277.273
2003	202.767	372.688	382.688	110.594	493.282	837.242	656.483	2.822.588
2004	317.588	531.628	482.566	85.968	568.534	1.116.504	785.863	4.177.956
2005	453.407	635.185	512.109	164.608	676.717	1.620.532	972.772	5.082.134
2006	571.510	686.000	267.668	380.851	648.519	1.418.106	1.127.333	6.747.684
2007	853.265	861.146	139.100	578.000	717.100	1.495.000	1.141.471	6.549.000
2008	1.017.088	829.810	101.490	575.140	676.630	1.885.000	926.852	6.272.000

Fuente: CyV Medioambiente, 2009 (Servicio de Aduanas, Indicadores Comercio Exterior Banco Central).

A nivel nacional los principales canales de comercialización de computadoras nuevas y sus accesorios son empresas locales de distribución, quienes reciben el producto desde los productores (importadores de equipos de marca, completos, o ensambladores que importan partes de equipos). Las distribuidoras venden directamente a los consumidores ya sea corporativos (empresas) o particulares.

En el caso de las computadoras, la principal característica del mercado chileno es la concentración de la producción, donde un pequeño grupo de productores internacionales (directamente en el país o por medio de grandes cadenas de retail) controla cerca del 80 % de las ventas, mientras una gran cantidad de pequeños ensambladores locales (formales e informales) completa el escenario con el restante 20%.

5.1.2.3 Dispositivos de alumbrado

A continuación se muestran las importaciones de los principales dispositivos de alumbrado para el periodo 2002-2009:

Tabla 14: Datos de importación (unidades) luminarias (2002-2009).

Año	Fluorescentes	Vapor de mercurio	Otras de descarga	Incandescentes y halógenas	Lámparas UV
2002	5.434.741	66.487	173.350	35.790.849	106.573
2003	6.409.874	83.415	572.056	42.271.668	70.987
2004	8.507.357	49.547	728.221	45.119.145	99.730
2005	8.362.502	127.849	818.678	51.643.522	93.449
2006	32.016.577	63.665	1.436.532	28.292.696	131.530
2007	16.980.905	55.812	601.676	62.751.804	144.803
2008	87.796.718	37.146	1.011.122	11.802.970	138.044

2009	14.734.244	56.079	533.003	51.459.606	80.068
------	------------	--------	---------	------------	--------

Fuente: CyV Medioambiente, 2010 (Servicio de Aduanas, Indicadores Comercio Exterior Banco Central).

Los productores del sector corresponden a empresas representantes de marcas que importan estos productos, ubicadas preferentemente en la Región Metropolitana, ya que en el país no existen empresas de fabricación de estos aparatos. Asimismo se encuentra una gran cantidad de importadores directos que ingresan productos de diversas marcas y los comercializan directamente, entre los cuales destacan alguna grandes tiendas de retail.

5.1.2.4 Compañías comercializadoras

A continuación se resumen las aportaciones de las principales compañías comercializadoras de AEE que han sido contactadas y son de interés para el logro de los objetivos y alcance del presente estudio y la información proporcionada por cada una de ellas en cuanto a artículos que contienen COP y/o metales pesados comercializados en Chile. Para una información detallada sobre las entrevistas realizadas puede consultarse el Anexo 1.

(a) Philips

Philips Chile importa todos sus productos. Philips comercializa tubos fluorescentes y ampolletas (fluorescentes compactas – con mercurio; ampolletas de sodio, halógeno y LED que no contienen mercurio). Dentro de las fluorescentes compactas existen dos tipos principales: (i) las residenciales y (ii) las profesionales. Las residenciales llevan un transformador acoplado y son modelo rosca, mientras que las profesionales llevan un transformador externo y no tienen rosca.

En general, todos los productos de Philips presentan contenidos inferiores a 2 mg de mercurio. En cuanto al plomo, este suele presentarse en el cristal de las ampolletas en aleación con otros elementos.

En relación a la tendencia futura del mercado, cada vez se da una mayor producción de ampolletas LED, con lo cual se prevé que el resto de los productos disminuyan en producción. Como ejemplo, está el caso de la venta de ampolletas sodio-haluro que disminuye un 10% cada año.

Se prevé que la producción de LED (los cuales están libres de plomo y mercurio) aumente hasta un 70% para el 2020.

Por otra parte, Philips participa en la iniciativa “en.lighting” por la cual Chile es un país piloto (ver apartado 5.1.1.3). En este marco, se prevé eliminar del mercado las ampolletas menos eficientes, de forma progresiva, a partir de Diciembre 2014.

(b) Samsung

Samsung ha dejado de vender CRT en Chile en el 2012, y actualmente ya no existen en el mercado. La compañía comercializa básicamente en primer lugar celulares y tabletas (a partir de este año 2014 ya no fabrica computadoras, se focalizan en tabletas), televisores, lavadoras y refrigeradores.

Por otra parte cabe remarcar que en su catálogo web Samsung tiene cierta información para determinados modelos de productos (en concreto televisores) en cuanto a las especificaciones ambientales que indica la concentración de mercurio y la presencia o no de plomo.

5.1.3 Manejo de RAEE

5.1.3.1 Traslados de RAEE

Como se ha descrito en el apartado 4.2.2, Chile ratificó en 1992 el Convenio de Basilea para el control del movimiento transfronterizo de desechos peligrosos y su eliminación y por tanto, la exportación/importación de RAEE con contenido en materiales peligrosos

está muy restringida. No obstante, estos aparatos pueden llegar a exportarse en forma de AEE usados o incluso sus fracciones metálicas y plásticas, una vez desarmados los RAEE por gestores intermediarios.

A través del Convenio de Basilea no están disponibles datos de exportación/importación de RAEE peligrosos para Chile.

Por otro lado, los datos proporcionados por el Servicio de Aduanas y el Banco Central en el marco del inventario de RAEE con COP y metales pesados desarrollado en apartado 6 del presente informe y los informes CyV (2009 y 2010), se evidencia que las cantidades de AEE/RAEE exportados son mínimos. No obstante, se desconoce qué porcentajes de AEE importados/exportados corresponde a nuevos o usados.

Finalmente, tal y como se describe en los próximos subapartados, algunos de los gestores intermediarios contactados, los cuales desarman los RAEE, han indicado que exportan los metales no férricos de mayor valor, para su reciclaje a Alemania, y el material plástico a China. No obstante no se dispone de datos al respecto, por lo que tampoco se pueden estimar aquellas fracciones con potencial contenido en COP y/o metales pesados, por ejemplo, plástico con retardantes de llama bromados.

5.1.3.2 Estructura de mercado de los RAEE

La gestión de los RAEE en Chile se realiza de manera minoritaria (de tipo formal), con pocos puntos de recolección y con pocos gestores que realicen el desarme y reciclen el producto. Es importante destacar el vacío en cuanto a información desglosada por tipo de RAEE disponible. Por este motivo se dificulta la valoración final de la cantidad de RAEE que contienen COP y/o metales pesados gestionados mediante las vías formales, así como la estimación de la cantidad de aparatos que son reutilizados, acumulados en los hogares, abandonados en los servicios técnicos de las diferentes marcas o dispuestos en vertederos/botaderos.

Los RAEE se consideran peligrosos desde el momento que pasan a la categoría de fuera de uso, de acuerdo a lo indicado en el DS 148, como legislación específica. Al respecto, no existe una correspondencia entre la calidad y la clasificación actual del residuo, ya que sigue siendo el mismo producto, a menos que se le intervenga y desmantele. Esta situación dificulta la operatoria de cualquier sistema de gestión en cuanto a condiciones de logística y tratamiento económicamente viable de estos residuos.

La figura siguiente resume el sistema de comercialización que actualmente opera en el país y la situación general sobre el manejo de los residuos generados:

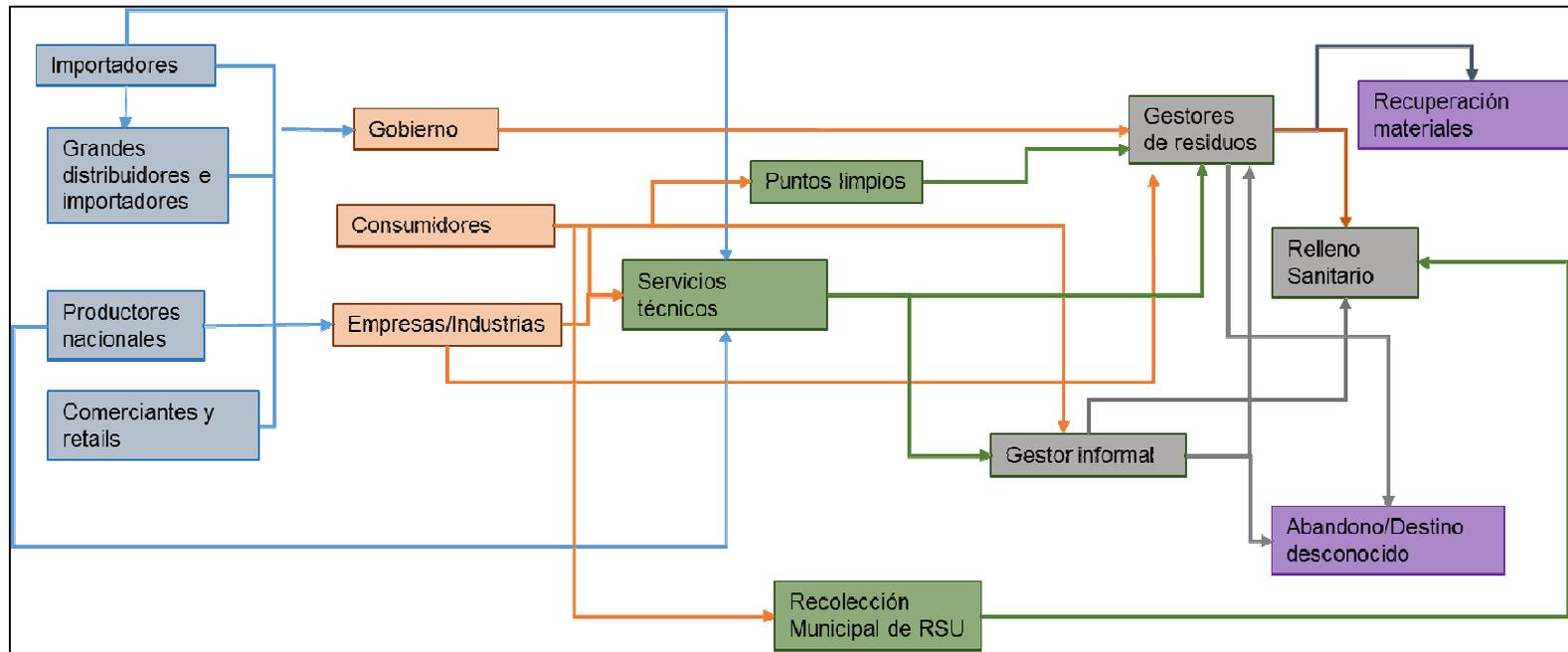


Figura 8: Flujo de comercialización de productos y manejo de residuos.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente, 2015

El mercado de la gestión de los residuos provenientes de los AEE está formado por diferentes actores con diferentes roles en su gestión. Estos actores se dividen en: recolectores (considera no solo las municipalidades), intermediarios (reciclaje intermedio de los RAEE, reciclaje de las fracciones valorizables) y de disposición final.

