



PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**VIABILIDAD DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE
RESIDUOS DE APARATOS ELÉCTRICOS Y
ELECTRÓNICOS EN LA CIUDAD AUTÓNOMA DE
BUENOS AIRES**

Autores:

Santiago Magariños	50.140
Guido Manfredi	50.171
Nicolás Fandiño	50.172

Director de Proyecto:

Ing. Jorge Tesler

2013

Abstract

La problemática de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en la Ciudad de Buenos Aires se ha incrementado en los últimos años. Las nuevas tecnologías y los ciclos de vida de productos marcadamente cortos han generado un incremento en los volúmenes de aparatos eléctricos y electrónicos que son volcados al mercado año a año. Los crecientes volúmenes de un tipo de residuo tan peligroso, no sólo para el ser humano, sino para el ambiente y todos los seres vivos han generado una urgencia en el tratamiento correcto de esta materia. La falta de legislación específica que hay en nuestro país es una de las principales brechas que evitan que se trate formalmente esta problemática, mientras que la falta de concientización social de toda la población es una de las principales causas por las que cualquier tibio intento de proponer una solución ha fracasado. Es por esto que es necesaria la proposición de un sistema de gestión de RAEEs, para ser implementado en una primera instancia en la Ciudad de Buenos Aires, para atacar esta problemática y servir de punto de partida para la expansión hacia el resto del territorio Argentino. El sistema propuesto en este trabajo tiene una función exclusivamente social, aunque los resultados obtenidos han demostrado que puede ser llevado a cabo con fines de lucro, obteniendo razonables rentabilidades a medida que se capta un mayor porcentaje de residuos generados. Antes de proponer un sistema regional adecuado a las características de la zona en cuestión y su población, fue necesario realizar un intensivo relevamiento de información para entender todos los aspectos relevantes de los aparatos eléctricos y electrónicos y sus residuos correspondientes.

De esta manera, se estudió la composición de las categorías más relevantes de los RAEEs, analizando sus componentes más peligrosos, el impacto que distintas prácticas informales como la incineración, y su incorrecta disposición final generan en el ambiente y en la salud de todos los ciudadanos. Asimismo, se investigó sobre la potencial valorización en el mercado de diferentes componentes que actualmente son desechados, desperdiciando elementos valiosos como plata, cobre e incluso oro.

En segundo lugar, consideramos que un buen punto de partida sería analizar los sistemas de gestión implementados en distintos lugares del mundo, en particular la Unión Europea y Estados Unidos, ya que ambos presentan maneras particulares de lidiar con esta problemática. Las legislaciones vigentes, sistemas implementados, actores y responsabilidades son algunos de los puntos que consideramos relevantes para un buen entendimiento del tema a nivel global, además de la evolución en los últimos años de volúmenes de residuos generados. Una tendencia encontrada en ambas regiones, como también en Argentina, es el alarmante crecimiento de AEEs volcados al mercado y de sus residuos correspondientes.

En tercer lugar, fue necesario entender la situación actual de Argentina en materia de RAEEs, y así poder cuantificar los esfuerzos necesarios para llevar la situación actual a una similar a la de las regiones estudiadas con anterioridad. Se estudió la falta de legislación específica, la necesidad de programas de concientización social, como también los actores y circuitos formales e informales que actualmente se encargan de los residuos. La falta de una infraestructura adecuada con responsabilidades delimitadas por una legislación específica sumada a las contundentes proyecciones realizadas para los años futuros resaltan y justifican la necesidad del sistema de gestión de RAEEs que se propone en el presente trabajo.

De esta manera, se elaboró un sistema de gestión para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, para ser llevado adelante por el gobierno de turno. El mismo se desarrolló para los RAEEs-TIC y grandes electrodomésticos pero podrá ser expandido en un futuro a todas las categorías si fuera conveniente. La primera etapa del sistema es la de recolección, puerta a puerta para los grandes electrodomésticos, y mediante centros de colección para los IT. La segunda corresponde al transporte de los residuos hasta la planta de tratamiento ubicada en el Parque Industrial de Quilmes. Los RAEEs-TIC son transportados desde los centros de colección, mientras que los electrodomésticos son llevados directamente una vez que son recogidos por las casas. Por último, la planta de tratamiento permite la recepción de los residuos, para su posterior desensamble y tratamiento adecuado para obtener al final del proceso los componentes valorizables que serán la fuente de ingreso mediante su venta a los distintos sectores industriales.

A través de este trabajo se ha logrado demostrar la viabilidad de un sistema de gestión para la región indicada, con la complementación imprescindible de los ya mencionados programas de concientización para integrar a la sociedad. Además, mediante la venta de materiales valiosos se ha demostrado la posibilidad de obtener beneficios económicos que recomendamos sean reinvertidos en el sistema para una creciente retroalimentación y una obtención de resultados más alentadores año tras año.

Abstract

The problematic of the waste of electric and electronic equipment in Buenos Aires City has risen in the past years. The new technologies and shortening life cycles of products have generated an increase in the volumes of electric and electronic equipment that are put in the market each year. The increasing volumes of such a hazardous waste, not only for the human being, but for the environment and every living creature, have generated urgency for the proper treatment of this subject. The lack of specific legislation in our country is one of the main gaps to solve in order to formally address this issue, while the lack of social awareness among the average population is one of the main causes for which any attempts to propose a solution have failed.

This is the reason why a proposal for an adequate management system of WEEE is necessary, firstly, to be implemented in Buenos Aires City, in order to address this issue and serve as a starting point for the expansion to the rest of Argentina.

The proposed system in this paper has an exclusively social purpose, even though the results obtained have shown that it can be implemented to obtain a profit, increasing with higher percentages of waste captured by the system.

In order to propose a regional waste management system suitable to the characteristics of the area and its population, it was necessary to carry out a thorough information research to understand and include all of the relevant aspects of electric and electronic equipments and their corresponding waste.

In this way, the composition of WEEE's main categories was studied, analyzing their most hazardous components, the impact that several informal practices, such as incineration, and their incorrect final disposal generate in the environment and the health of every citizen. Moreover, research was made on the potential market valorization of different components that are currently discarded, throwing away valuable elements, such as silver, copper and even gold.

In second place, a reasonable starting point consisted on analyzing different waste management systems that are used nowadays in a number of places in the world, in particular the European Union and the United States, given that both cases present particular ways of coping with this issue. Current legislations, implemented systems, actors and responsibilities, are some of the key points considered in the analysis for a good understanding of the subject in a global level, besides the evolution in the past years of volumes of waste generated.

A common trend in both regions, as well as in Argentina, is the alarming growth of EEE inserted in the market and their corresponding waste.

In third place, it was necessary to understand the current situation of Argentina regarding WEEE, in order to be able to quantify the needed efforts to change it towards one more

similar to the mentioned regions. The lack of specific legislation, the need for social awareness programs, as well as the actors and formal and informal flows were the main points studied, among others.

The absence of an adequate infrastructure with defined responsibilities, added to the conclusive projections obtained for the near future, highlight and justify the need for the WEEE management system that is proposed in this paper.

As a result, a management system for Buenos Aires City was elaborated to be carried out and implemented by the government in office. Such system was developed for the categories of IT and large appliances but it could be expanded for the rest of them, if convenient.

The first stage is collection, door to door for large appliances, and through collection centers for IT. The second corresponds to the transport of