A continuación se describen brevemente cada uno de estos actores a nivel nacional y su rol principal:

a) Recolectores

Las principales vías por las cuales se reciben los RAEE para su posterior desarme son:

- Servicios técnicos, existen iniciativas de recolección a partir de convenios entre estos, como es el caso de LG, SONY o SAMSUNG ELECTRONICS, en caso de que el aparato esté todavía en garantía.
- Empresas privadas que contratan la gestión de determinadas categorías de RAEE, entre otros tipos de residuos, a los gestores de residuos.
- Empresas importadoras: en algunos casos, los productos que no se pueden reparar una vez importados son desarmados y vendidos a recicladores.
- Recolección en colegios y otros centros.
- Municipalidades: a través de los puntos limpios en que recolectan los RAEE transportados por los propios ciudadanos.
- ONG y fundaciones: Fundación Chilenter está autorizada como destino de aparatos electrónicos y periféricos y ha firmado a nivel nacional convenios con colegios y municipalidades, a través de los cuales suministra computadoras reacondicionadas (cambian el CRT por la pantalla LCD). Estas sustituciones se realizan de forma periódica cada 4-5 años. Los CRT que recogen se gestionan directamente (sin valorización) con Hidronor (disposición final). Actualmente Chilenter se encuentra tramitando una solicitud de manejo para poder valorizar

componentes de los CRT, excepto el tubo de rayos catódicos, que como tal iría a disposición final.

b) Intermediarios

Como actores intermediarios en el proceso de gestión de los RAEE encontramos dos figuras, los gestores intermediarios y los recicladores de fracciones valorizables, que se explican a continuación.

b.1) Gestores Intermediarios:

Los gestores intermediarios desarman los productos, y separan las fracciones valorizables que venden a los recicladores de estas fracciones. En general los gestores intermediarios reciben diferentes tipos de RAEE: grandes y pequeños electrodomésticos, computadoras, televisores, etc.

Degraf: dispone de una planta de reciclaje situada en la comuna de Quilicura. Esta empresa recibe la mayoría de los RAEE provenientes de la recolección directamente de la empresa B2B. Su planta de reciclaje está proyectada para una capacidad de desarme de 60 t/mes de RAEE.

Actualmente Degraf sigue recibiendo y gestionado CRT en un volumen significativo (aprox. un 10% del material que retiran/tratan son CRT, lo que al mes podría significar unas 6 t). Los Tubo de Rayos Catódicos como tal se van a disposición final y los plásticos se utilizan como poder calorífico en los hornos cementeros.

Recycla: gestor intermedio de pequeños electrodomésticos a través del reciclaje de residuos electrónicos (e-waste), eléctricos y metales no ferrosos. Recycla posee una planta en la comuna de Pudahuel en la que recibe los RAEE, principalmente de aparatos electrónicos y tiene una capacidad para recibir 4.000 ton/año.

MIDAS: gestor intermediario y de reciclaje de metales no ferrosos en las Regiones Metropolitana, Atacama y Maule. Dispone de una planta de reciclaje de varios productos como CPUs, servidores, monitores, notebooks, computadoras y periféricos, celulares, teléfonos fijos, electrodomésticos menores, juguetes, herramientas eléctricas y



electrónicas, máquinas expendedoras, equipos de audio, etc. Esta planta se encuentra localizada en la comuna de Lampa, provincia de Chacabuco, Región Metropolitana. Su instalación tiene una capacidad de instalación para la gestión de los RAEE de 100 t/año en funcionamiento estándar, considerando una proyección máxima de 150 t/año.

Chilerecicla: gestor de grandes y pequeños electrodomésticos que dispone una planta de desarme de RAEE ubicada en la ciudad de Chillán, Región del Bío-Bío. Chilerecicla da servicios a empresas y participa en campañas con municipalidades para fomentar la recolección y separación de los RAEE. Su instalación tiene una capacidad aproximada de 1000 t/año, en la que se desarmen los RAEE, a excepción de los refrigeradores. Las fracciones de plásticos resultantes se exportan a China para su reciclaje, no obstante, la empresa no ha proporcionado datos al respecto.

Chatarras IPM: Esta empresa se dedica al reciclaje de metales no férricos, plásticos y al empacamiento de metales férricos, sin embargo no desarma equipos de RAEE.

MARSIN COMEC: Empresa que se dedica principalmente al reciclaje de metales. Los RAEE no son su principal negocio. Esta empresa dispone de una planta principal en la zona industrial de la región Metropolitana, específicamente en la comuna de Maipú.

b.2) Recicladores de fracciones valorizables

Gerdau Aza: Empresa que se dedica a la fabricación y comercialización de barras y perfiles de acero. Una de las principales materias primas consiste en los desechos de materiales férricos recuperados en buena parte por los recicladores de base (chatarreros) y empresas de tamaño medio y pequeño.

Elecmetal: la empresa produce y comercializa piezas de acero. Tiene dos instalaciones para la fundición de acero. Una de ellas en la comuna de Colina, Región Metropolitana, que tiene una capacidad de tratamiento/almacenamiento de 3043 t/año, y un consumo mensual de 1.138 t/mes (13.656 t/año). La segunda instalación, ubicada en Rancagua puede consumir anualmente hasta 24.590 t/año



CEMBRASS: la empresa produce y comercializa productos de latón a partir del aprovechamiento de metales no ferrosos. Su instalación está ubicada en la comuna de Quilicura, Región Metropolitana, con un consumo de 280 t/mes (3.360 t/año).

Proacer: Empresa que fabrica y comercializa bolas de acero que produce principalmente a partir de chatarra. Tiene una planta que se encuentra ubicada en la Comuna de Til Til, Región Metropolitana. El proceso productivo actual de esta planta posee una capacidad de 60.000 t/año

Vulco: Sede de la empresa internacional de Wier Minerals en Chile. Su instalación está situada en la comuna de San Bernardo, Región Metropolitana. El consumo mensual de materia prima (total) es de 68 t/mes (816 t/año), en que la mayoría corresponde a chatarra.

Britania: Empresa que produce aceros al carbono y aceros especiales, como producto de fundiciones nodulares y fundiciones grises.

Fundación de Aceros Chile: empresa que produce y comercializa piezas de acero de grandes dimensiones. Su instalación para la fundición de chatarra está ubicada en la comuna de San Bernardo, Región Metropolitana. La empresa no dispone de datos sobre el consumo de materia prima (chatarra) anual, pero la instalación cuenta con el permiso para el almacenaje máximo de hasta 4.000 t/año.

Enfaena, Greendot y BBC Recyclling Systems: son empresas dedicadas al reciclaje de plásticos, principalmente PET, PEAD, PVC, PEBD, PP, PS, PC, PA y ABS.

A parte de estas empresas nacionales, algunos de los gestores intermediarios que desarman los RAEE han indicado que exportan los metales no férricos de mayor valor, para su reciclaje a Alemania, y el material plástico se exporta a China.



c) Disposición final

Los actores que realizan la disposición final de los residuos provenientes de los AEE son aquellos que proporcionan un tratamiento finalista a las fracciones de RAEE que ya no se pueden valorizar. Existen dos opciones: relleno sanitario o incineración.

Actualmente, a nivel nacional la empresa Hidronor gestiona la disposición final de aparatos eléctricos y electrónicos a través de sus 3 plantas situadas en Pudahuel, Antofagasta y Concepción. Hidronor dispone los RAEE en rellenos de seguridad.

5.1.3.3 Tratamiento de los RAEE

Como se ha descrito en los apartados anteriores, las municipalidades y los gestores de residuos no mantienen registros de los RAEE gestionados clasificados por tipo de artículo, y en algunos casos, tampoco por tipo de RAEE. Por este motivo no es posible realizar un análisis exhaustivo de los flujos de RAEE ni tampoco distinguir aquellos que contienen COP y metales pesados.

En el año 2008 se estimó que se recuperó o recicló alrededor de un 16% de los residuos electrónicos y un 1% se dispuso como residuo peligroso. El restante 83% fue enviado a rellenos sanitarios, junto a residuos domésticos o a vertederos, tanto legales como ilegales (Gobierno de Chile, GTZ, 2009).

En la tabla siguiente se resumen los volúmenes y tasas de valorización disponibles para los tipos de residuos objeto del presente estudio.

Tabla 15: Volumen y tasa de valorización de algunos tipos de residuos.

Producto	Generación (t/año)	Tasa valorización (%)	Año
Aparatos electrónicos	7.674	19%	2008
Aparatos eléctricos	18.666	-	2010
Lámparas o ampollitas	5.269	-	2010

Fuente: Proyecto de Ley Marco para la gestión de residuos y responsabilidad extendida del productor. (CONAMA).

El mercado del aprovechamiento de RAEE como materias primas secundarias está actualmente en aumento, particularmente el informal. No obstante, es difícil cuantificar la proporción del mercado informal de recicladores de RAEE respecto al mercado nacional. Una de las causas de la informalidad del mercado es la falta de regulación específica en materia de gestión de residuos en el país (Ministerio de Medio Ambiente, 2015).

Los materiales recuperados a partir del desarme de los RAEE tienen el siguiente destino, de acuerdo a los gestores intermediarios identificados en el numeral 5.1.3.2 :

- 1) Metal férreo: una vez se ha recuperado el metal férreo por los recicladores este se destina para su fundición en las instalaciones de la empresa Gerdau³⁷, la cual compra chatarra y la transforma en acero. También existen otras fundiciones más pequeñas como Elecmetal³⁸, Proacer³⁹, Vulco⁴⁰, Britania⁴¹, estas pequeñas

³⁷ <http://www.amchamchile.cl/content/gerdau-aza-0?page=1>

³⁸ <http://www.me-elecmetal.com/es/>

³⁹ <http://www.proacer.cl/>

⁴⁰ http://es.weirminerals.com/contact/latin_america/chile_-_santiago.aspx

⁴¹ <http://www.fundicionbritania.cl/>

empresas recuperan Pb, Cd y otros metales a partir de polvos de fundición y escorias.

- 2) Cobre y Aluminio: son recuperados por empresas de gestión intermedias como Degraf, Chilerecicla y Recycla y exportados a Alemania.
- 3) Plástico: son recuperados por empresas de gestión intermedias como Degraf, Chilerecicla y Recycla exportación (China). Existen también empresas nacionales de reciclaje de plástico (Greendot, Greenplast, TradePro, entre otras), sin embargo la gran mayoría reciben envases de plástico.

5.1.4 Ciclo de vida de los COP

Las principales aplicaciones de estos productos químicos, su uso o consumo pueden producirse en tres etapas principales de su vida (ver Figura 9).

- (a) Durante la *producción de estas sustancias* (tener en cuenta que en Chile no se realiza la producción de este tipo de sustancias sino que son importadas desde el exterior) y en el uso o *consumo por parte de la industria transformadora* de materias primas tratadas con este tipo de sustancias; por ejemplo, los fabricantes de carcasas de TV o de computadoras o los fabricantes de espuma de poliuretano.
- (b) En la *adquisición, por parte de los consumidores*, de artículos o productos acabados (TV, computadoras, etc.) que contengan partes tratadas con estas sustancias.
- (c) Cuando estos artículos o productos finalizan su vida útil, ciertos componentes pueden ser *reciclados*. El reciclaje de los RAEE genera una fracción de plástico con pirorretardantes que puede contener COP-PBDE y que, en ausencia de control, pueden llegar a mezclarse con otros polímeros y usarse para producir nuevos artículos. Por otra parte los COP-PBDE son precursores de los dibenzofuranos bromados (PBDF) y dibenzo-p-dioxinas (PBDD). Mayoritariamente

se forman durante el reciclado primitivo de los residuos electrónicos y la incineración de materiales que contienen COP-PBDE (PNUMA, 2010b).

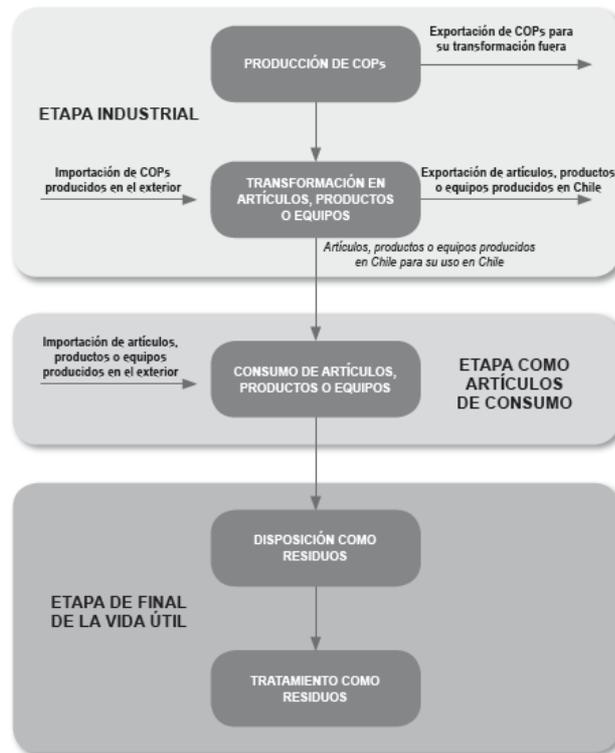


Figura 9: Ciclo de vida de los COP.

Fuente: Conama, 2012.

Con el fin de evitar el impacto de los COP a lo largo de todo su ciclo de vida, sería recomendable el desarrollo de criterios o metodologías en la primera etapa de manejo de estos residuos (flexibilizando la aplicación del DS 189); ya que fomentaría su recolección en centros de acopio, así como la recuperación para un segundo uso, reduciendo en consecuencia el flujo de residuos finales.

Además, el Reglamento de residuos electrónicos debiera contemplar las condiciones de cambio en cuanto a tecnologías del sector así como la reducción gradual de componentes peligrosos en los equipos por parte de las empresas fabricantes.

La Figura 10 muestra como ejemplo un diagrama esquemático del ciclo de vida de c-OctaPBDE en sus tres etapas principales: (a) producción (b) uso (c) gestión de residuos.

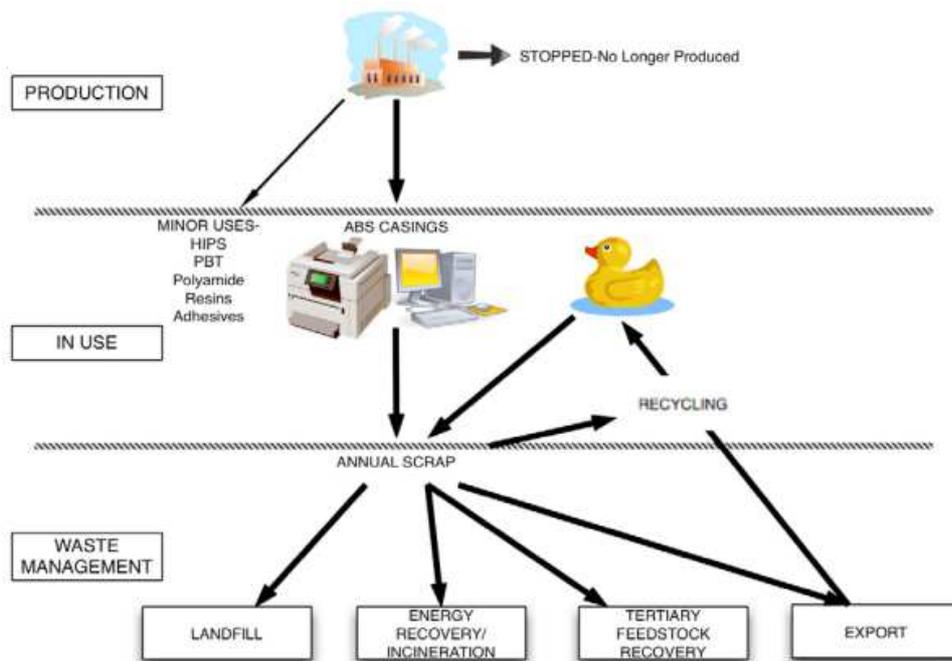


Figura 10: Diagrama esquemático del ciclo de vida de c-OctaPBDE y potencial de emisiones.

(adaptado de Alcock y col., 2003 por Convenio Estocolmo, 2012b).

6. Inventario nacional de aparatos eléctricos y electrónicos y su contenido de COP y metales pesados

Según lo indicado en la introducción del presente informe, las categorías de AEE definidas por la Directiva 2012/19/UE son las mismas de aplicabilidad en Chile. Según el levantamiento de información realizado, tanto a través de los actores entrevistados⁴² en este estudio, así como los limitados datos aportados por el Servicio Nacional de Aduanas, se pone de manifiesto los vacíos de información en cuanto a la presencia y cuantificación de estos componentes en los AEE.

La heterogeneidad de marcas, artículos, componentes y cantidades de COP y metales pesados presentes en los AEE imposibilita en la mayoría de los casos la realización de un inventario de AEE y su contenido en COP y metales pesados. La ausencia de datos de mercado detallados y la codificación de los aparatos de acuerdo con el Servicio Nacional de Aduanas no permite distinguir de forma fiable aquellos artículos que contienen COP y/o metales pesados de los que no los contienen. En la mayoría de casos, coexisten en el mercado marcas, artículos y componentes con distintos contenidos de COP y/o metales pesados. Por esta misma razón tampoco es posible distinguir aquellos artículos que contienen sustancias sustitutas de los COP y/o metales pesados.

A pesar de las condiciones anteriormente mencionadas, en base a las metodologías y estudios internacionales de referencia, teniendo en cuenta los AEE susceptibles de presentar los COP y metales que se abordan en este estudio, así como aquellos artículos que tuviesen volúmenes de importación relevantes, que fuesen de uso generalizado en la sociedad y cuya codificación como artículo permitiera asignar, de forma fiable, un contenido de referencia de COP y/o metales pesados, se ha inventariado, en base a las respectivas metodologías internacionales de referencia, dos tipos de artículos y tres sustancias:

⁴² Ver anexo 1; actores contactados y resumen entrevistas.

- 1 Los televisores y monitores de rayos de tubos catódicos (CRT), con contenido en c-OctaBDE y plomo (Pb).
- 2 Los dispositivos de alumbrado con contenido en mercurio (Hg).

A continuación se describe la metodología de inventario aplicada en cada caso.

6.1 Inventario de COP-PBDE en televisores y monitores CRT

Los AEE representan el mayor flujo de materiales que contienen c-OctaBDE, el cual se encuentra en la fracción polimérica de las carcasas de computadoras y de los monitores de televisores CRT (principalmente en ABS) fabricados antes del año 2005. El documento “Orientaciones para el inventario de PBDE (...)” publicado por el Convenio de Estocolmo (Convenio Estocolmo, 2012b) recomienda iniciar el inventario de COP en AEE estimando la cantidad mínima de COP-PBDE en el sector de CRT en el país, por lo que estas serán las fracciones de AEE a abordar en el inventario de COP-PBDE. Es poco probable que las pantallas planas modernas contengan COP-PBDE (considerando que la producción de c-OctaBDE se detuvo en el año 2004).

Como se describe en el apartado 2.1.2, las referencias bibliográficas consultadas han demostrado que el c-OctaBDE aparece en concentraciones relevantes principalmente en cubiertas de ABS y monitores CRT de computadoras y televisores. Para los efectos de un inventario de COP-PBDE en los AEE/RAEE, la prioridad son las categorías 3 y 4 (pequeños electrodomésticos y equipos de informática y telecomunicaciones), con un enfoque especial en los televisores y monitores CRT.

En particular, los televisores y monitores de CRT presentan concentraciones promedio de c-OctaBDE superiores a 0,1 % en peso y en otros productos por debajo de o alrededor de 0,1 % del peso⁴³.

El inventario de las existencias y flujos de los televisores y monitores de CRT y su contenido en COP-PBDE debe abordar tres etapas de su ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, que se corresponden a las siguientes:

1. Consumo aparente: las importaciones menos las exportaciones de televisores y monitores de CRT nuevos y de segunda mano;
2. Existencias de televisores y monitores de CRT (en uso o almacenados);
3. Televisores y monitores de CRT fuera de uso que se introducen en el caudal de residuos.

En los próximos apartados se analizará con detalle cada una de estas etapas en el marco del inventario de COP-PBDE en televisores y monitores CRT.

6.1.1 Consumo aparente de monitores y televisores de CRT

Las importaciones y exportaciones de AEE en Chile se han obtenido a través del Servicio de Aduanas y los códigos arancelarios correspondientes a las categorías de AEE y artículos de interés. De acuerdo con lo anterior, los códigos asociados a aparatos, principalmente monitores y televisores que contienen CRT se incluyen dentro de la partida 85.28 *“Monitores y proyectores, que no incorporen aparato receptor de televisión; aparatos receptores de televisión, incluso con aparato receptor de radiodifusión o*

⁴³ RoHS MCV = 0,1% (en peso) = Valor de la concentración máxima de acuerdo con la Directiva de la UE 2011/65/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos (Directiva RoHS).



grabación o reproducción de sonido o imagen incorporado”, y en particular, se asignan al código:

8528.7210 --- De tubos de rayos catódicos

El Servicio de Aduanas dispone de datos de importación desde el año 2008 y de exportación desde el año 2009. En el presente estudio, la importación de aparatos de CRT para el año 2013, ya sea como artículos nuevos, de segunda mano o para su gestión como residuos (considerando que la producción de c-OctaBDE se detuvo en el año 2004) van a constituir el denominado “consumo aparente” de este tipo de AEE en Chile.

En la Tabla 16 y en la Figura 11 se muestran las importaciones y exportaciones de monitores y televisores de CRT para el periodo 2008-2013 en base a los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Aduanas para el código arancelario 8528.7210. Como se observa, el consumo aparente se va reduciendo, las unidades de CRT disminuyen a la mitad del año 2008 al 2009, en el año 2010 se mantienen, en el año 2011 se reducen una sexta parte y siguen decreciendo, de forma más acusada, en el año 2013. Esta tendencia está en línea con la información proporcionada por importadores y gestores, según la cual los aparatos de CRT dejaron de comercializarse en Chile en el año 2012⁴⁴.

⁴⁴ A pesar de este dato, se observa que los datos de Aduanas indican comercialización de este producto en 2013 (aunque minoritaria en relación al 2012).

Tabla 16: Unidades importadas y exportadas de monitores y televisores de CRT (código arancelario 85287210) para el periodo 2008-2013.

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Unidades importadas	684.859	391.424	319.633	65.713	44.670	5.012
Unidades exportadas	6.866	11.161	181	81	1.043	2.050
Consumo aparente (imp. – exp.)	677.993	380.263	319.452	65.632	43.627	2.962

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

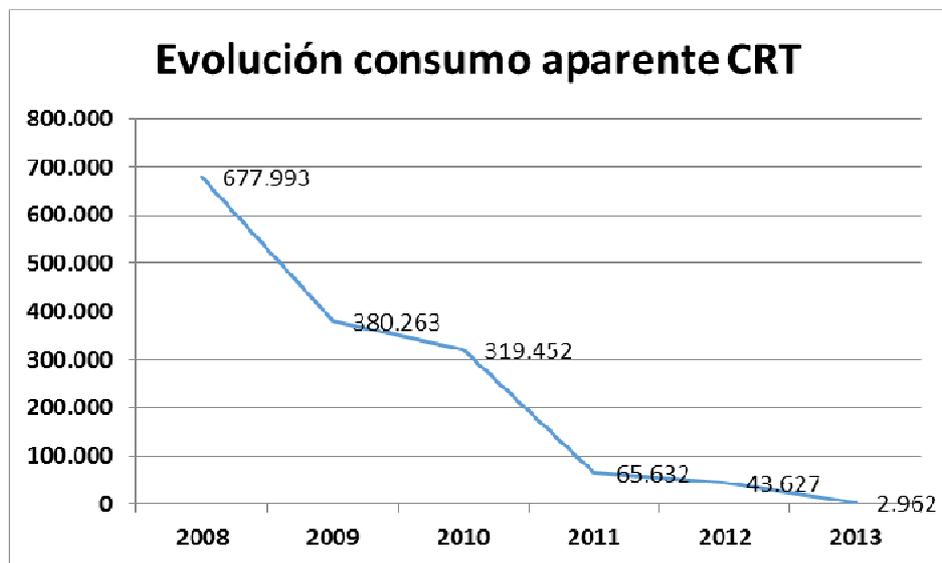


Figura 11: Evolución consumo CRT periodo 2008-2013.

6.1.2 Estimación de monitores y televisores de CRT en uso o almacenados y caudal de residuos

El tiempo promedio de uso de los AEE disminuye a medida que la tecnología avanza, ya que muchos de ellos se desechan, no porque ya no funcionen, sino para sustituirlos por un modelo más moderno con nuevas prestaciones y, generalmente, de menor peso.

La tendencia hacia una constante disminución del peso y tamaño también ha acelerado cada vez más el ritmo de recambio. La cultura actual de consumo asume como normal que algunos equipos electrónicos, como computadoras, teléfonos celulares y otros aparatos de uso diario hayan sido diseñados para un período de vida útil limitado.

El tiempo de vida útil de un monitor o televisor de CRT se estima en un promedio de 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso) según el informe de Gobierno de Chile/GTZ, 2009. Por este motivo, se parte de los datos de importaciones y exportaciones del Servicio Nacional de Aduanas (del año 2008 en adelante) estimando el año 2006 como dato base para simular los 8 años de vida útil de estos AEE. Así, antes de ese año todos los equipos de CRT ya han sido desechados y no están en uso en la actualidad, los equipos de CRT consumidos en ese año (2006) se considera que se convierten en residuos, mientras siguen todavía en uso o almacenados el total de los aparatos consumidos entre el 2007 -2012. En relación a la cuantificación de estos datos, como se expuso anteriormente, se cuenta con la información aportada por el Servicio Nacional de Aduanas en el periodo 2008 – 2013 (ver Tabla 17).

Tabla 17: Unidades de monitores y televisores de CRT importadas y exportadas (código arancelario 85287210) en el periodo 2006-2013.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUMO
Unidades importadas	n.d	n.d	684.859	391.424	319.633	65.713	44.670	5.012
Unidades exportadas	n.d	n.d	6.866	11.161	181	81	1.043	2.050
Consumo aparente (imp. –exp.)	n.d	n.d.	677.993	380.263	319.452	65.632	43.627	2.962

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

Como puede observarse, el Servicio Nacional de Aduanas no cuenta con registros de información digital previos a 2008. Teniendo en cuenta que la estimación de la vida útil para estos aparatos es de 8 años es necesario estimar la cantidad de unidades netas (importaciones menos exportaciones) para los años 2006 y 2007 para abarcar el periodo de vida útil de estos productos.

Con el fin de encontrar datos para el periodo 2006 al 2007, se consultó el registro de importaciones y exportaciones registradas en la *United Nations Commodity Trade Statistics Database*⁴⁵, siendo imposible encontrar estos datos asociados a los productos

⁴⁵ <http://comtrade.un.org/data/>

CRT, bajo el código arancelario 85287210. En cambio, si se encontró información para el grupo 8528 (televisores, video, monitores, proyectores). Para este caso, las unidades reportadas por la *United Nations Commodity Trade Statistics Database* abarcan el rango de 2 hasta 6 millones entre los años 2006 y 2013. Esta tendencia de crecimiento global de esta categoría de artículos está especialmente vinculada a la elevada frecuencia de sustitución de este tipo de equipos, especialmente los monitores de las computadoras y por tanto, no es representativa de la tendencia de los monitores y televisores de CRT, cuyo consumo aparente ha ido minimizándose en el tiempo hasta el año 2012.

En consecuencia, no es posible estimar las unidades de consumo aparente de monitores y televisores de CRT en los años 2006 y 2007 a través de *United Nations Commodity Trade Statistics Database* para complementar la información aportada por el Servicio Nacional de Aduanas, por lo que se procede a realizar una estimación de los datos para los años 2006-2007 en base a las tendencias observadas por los datos del Servicio Nacional de Aduanas de los años posteriores. En este sentido, se estima que el consumo debió haber sido igual o superior a la pareja de años 2009 – 2010 donde las unidades comercializadas se sitúan en el mismo rango. De esta forma, se aplica el mismo rango de crecimiento entre los años 2009 y 2010 (el 25%) sobre las unidades del 2008 (aprox. un 50% de las unidades comercializadas en 2009-2010). Cabe remarcar que este dato es una estimación orientativa y variable, debido a la falta de datos para el cálculo de los valores reales.

En la Tabla 18 se muestra el consumo aparente (t) para el año 2013, las unidades que se consideran en uso (periodo 2012-2007) y las unidades que a momento presente serían residuo (2006).

Tabla 18: Unidades de monitores y televisores de CRT importadas y exportadas (código arancelario 85287210) en el periodo 2006-2013.

	2006 ⁴⁶	2007 ⁴⁶	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUMO
Unidades importadas	n.d	n.d	684.859	391.424	319.633	65.713	44.670	5.012
Unidades exportadas	n.d	n.d	6.866	11.161	181	81	1.043	2.050
Consumo aparente (imp. - exp.)	1.059.363	847.491	677.993	380.263	319.452	65.632	43.627	2.962

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

6.1.3 Estimación de la cantidad de COP-PBDE en monitores y televisores de CRT

De acuerdo con las referencias consultadas y, muy en particular las orientaciones para el inventario de PBDE (Convenio Estocolmo, 2012b), para cuantificar el contenido de c-OctaBDE en los flujos de monitores y televisores de CRT obtenidos en el apartado anterior se parte de las siguientes premisas:

- Dado que el código arancelario 85287210 no distingue entre monitores o televisores de CRT, se ha tomado como **peso de referencia promedio de un**

⁴⁶ Datos estimados

equipo CRT los 25 kg estimados en las orientaciones para el inventario de COP PBDE (Convenio de Estocolmo, 2012b).

- De acuerdo con la misma referencia, se considera que tanto los monitores como los televisores de CRT presentan una **fracción polímero que representa el 30% de su peso**.
- En esta fracción polímero se pueden encontrar distintas cantidades de c-OctaBDE, desde 0,87 kg/t en televisores de CRT hasta 2,54 kg/t en monitores de CRT (Convenio Estocolmo, 2012b). No obstante, dado que el límite para la Directiva RoHS es del **0,1% en peso (1kg/t)**, se considerará como referencia este límite en el cálculo del inventario.

En la Tabla 19 se muestran los cálculos efectuados para estimar la cantidad de c-OctaBDE (Kg) presente en estos equipos y asociada a los periodos previamente establecidos en cuanto a consumo aparente, existencias y residuos para 2013 como año de referencia.

Tabla 19: Cantidad total de c-OctaBDE en **monitor y/o televisor de CRT** (año 2013).

Año	Producto	Peso (t) (a)	Total de la fracción polimérica en peso (b)	Contenido de c-OctaBDE en el total de la fracción polimérica (kg/t) (c)	Cantidad total de c-OctaBDE (kg) $a \times b \times c$
2013 (Consumo aparente)	Monitores, Televisores CRT	74,1	30%	1	74,1
2007-2012 (en uso)		58.361,5			58.361,5
2006 (Residuo)		26.484,1			26.484,1

6.2 Inventario de Pb en CRT

El uso histórico más importante del plomo en AEE es en los tubos de rayos catódicos (CRT) presentes en equipos como pantallas y monitores. El plomo en los CRT actúa como un escudo contra la radiación y disminuye la temperatura de fusión del cristal. Las estimaciones de las cantidades de plomo presentes en CRT se sitúan en el rango de 0,4 a 3 kg por monitor/TV (Environment Canada, By Five Winds International, 2011).

La segunda fuente de plomo en la electrónica se encuentra en la soldadura de estaño y plomo (por lo general estaño-plomo en una relación de 60/40), la cual conecta muchos componentes. Dado que esta aplicación es transversal y extensiva a gran variedad de categorías, artículos y componentes dentro de los AEE, su cuantificación a partir de los códigos de aduanas y las referencias existentes no es posible, y por tanto no se tendrá en cuenta en este inventario; aunque si queda subrayado que es un componente no despreciable.

El inventario de las existencias y flujos de CRT debe abordar los CRT contenidos en equipos (monitores y televisores principalmente) y los CRT comercializados como tal. Las tres etapas del ciclo de vida de ambos artículos se detallan en los próximos apartados:

1. Consumo aparente: las importaciones de CRT y equipos que los contienen, nuevos y de segunda mano;
2. Existencias de CRT, principalmente en equipos que los contienen (en uso o almacenados);
3. CRT introducidos en el caudal de residuos.

6.2.1 Consumo aparente, existencias y caudal de residuos de CRT

Las importaciones de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Chile se han obtenido a través del Servicio de Aduanas, junto con los códigos arancelarios correspondientes a las categorías de AEE y artículos de interés. De acuerdo a esta información, los códigos



asociados a CRT y aparatos que los contienen se incluyen dentro de la partida 85.28 *“Monitores y proyectores, que no incorporen aparato receptor de televisión; aparatos receptores de televisión, incluso con aparato receptor de radiodifusión o grabación o reproducción de sonido o imagen incorporado”* y, en particular, se asignan al código:

8528.7210 --- De tubos de rayos catódicos

Adicionalmente también se considera el código asociado a tubos de rayos catódicos (CRT) como tal (no contenidos en aparatos), el cual se incluye dentro de la partida 85.40 *“Lámparas, tubos y válvulas electrónicos, de cátodo caliente, cátodo frío o fotocátodo (por ejemplo: lámparas, tubos y válvulas, de vacío, de vapor o gas, tubos rectificadores de vapor de mercurio, tubos catódicos, tubos y válvulas para cámaras de televisión), excepto los de la partida 85.39”* y, en particular, se asignan al código:

8540.6000 - Los demás tubos catódicos

Se procede de forma análoga a las estimaciones del consumo aparente y de los aparatos en uso o almacenados y los introducidos en el caudal de residuos realizadas en los apartados 6.1.1 y 6.1.2 para los monitores y televisores de CRT. Se estima que el tiempo de vida útil de un CRT es en promedio de 8 años (6 años primer uso, 2 años segundo uso) según el informe de Gobierno de Chile/GTZ, 2009. Por este motivo, se parte de los datos de importaciones y exportaciones del Servicio Nacional de Aduanas estimando el año 2006 como dato base para la delimitación de los equipos en uso y los que se convierten en residuos. Así, antes de ese año todos los equipos de CRT ya han sido desechados y no están en uso en la actualidad, los equipos de CRT consumidos en ese año (2006) se considera que se convierten en residuos, mientras siguen todavía en uso o almacenados el total los aparatos consumidos en el periodo 2007 -2012.

En la Tabla 20 se muestra (en unidades) el consumo aparente para el año 2013, los equipos que se consideran en uso (periodo 2012-2007) y los que al momento presente serían residuo (2006) para el código arancelario 85287210 correspondiente a monitores y televisores de CRT.

Tabla 20: Unidades de monitores y televisores de CRT importadas y exportadas (código arancelario 85287210) en el periodo 2006-2013.

	2006 ⁴⁷	2007 ⁴⁷	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUM
Unidades importadas	n.d	n.d	684.859	391.424	319.633	65.713	44.670	5.012
Unidades exportadas	n.d	n.d	6.866	11.161	181	81	1.043	2.050
Consumo aparente (impo – expo)	1.059.363	847.491	677.993	380.263	319.452	65.632	43.627	2.962

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

Como se ha mencionado anteriormente, dado que la presencia de Pb en CRT está concentrada en el tubo de rayos catódicos en sí, se amplía el alcance del inventario al código arancelario 85406000 correspondiente a CRT únicamente. La Tabla 21 muestra los datos correspondientes a esta categoría de artículos.

⁴⁷ Datos estimados

Tabla 21: Unidades importadas y exportadas de CRT asociadas a los demás tubos catódicos (código arancelario 85406000) en el periodo 2006-2013.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUMO
Unidades importadas	n.d	37	6	3	0	4	0	52
Unidades exportadas	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
Consumo aparente (impo – expo)	37⁴⁸	37	6	3	0	4	0	52

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

Los datos suministrados por el Servicio Nacional de Aduanas para este código arancelario han sido revisados detenidamente puesto que en algunos casos se han identificado otros artículos distintos a los que corresponden a este código. Asimismo, debido a la falta de datos para 2006, de forma conservadora se estima la misma cantidad de unidades que en el 2007 ya que no existe tendencia que se preste a realizar otro tipo de estimación. De la misma forma, las unidades exportadas no se toman en cuenta por la ausencia de datos.

6.2.2 Estimación de la cantidad de Pb en CRT

De acuerdo con las referencias consultadas (Environment Canada, By Five Winds International, 2011), la cuantificación del contenido de Pb en los flujos de CRT y monitores y televisores que los contienen parte de la premisa que las cantidades de plomo presentes en CRT se sitúan en el rango de 0,4 a 3 kg por unidad.

⁴⁸ Dato estimado

A partir de los datos de consumo aparente para el año 2013; las unidades que se consideran en uso (periodo 2012-2007) y las unidades que a momento presente serían residuo (2006), los cuales se muestran en la Tabla 20, se aplica una **cantidad de plomo promedio de 1,7 kg por unidad de CRT**, resultando en las cantidades de Pb que se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22: Cantidad total de Pb en aparatos de CRT (código arancelario 85287210) en el año 2013.

Año	Producto	Unidades (a)	Contenido de Pb en CRT (kg/unidad) (b)	Cantidad total de Pb (t) <i>a x b</i>
2013 (Consumo aparente)	Monitores, televisores de CRT	2.962	1,7	5,0
2007-2012 (en uso)		2.334.458		3.968,6
2006 (Residuo)		1.059.364		1.800,9

Del mismo modo, en base a los datos correspondientes a los demás tubos catódicos (código arancelario 85406000) mostrados en la Tabla 21, se aplica igualmente una **cantidad de plomo promedio de 1,7 kg por unidad de CRT**, resultando en las cantidades de Pb que se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23: Cantidad total de Pb en los demás tubos catódicos (código arancelario 85406000) en el año 2013.

Año	Producto	Unidades (a)	Contenido de Pb en CRT (kg/unidad) (b)	Cantidad total de Pb (t) <i>a x b</i>
2013 (Consumo aparente)	Los demás tubos catódicos	52	1,7	0,1
2007-2012 (en uso)		50		0,1
2006 (Residuo)		37		0,1

La cantidad total de Pb presente CRT se resume en la Tabla 24 (sumatorio de la Tabla 22 y la Tabla 23). Como puede observarse, la cantidad de Pb correspondiente al código arancelario 85406000 es despreciable respecto al total.

Tabla 24: Cantidad total de Pb según los códigos arancelarios de estudio (año de referencia 2013).

Año	Producto	Cantidad total de Pb (t) <i>a x b</i>
2013 (Consumo aparente)	Total CRT	5,1
2007-2012 (en uso)		3.968,7
2006 (Residuo)		1.801,0

6.3 Inventario de Hg en dispositivos de alumbrado

Dado que la mayor parte del consumo mundial de mercurio para su uso en aparatos eléctricos y electrónicos, es en dispositivos de alumbrado, el inventario de mercurio en AEE se basará en su presencia en los diversos tipos de lámparas que lo contienen.

En el caso de otras aplicaciones como interruptores, relés o sensores, no es posible disponer de datos de importación para estas categorías de fuentes debido a que los códigos de aduanas no hacen distinción entre los que pueden contener mercurio y los que no lo contienen. Sin embargo, sobre la base de la información disponible, parece probable que las importaciones actuales de interruptores y relés que contienen mercurio sean insignificantes.

El mercurio se utiliza de forma generalizada en pequeñas cantidades (por lámpara) en tubos fluorescentes (LFL) y lámparas fluorescentes compactas (CFL), y en las lámparas de descarga de alta presión, como de halogenuros metálicos, vapor de mercurio, sodio y lámparas de neón (PNUMA, 2013).

Otras fuentes de luz que pueden contener mercurio incluyen: lámparas utilizadas en la fotografía, analizadores de laboratorio, esterilizadores ultravioleta, y las luces de fondo de pantalla (CCFL, EEFL) de las pantallas de cristal líquido (LCD) y algunos otros sistemas de pantalla plana usados en computadoras, televisores y, posiblemente, teléfonos celulares más antiguos.

El inventario de las existencias y flujos de dispositivos de alumbrado y su contenido en Hg debe abordar tres etapas de su ciclo de vida las cuales se detallan en los próximos apartados:

- 1 Consumo aparente: las importaciones menos las exportaciones de dispositivos de alumbrado;
- 2 Existencias de dispositivos de alumbrado (en uso o almacenados);
- 3 Dispositivos de alumbrado que se introducen en el caudal de residuos.

6.3.1 Consumo aparente de dispositivos de alumbrado

Las importaciones de dispositivos de alumbrado con mercurio en Chile se han obtenido a través del Servicio de Aduanas, junto con los códigos arancelarios correspondientes a las categorías de AEE y artículos de interés. Según esta información los códigos asociados a lámparas con mercurio se incluyen en la partida 85.39 “Lámparas y tubos eléctricos de incandescencia o de descarga, incluidos los faros o unidades «sellados» y las lámparas y tubos de rayos ultravioletas o infrarrojos; lámparas de arco” y, en particular, se asignan a los códigos:

8539.3100 -- Fluorescentes, de cátodo caliente

8539.3200 -- Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico

Por otro lado, los códigos asociados a monitores y televisores LCD con mercurio se incluyen en la partida 85.28 “Monitores y proyectores, que no incorporen aparato receptor de televisión; aparatos receptores de televisión, incluso con aparato receptor de



radiodifusión o grabación o reproducción de sonido o imagen incorporado” y, en particular, se asignan al código:

8528.7220 --- De cristal líquido

Con respecto a otro tipo de artículos como teléfonos celulares o computadoras portátiles, estos tipos de artículos se categorizan por un solo código de aduanas por lo que no es posible distinguir cuales incorporan monitor de cristal líquido y por tanto, cuales contienen mercurio, de las que no. Por este motivo se excluyen del alcance del inventario.

Se procede de forma análoga a las estimaciones del consumo aparente y de los aparatos en uso o almacenados y los introducidos en el caudal de residuos realizadas para los inventarios de COP-PBDE y Pb de los apartados 6.1 y 6.2. A los artículos mencionados y objeto de inventario de Hg se les aplica una vida útil de 8 años según información aportada por Philips. A pesar de que este dato es específico para cada producto, en general, se suele tomar un promedio de 3,5 h/día de consumo para hogares y 5h/d para el alumbrado público, con una vida útil en general para lámparas de descarga de 10.000 horas, lo cual resulta en unos 8 años. En consecuencia, se parte de los datos de importaciones y exportaciones del Servicio Nacional de Aduanas estimando el año 2006 como dato base para la delimitación de los dispositivos en uso y los que se convierten en residuos. Así, antes de ese año todos los dispositivos de alumbrado con mercurio ya han sido desechados y no están en uso en la actualidad, los dispositivos consumidos en ese año (2006) se considera que se convierten en residuos, mientras siguen todavía en uso o almacenados el total de los balances de las importaciones y exportaciones para el periodo 2007 -2012.

En la Tabla 25 se muestran las importaciones y exportaciones de monitores y televisores de LCD para el periodo 2007-2013 en base a los datos proporcionados por el Servicio Nacional de Aduanas para el código arancelario 8528.7220. Al igual que en análisis anteriores, el Servicio Nacional de Aduanas no tiene registro sobre las importaciones y exportaciones anteriores al 2007 ni existen otras fuentes para realizar dichas estimaciones. Si se observa la tendencia de los años posteriores, vemos que en el periodo 2007-2008 las unidades importadas aumentaron en un 43% mientras que en el periodo 2008-2009 lo hicieron a razón de un 34%: Según los datos anteriores, se estima



un crecimiento entre el año 2006 y 2007 del 38%, correspondiendo a 133.899 unidades las estimadas importadas en el 2006. En cuanto a la exportación, de forma conservadora y en vista a la ausencia de una línea de tendencia, se mantienen en 4.463 unidades, al igual que el año posterior.

Tabla 25: Unidades importadas y exportadas en el periodo 2006-2013 asociadas a monitores y televisores LCD (código arancelario 85287220).

	2006 ⁴⁹	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUMO
Unidades importadas	133.899	215.966	384.206	584.944	1.785.605	1.699.215	1.883.515	1.544.615
Unidades exportadas	4.463	4.463	4.496	7.902	3.699	4.473	8.110	2466
Consumo aparente (imp-exp)	129.436	211.503	379.710	577.042	1.781.906	1.694.742	1.875.405	1.542.149

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

A continuación la Tabla 26 muestra este mismo análisis para las unidades importadas y exportadas de fluorescentes de cátodo caliente (código arancelario 85393100) en el periodo 2006-2013.

⁴⁹ Datos estimados

Tabla 26: Unidades importadas y exportadas en el periodo 2006-2013 asociadas a fluorescentes de cátodo caliente (código arancelario 85393100).

	2006 ⁵⁰	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUMO
Unidades importadas	16.981.261	16.981.261	87.796.514	14.735.733	20.911.245	26.293.515	22.865.651	20.480.564
Unidades exportadas	67.936	67.936	508.112	1.760.690	619.647	394.047	263.430	549.853
Consumo aparente (imp-exp)	16.913.325	16.913.325	87.288.402	12.975.043	20.291.598	25.899.468	22.602.222	19.930.711

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

En relación a las unidades importadas y exportadas en el año 2006, de forma conservadora se mantienen los datos del año 2007 ya que no existe una línea de tendencia entre el resto de los datos para realizar aproximaciones fiables.

En relación al código arancelario de análisis (85393200) correspondiente a las lámparas de vapor de mercurio y sodio y de halogenuros metálicos, el Servicio Nacional de Aduanas solamente dispone de datos en relación a los años 2012 y 2013, no contando con ningún registro anterior (ver Tabla 27). No obstante, la razón por la cual no se han obtenido datos anteriores es el hecho que en el Arancel Aduanero vigente en el periodo 2007-2011 (Arancel Aduanero 2007) el código mencionado no existía, existiendo en su lugar los siguientes:

8539.3210 --- De vapor de mercurio

⁵⁰ Datos estimados

8539.3220 --- De vapor de sodio

8539.3290 --- Las demás

8539.3910 --- De vapor de mercurio o de sodio

8539.3990 --- Los demás

Por tanto, para poder completar el inventario de lámparas de vapor de mercurio y sodio se procedió también a solicitar al Servicio Nacional de Aduanas los datos correspondientes a estos códigos para el periodo 2007-2011. No obstante, el formato de los datos proporcionados no permitió su edición y tratamiento juntamente con los datos de 2012 y 2013. Alternativamente, se consultaron los datos disponibles para el código 85393200 en la *United Nations Commodity Trade Statistics Database* y se obtuvieron las unidades importadas y exportadas para el periodo 2006-2011. En la Tabla 27 se muestran todos los datos disponibles.

Tabla 27: Unidades importadas y exportadas en el periodo 2016-2013 asociadas a lámparas de vapor de mercurio y sodio y de halogenuros metálicos (código arancelario 85393200).

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
	RESIDUOS	EN USO O ALMACENADOS						CONSUMO
Unidades importadas	2.453.247	2.813.543	2.645.305	740.366	2.473.573	1.740.734	1.239.338	1.552.611
Unidades exportadas	22.559	17.672	10.897	57.069	5.787	44.702	74.836	62.060
Consumo aparente (imp. – exp.)	2.430.688	2.795.871	2.634.408	683.297	2.467.786	1.696.032	1.164.502	1.490.551

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas.

A continuación se realiza en inventario de mercurio en base a los datos levantados para todos los códigos arancelarios seleccionados: 85287220, 85393100 y 85393200.

6.3.2 Estimación de la cantidad de Hg en dispositivos de alumbrado

De acuerdo con las referencias consultadas y, muy en particular, del inventario de mercurio en Nueva Zelanda para 2012 (Ministry of Environment, 2013) para la cuantificación del contenido de mercurio en los flujos de artículos descritos en el apartado anterior, se parte de los contenidos de referencia que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 28: Cantidad de Hg en distintos tipos de dispositivos de alumbrado (año 2012).

Tipo de lámpara	Contenido Hg (mg/unidad)	Código arancelario
Tubos fluorescentes (LFL)	2 – 5	8539.3100 -- Fluorescentes, de cátodo caliente
Lámparas fluorescentes compactas (CFL)	1 - 3	
Vapor de mercurio a alta presión	30	8539.3200 -- Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico
Lámparas de sodio a alta presión (HPS)	10 – 30	
Lámparas de haluros metálicos	25	
Lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) y lámparas fluorescentes de electrodo externo (EEFL)	1,8 - 3	Aparatos receptores de televisión, incluso con aparato receptor de radiodifusión o grabación o reproducción de sonido o imagen incorporado: 8528.7220 --- De cristal líquido

Fuente: Ministry of Environment, 2013

En la Tabla 29 se muestran los cálculos efectuados para estimar la cantidad de mercurio (Kg) presente en estos dispositivos y asociada a los periodos previamente establecidos en cuanto a consumo aparente, existencias y residuos para 2013 como año de referencia. Dado que existen distintos valores de referencia con respecto al contenido de mercurio de acuerdo con los distintos tipos de lámparas dentro de un mismo código arancelario, se han aplicado los valores promedio que se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29: Cantidad total (t) estimada de Hg según código arancelario (año de referencia 2013).

Año	Producto	Unidades (a)	Contenido de Hg (mg/unidad) (b)	Cantidad total de Hg (kg) $a \times b$
2013 (Consumo aparente)	Lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) y lámparas fluorescentes de electrodo externo (EEFL).	1.542.149	2,4	3.701
2007-2012 (en uso)		6.520.308		15.648
2006 (Residuo)		129.436		310
2013 (Consumo aparente)	Lámparas fluorescentes de cátodo caliente	19.930.711	2,5	49.826
2007-2012 (en uso)		185.970.057		464.925
2006 (Residuo)		16.913.325		42.283
2013 (Consumo aparente)	Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico	1.490.550	25	37.264
2007-2012 (en uso)		11.441.896		286.047
2006 (Residuo)		2.430.688		60.767

En resumen, la cantidad total de Hg presente en estos aparatos se resume según la Tabla 30.

Tabla 30: Cantidad total (t) estimada de Hg (año de referencia 2013).

Año	Producto	Cantidad total de Hg (t) <i>a x b</i>
2013 (Consumo aparente)	Lámparas	90,8
2007-2012 (en uso)		766,6
2006 (Residuo)		103,4

7. Conclusiones

Las principales conclusiones derivadas del presente estudio se resumen a continuación:

1. La consideración de sustancia COP está claramente establecida y explicitada a nivel internacional por los criterios de persistencia, bioacumulación, potencial de transporte a larga distancia en el medio ambiente y efectos adversos establecidos por el Convenio de Estocolmo. La definición de metal pesado, no obstante, cubre una serie de elementos químicos que presentan propiedades y características de toxicidad que no están uniformadas a nivel internacional.
 2. A nivel internacional, existe una creciente preocupación por las sustancias que potencialmente pueden entrañar riesgos para la salud humana y el medio ambiente:
 - a. El Comité de Revisión del Convenio de Estocolmo (POPRC) es el órgano que determina la inclusión de las nuevas sustancias COP en los Anexos del Convenio de Estocolmo en base a su perfil de riesgo y la evaluación sobre la gestión de este riesgo.
 - b. El mercurio es el único metal pesado en base al cual se ha acordado un convenio a escala internacional, el Convenio de Minamata.
 - c. La evaluación y gestión de sustancias químicas en general está cubierta a nivel internacional por el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos (SAICM) y a nivel europeo es especialmente destacable el Reglamento REACH, mediante el cual las empresas deben identificar y gestionar los riesgos vinculados a las sustancias que fabrican y comercializan en la UE.
 3. Las Directivas de ámbito europeo que regulan los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y la utilización de sustancias peligrosas en AEE (RoHS) se basan en el principio de Responsabilidad Extendida del Productor y son regulaciones consideradas pioneras a nivel mundial, habiendo sido referentes para numerosos estados como China, Japón, Corea del Sur y California.
-

4. La Responsabilidad Extendida del Productor (REP) es el enfoque más ampliamente implementado a nivel de internacional, particularmente en los países de la OCDE, en las políticas sobre gestión de RAEE, por el cual la responsabilidad por la comercialización de un producto se extiende a la etapa de post-consumo del ciclo de vida del producto, desplazando la responsabilidad de forma ascendente hacia el productor e incentivando a los productores a tomar en cuenta las consideraciones ambientales en el diseño de sus productos tales como la reducción de su contenido en sustancias peligrosas.
5. Actualmente, a nivel internacional, existen esquemas de certificación de AEE que contemplan criterios ambientales en el diseño, proceso de fabricación y gestión al final de la vida útil, por ejemplo, certificación TCO, Ecoetiqueta europea, y clasificación EPEAT. Todos ellos contemplan como criterio la ausencia/reducción del contenido de determinadas sustancias peligrosas en los AEE según categorías.
6. Aunque los grandes y pequeños electrodomésticos son, en general, las categorías de RAEE que más contribuyen (en % en peso) al total de RAEE generados, se observa que son los equipos informáticos y de telecomunicaciones, los aparatos de consumo y las lámparas los que, en proporción, contienen **mayores porcentajes de sustancias peligrosas** y, por tanto, son de mayor interés para el presente estudio.
7. A nivel mundial, cantidades significativas de AEE usados y/o RAEE se exportan actualmente a países africanos. Por la amplia variedad y peligrosidad de componentes y materiales que contienen, el reciclado de RAEE plantea una serie de riesgos para la salud humana y el medio ambiente cuando el reciclaje se realiza de manera informal.
8. Existen tres instrumentos internacionales que regulan de forma armonizada el traslado de residuos peligrosos: el Convenio de Basilea, la Decisión del Consejo de la OCDE (Decisión C (2001)107/Final), y el Reglamento sobre traslado de residuos de la Unión Europea (Reglamento (CE) n° 1013/2006).
9. Existen estándares y esquemas de certificación dirigidos a las plantas reacondicionadoras y recicladoras de RAEE con el fin de acreditar las prácticas de reciclaje responsables adoptadas, por parte de organismos independientes. En

Estados Unidos, existen las Prácticas de Reciclaje Responsable (R2) y los estándares de e-Stewards mientras en Europa se han desarrollado los WEELABEX.

10. El consumo de AEE en Chile proviene principalmente de la importación aunque se observan diferencias en función de las categorías de AEE. En el caso del mercado de equipos de informática y telecomunicaciones, aparatos de consumo y dispositivos de alumbrado las importaciones representan el 100% del consumo aparente nacional de estos productos.
11. Existe un vacío en cuanto a la información sobre los flujos de RAEE, desglosados por categoría y/o artículo, que se recolectan, reciclan, exportan o se tratan en plantas de disposición final en Chile. La causa principal es que la gestión de los RAEE se realiza de manera minoritaria (de tipo formal), con pocos puntos de recolección y gestores que realicen el desarme y reciclen el producto. En el año 2008 se estimó que se recuperó o recicló alrededor de un 16% de los residuos electrónicos y un 1% se dispuso como residuo peligroso. El restante 83% fue enviado a rellenos sanitarios, junto a residuos domésticos, o a vertederos. Se identifica, además, que un porcentaje desconocido de las fracciones de plástico provenientes del desarme de los RAEE se exportan para su reciclaje a China.
12. Existen dos proyectos de ley en trámite: Proyecto de Ley Marco para la gestión de residuos y responsabilidad extendida al productor (proyecto de Ley REP). El proyecto de Ley REP obliga a las empresas productoras (fabricantes o importadoras) de productos prioritarios a hacerse cargo del costo que supone la gestión de sus productos tras el fin de su vida útil.
13. Con respecto a la presencia de COP y metales en AEE en particular, se identifican vacíos legales y de gestión con respecto a la segregación de las sustancias peligrosas de los residuos de equipos eléctricos y electrónicos con la finalidad de asegurar su correcta disposición final y eliminar o reducir las emisiones desde las instalaciones de gestión de residuos. Asimismo, tampoco existe normativa relativa a la prohibición o restricción del uso de sustancias peligrosas en AEE.
14. En lo que refiere a los retardantes bromados considerados COP y usados históricamente en AEE (HBB y COP-PBDE) se puede concluir que:

- a. Han sido ampliamente eliminados y/o sustituidos a consecuencia de su inclusión en los Anexos del Convenio de Estocolmo en 2009, y a la Directiva europea RoHS, la cual dispuso su sustitución para el año 2008 y limitó su contenido en materiales homogéneos en un 0,1%.
- b. El HBB y el c-PentaBDE presentan usos históricos menores y los datos disponibles a través de la bibliografía consultada son escasos.
- c. El c-OctaBDE se aplicó de forma extensiva en el pasado a polímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS) usados en carcasas y fundas de aparatos eléctricos y electrónicos, en particular en aparatos que contienen tubos de rayos catódicos (CRT). En la medida en que los aparatos de CRT siguen presentes en el mercado o en uso, estos contienen con toda probabilidad c-OctaBDE, en unas cantidades que han podido ser referenciadas mediante bibliografía.
- d. El c-DecaBDE se utiliza en la actualidad como retardante de llama de plásticos y polímeros en carcasas de AEE, no obstante, por el momento es solamente un candidato a COP.

15. Respecto a las otras sustancias COP potencialmente contenidas en AEE:

- a. Los PFOS presentan muchas aplicaciones en la industria electrónica, no obstante, estos compuestos solamente intervienen en los procesos, mientras que los productos finales están en su mayoría libres de PFOS.
- b. El HBCD es un retardante de llama bromado utilizado principalmente en poliestirenos de alto impacto (HIPS) presente en algunos AEE, por ejemplo: equipos de audiovisuales y cajas de distribución de líneas eléctricas. No obstante, no existen referencias sobre su cuantificación en productos finales.
- c. Existe un pequeño porcentaje de parafinas cloradas de cadena corta (SCCP), en la industria eléctrica y electrónica las cuales provienen de su presencia en las parafinas cloradas de cadena media (MCCP), y se utilizan como

plastificante secundario y retardante de llama de PVC y caucho clorado para aislamiento de cables.

- d. Los Naftalenos clorados (CNs) se usaron históricamente en AEE como aislantes de cables y en condensadores, no obstante, las únicas emisiones en la actualidad provienen de fuentes no intencionales.

16. El mercurio se ha utilizado en una gran variedad de aparatos eléctricos y electrónicos, no obstante, la mayoría de estos usos han sido sustituidos/reducidos significativamente en los últimos años debido a las restricciones establecidas por la Directiva RoHS desde 2006. Los principales usos del mercurio en la actualidad son en dispositivos de alumbrado, los cuales constituyen las únicas exenciones para el mercurio (con límites cuantitativos de contenido) en la Directiva RoHS puesto que todavía no existe sustituto práctico para estos usos. Las lámparas fluorescentes, de vapor de sodio, de vapor de mercurio, de halogenuros así como las lámparas traseras de monitores y televisores de LCD siguen conteniendo mercurio en cantidades conocidas.
17. El plomo está presente en variedad de aparatos eléctricos y electrónicos; sus usos principales están en soldadura de estaño y plomo, tubos de rayos catódicos, cables, baterías, placas de circuito impreso y tubos fluorescentes. Sus usos mayoritarios en soldaduras y estabilizante de PVC para cables han sido prohibidos por la Directiva RoHS, no obstante, existen exenciones en su uso para finalidades específicas como por ejemplo en el vidrio de CRT.
18. Los usos del cadmio y el cromo (VI) son minoritarios y muy específicos en AEE, asimismo, la heterogeneidad en la presencia y variabilidad de contenido de Cd y Cr (VI) en distintos materiales y componentes de los AEE, así como la ausencia de referencias, dificulta su inventariado.
19. Existen en la actualidad algunas sustancias presentes en AEE identificadas como potencialmente preocupantes para la salud humana y/o el medio ambiente, de las cuales se están estudiando sus posibles efectos para el potencial establecimiento de restricciones/prohibiciones, particularmente en el ámbito de la Unión Europea, son las siguientes: berilio (Be), antimonio (Sb), tetrabromobisfenol (TBBP), ftalatos y PVC.

20. La creciente preocupación en todo el mundo acerca de los impactos ambientales y de salud humana asociados con el uso de productos químicos bromados y clorados (utilizados principalmente para retardantes de llama bromados (BFR) y PVC) en productos electrónicos ha llevado a las empresas a invertir en estrategias de ecodiseño que eliminan la necesidad de estas sustancias y/o las reemplazan por alternativas más seguras, más allá, incluso, de las regulaciones vigentes.
21. Actualmente la sustitución de BFR y PVC en aparatos electrónicos es viable técnica y económicamente y las grandes compañías están comprometidas en su eliminación, particularmente de los teléfonos celulares. El avance en la sustitución de estas sustancias en computadoras y otros aparatos de consumo y electrodomésticos es, en contraste, mucho menor.
22. La heterogeneidad de marcas, artículos, componentes y cantidades de COP y metales pesados presentes en AEE imposibilita en la mayoría de los casos la realización de un inventario exhaustivo de AEE y su contenido en COP y metales pesados. La ausencia de datos de mercado detallados y la codificación de los aparatos de acuerdo con el Servicio Nacional de Aduanas no permite distinguir de forma fiable aquellos artículos que contienen COP y/o metales pesados de los que no los contienen. En la mayoría de casos, coexisten en el mercado marcas, artículos y componentes con distintos contenidos de COP y/o metales pesados. Por esta misma razón tampoco es posible distinguir aquellos artículos que contienen sustancias sustitutas de los COP y/o metales pesados.
23. A pesar de las condiciones anteriormente mencionadas, en base a las metodologías y estudios internacionales de referencia, ha sido posible inventariar aquellos AEE que, con volúmenes de importación relevantes y cuya codificación como artículo permite asignar, de forma fiable, un contenido de referencia de COP y/o metales pesados, los siguientes AEE:
- a. Los televisores y monitores de rayos de tubos catódicos (CRT), con contenido en c-OctaBDE y plomo (Pb).
 - b. Los dispositivos de alumbrado con contenido en mercurio (Hg).

24. El cálculo del inventario del contenido COP y metales pesados del presente estudio se muestra que existen cantidades significativas de Pb y Hg contenidos en aparatos en uso. El inventario realizado (año de referencia 2013) se resume en las siguientes tablas:

Año	Producto	Peso (t)	Unidades	Cantidad c-OctaBDE (t)	Cantidad Pb ⁵¹ (t)
2013 (Consumo aparente)	Monitores y Televisores CRT	74,1	2.962	0,074	5,1
2007-2012 (en uso)		58.361,5	2.334.458	58,36	3.968,7
2006 (Residuo)		26.484,1	1.059.364	26,48	1.801,0

Año	Producto	Unidades	Cantidad Hg (t)
2013 (Consumo aparente)	Lámparas fluorescentes de cátodo frío (CCFL) y lámparas fluorescentes de electrodo externo (EEFL).	1.542.149	3,70
2007-2012 (en uso)		6.520.308	15,65
2006 (Residuo)		129.436	310
2013 (Consumo aparente)	Lámparas fluorescentes de cátodo caliente	19.930.711	49,83
2007-2012 (en uso)		185.970.057	464,92
2006 (Residuo)		16.913.325	42,28
2013 (Consumo aparente)	Lámparas de vapor de mercurio o sodio; lámparas de halogenuro metálico	1.490.550	37,26
2007-2012 (en uso)		11.441.896	286,05
2006 (Residuo)		2.430.688	60,77

⁵¹ Incluye también el Pb calculado para los demás CRT no contenidos en monitores ni televisores.

8. Bibliografía

- [1] AEA Technology, 2004. WEEE & Hazardous Waste. A report produced for DEFRA. AEAT/ENV/R/1688. March 2004 AEA Technology.
 - [2] BIO Intelligence Service (2013), Equivalent conditions for waste electrical and electronic equipment (WEEE) recycling operations taking place outside the European Union, Final Report prepared for. European Commission – DG Environment.
 - [3] Centro Coordinador Convenio Basilea-Centro Regional Convenio de Estocolmo para América Latina y el Caribe (CCCB/CRCE), 2014. Informe. El Convenio de Minamata sobre el Mercurio y su implementación en la región de América Latina y el Caribe, Abril 2014.
 - [4] CHEMSEC, 2010. Electronics Without Brominated Flame Retardants and PVC – a Market Overview. <http://www.chemsec.org/news/news-2010/april-june/539-chemsec-report-lists-500-products-free-from-brominated-flame-retardants-and-pvc>
 - [5] CONAMA, 2012. LEVANTAMIENTO DE ANTECEDENTES SOBRE LOS NUEVOS COMPUESTOS ORGÁNICOS PERSISTENTES EN CHILE.
 - [6] Convenio de Basilea, 2011. Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de desechos consistentes en mercurio elemental y desechos que contienen mercurio o están contaminados por este. Conferencia de las Partes en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación. Décima reunión. Versión definitiva revisada (31 de octubre de 2011). UNEP/CHW.10/6/Add.2/Rev.1.
 - [7] Convenio de Basilea, 2013. Conference of the Parties to the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal Eleventh meeting, United Nations, Geneva, 28 April–10 May 2013.
 - [8] Convenio de Basilea, 2013. Iniciativa de asociación sobre los teléfonos móviles. Publishing Service, United Nations, Geneva — GE.12-01833 — February 2013 — 200 — UNEP/SBC/2012/8.
-

- [9] Convenio de Basilea, 2014. Draft technical guidelines on transboundary movements of electronic and electrical waste and used electrical and electronic equipment, in particular regarding the distinction between waste and non-waste under the Basel Convention. Draft of 20 November 2014.
- [10] Convenio Estocolmo, 2012a. Orientaciones para el inventario de ácido sulfónico de perfluorooctano (PFOS) y sustancias químicas afines enunciados en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Borrador Julio de 2012.
- [11] Convenio de Estocolmo, 2012b. Orientaciones para el inventario de éteres de bifenilos polibromados (PBDE) enunciados en el Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Borrador Julio 2012.
- [12] CyV Medioambiente, 2009. DIAGNOSTICO PRODUCCIÓN, IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS ELECTRONICOS Y MANEJO DE LOS EQUIPOS FUERA DE USO. Gobierno de Chile, GTZ. Junio 2009.
- [13] CyV Medioambiente, 2010. DIAGNÓSTICO PRODUCCIÓN, IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS DE INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES, APARATOS ELÉCTRICOS Y ALUMBRADO Y EL MANEJO DE LOS PRODUCTOS POST-CONSUMO. INFORME FINAL. Diciembre 2010.
- [14] EC, 2008. Options for reducing mercury use in products and applications, and the fate of mercury already circulating in society FINAL REPORT European Commission. Directorate-General Environment. Contract: ENV.G.2/ETU/2007/0021. September 2008
- [15] Environment Canada, 2001. Toxic and Hazardous Materials in Electronics. An Environmental Scan of Toxic and Hazardous Materials in IT and Telecom Products and Waste. National Office of Pollution Prevention and Industry Canada, Computers for Schools Program (By Five Winds International), LP Final Report. October 2001.
- [16] Greenpeace, 2014. Green Gadgets: Designing the future. The path to greener electronics. September 2014.
-



- [17] Ministerio de Medio Ambiente, 2015. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RESPONSABILIDAD EXTENDIDA DEL PRODUCTOR EN CHILE APLICADA A LOS APARATOS ELÉCTRICOS. Gobierno de Chile, Febrero 2015.
- [18] Ministry for the Environment, 2013. Mercury Inventory for New Zealand: 2012. October 2013.
- [19] Öko-Institut e.V., 2008. Study on Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment, Not Regulated by the RoHS Directive. Final report. 17 October 2008.
- [20] PNUMA, 2008. Informe sobre los principales procesos y productos que contienen mercurio, sus productos sustitutivos y las experiencias en su sustitución por procesos y productos que no utilicen mercurio. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 14 de julio de 2008. Grupo de Trabajo especial de composición abierta sobre el mercurio.
- [21] Prada, G, 2003. Evaluación tecnológica de alternativas para el reciclado de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Proyecto final de carrera. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament de Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica. <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/2954>
- [22] UNEP, 2007a. E-waste. Volume I: Inventory Assessment Manual.
- [23] UNEP, 2007b. Report of the Persistent Organic Pollutants Review committee on the work of its third meeting – addendum, Risk management evaluation on commercial Pentabromodiphenylether UNEP/POPS/POPRC.3/20/Add1.
- [24] UNEP, 2013. Toolkit for Identification and Quantification of Mercury Releases, 2nd edition, version 1.2, April 2013. United Nations Environment Programme, Geneva.
- [25] WRAP, 2012. Overview of updated data within the Market Flows Model of Electronic Products. (www.wrap.org.uk).
-

Anexo 1: Actores entrevistados y resumen entrevistas

Entidad	Nombre	Persona de contacto ⁵²
Importadores	Philips	Milenko Vlatko, Product Manager Milenko.vlatkophilips.com
	Sodimac	Sergio Norambuena snorambuena@sodimac.cl
	Apple	Patricia Klein pklein@maconline.com
	Samsung	Ricardo Olivares r.olivares@samsung.com
Distribuidores	Cencosud (París, Easy, Fallabella)	Encargados de la Sección Eléctrica y electrónica.
	Mac On Line	
Gestores	Degraf	Carlos Charliac, Gerente Comercial. charliac@degraf.cl
	Hidronor	Juan Carlos Espinoza, Gerente de Operaciones. juancarlos.espinoza@hidronor.cl
	Chilenter	Cesar Castro, Subdirector de Operaciones cesar.castro@chilenter.cl
Asociaciones	Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA)	Jorge Ortúzar, Secretario General jortuzar@sofofa.cl

⁵² Información ampliada en Anexo 1.



Entidad	Nombre	Persona de contacto ⁵²
	Sociedad Nacional de Minería (SONAMI)	Carlos Gajardo Roberts, Gerente Asuntos Internacionales carlos.gajardo@sonami.cl
	Cámara Nacional de Comercio, Servicios y Turismo (CNC)	Ricardo Mewes, Presidente

- **Philips (Milenko Vlatko)**

Philips Chile importa todos sus productos. Philips comercializa tubos fluorescentes y ampolletas (fluorescentes compactas – con Hg; ampolletas de Na, halógeno y LED que no contienen mercurio). Dentro de las fluorescentes compactas existen dos tipos principales: las residenciales y profesionales. Las residenciales llevan un transformador acoplado y son modelo rosca, mientras que las profesionales llevan un transformador externo y no tienen rosca.

En relación a la tendencia futura del mercado, cada vez se da una mayor producción de LED, con lo cual se prevé que el resto de los productos disminuyan en producción (por ejemplo, la venta de ampolletas Na-haluro disminuye un 10% cada año). Se prevé que la producción de LED para el 2020 aumente hasta un 70%.

Milenko afirma que no tiene conocimiento ni sobre los propios Compuestos Orgánicos Persistentes (COP) ni su presencia en los productos de referencia; por el contrario si reconoce los metales mercurio (Hg) y plomo (Pb). En general, todos los productos de Philips presentan contenidos inferiores a 2 mg de Hg (aporta como ejemplo la hoja de especificaciones de los Tubos fluorescente TL). En cuanto al Pb, este suele presentarse en el cristal en aleación con otros elementos.

Como se indicó anteriormente, se prevé que la producción de LED (los cuales están libres de Pb y Hg) aumente hasta un 70% para el 2020. Por otra parte, en trabajo conjunto con la UNEP, se está desarrollando una Ley para prohibir el uso de ampolletas incandescentes, la cual entra en vigor en Diciembre 2014, para las ampolletas de 100 W; en Junio 2015, para las ampolletas en el rango 75-60 W y una última etapa en Diciembre 2015, para ampolletas en el rango 40-25 W. A partir de las fechas establecidas anteriormente, se





podrá seguir vendiendo el stock presente en los puntos de venta pero ya no se podrá importar productos de las características anteriormente mencionadas.

En relación a lo anterior, Milenko comenta que en Chile no existe producción y por tanto no existe generación de RAEE a nivel productivo. Si remarca que en caso de roturas de lámparas o demás productos, se contrata a una empresa especialista que gestiona dichos residuos.

En relación a las iniciativas por parte de Philips, hubo una campaña para bonificar a los consumidores (aprox. 1000 pesos) que recolectaban ampollitas incandescentes en la compra de ampollitas de ahorro energético. De esta forma se fomentaba la correcta gestión de estos residuos así como se fomentaba el consumo de ampollitas de bajo consumo.

Por otra parte cabe remarcar que Philips trabaja desde el año 2008 en La Ley REP con el MMA a través del marco legal.

- **Sodimac (Sergio Norambuena)**

Comunicación vía email y telefónica. No aportan información.

- **Apple (Patricia Klein)**

Comunicación vía email y telefónica. No aportan información.

- **Samsung (Ricardo Olivares)**

Contacto vía email y telefónica. Ricardo nos informó vía telefónica que Samsung ha dejado de vender CRT en Chile en el 2012, y actualmente ya no existen en el mercado. La compañía comercializa básicamente en primer lugar celulares y tabletas (a partir de este año 2014 ya no fabrica computadoras, se focalizan en tabletas), televisores, lavadoras y refrigeradores. Ricardo acuerda gestionar la solicitud de información pero aún no ha enviado nada.





Por otra parte cabe remarcar que en su catálogo web Samsung tiene cierta información para determinados modelos de productos (en concreto televisores) en cuanto a las especificaciones ambientales que indica la concentración de mercurio y la presencia o no de plomo.

- **Cencosud (París, Easy, Fallabella)** - Encargados de la Sección Eléctrica y electrónica.

Las personas encargadas de la sección eléctrica y electrónica no tienen conocimiento de la existencia o no de estos compuestos en los productos que comercializan. Se remiten a que se entiende que cuando el producto llega al punto de distribución debería haber pasado controles establecidos. Por otra parte no existe ningún tipo de referencia en cuanto al porcentaje de estos compuestos en las cajas, embalajes o manuales de estos productos.

- **Mac On Line** (Distribución, Encargado de tienda)

No tienen conocimiento sobre la existencia o no de los compuestos asuntos de referencia en sus productos.

- **Degraf (Carlos Charliac)**

Actualmente Degraf siguen recibiendo y gestionado CRT en un volumen significativo (aprox. un 10% del material que retiran/tratan son CRT, al mes podría significar unas 6 tn). El Tubo de Rayos Catódicos como tal se va a disposición final y los plásticos se utilizan como poder calorífico en los hornos cementeros.

De forma estimativa Degraf no aporta referencias específicas en cuanto a la vida útil de CRT, pero indica que por su experiencia no le da más vida útil de 5-6 años.





- **Hidronor (Juan Carlos Espinoza)**

Hidronor no tiene datos sobre estimaciones de las fracciones separadas o recuperadas una vez tratadas, dado que no tienen líneas o procesos destinados a la recuperación de materiales pues no les es rentable económicamente.

En cuanto a los electrodomésticos (grandes y pequeños), como se indica anteriormente no les sale rentable pensar en aprovechamiento de materias primas pues reciben el electrodoméstico completo. En general se someten a un proceso de trituración y compactación, posteriormente lo depositan en relleno de seguridad.

Respecto a las tarjetas de memoria de computadoras, hay ciertas empresas como MIDAS <http://www.midaschile.cl/home/index.html> que recicla materiales tipo el cobre (Cu) de los cable, etc. Remarcan el rol de ciertas empresas recuperadoras/recicladoras como Gerdau Aza <http://www.amchamchile.cl/content/gerdau-aza-0?page=1> la cual compra chatarra y la transforma en acero y otras más pequeñas como Elecmetal <http://www.elecmetal.com/es/>, Proacer <http://www.proacer.cl/>, Vulco [http://es.weirminerals.com/contact/latin_america/chile - santiago.aspx](http://es.weirminerals.com/contact/latin_america/chile_-_santiago.aspx), Britania <http://www.fundicionbritania.cl/>, las cuales recuperan plomo (Pb), cadmio (Cd) y otros metales a partir de polvos de fundición y escorias.

- **Chilenter**

Fundación Chilenter trabaja a nivel nacional con colegios y municipales, entregando computadoras reacondicionadas (cambian el CRT por la pantalla LCDE). Chilenter firma convenios con dichos colegios y municipales, produciéndose los cambios de estas unidades cada 4-5 años. Los CRT que recogen se gestionan directamente (sin valorización) con Hidronor (disposición final). Actualmente Chilenter se encuentra tramitando una solicitud de manejo para poder valorizar componentes de los CRT, excepto el tubo de rayos catódicos como tal el cual iría a disposición final.

- **SOFOFA (Jorge Ortúzar)**

Jorge Ortúzar nos comunica directamente con SOFOFA dado que indica que no tienen vinculación con el tema de estudio.





- **SONAMI, Carlos Gajardo**

Carlos nos indica que no tiene conocimiento en la maquinaria o herramienta que se aplica en Minería si existe alguno de los compuestos indicados. Nos indica que los materiales con los que trabajan pasan las normativas de calidad adecuadas.

- **CNC, Ricardo Mewes**

No ha sido posible establecer contacto con Ricardo Mewes, la persona designada para esta consulta en CNC nos indica que hay ciertas empresas asociadas a su organización, <http://www.cnc.cl/acerca-de-cnc/estructura/socios-activos/socios-empresas>, pero no pueden aportar los contactos sobre las personas relacionadas con el área de interés dado que los datos de sus socios son confidenciales. Por otra parte indica desconocimiento en cuanto a la identificación, cuantificación y existencia de estos compuestos en los productos que aplican al estudio.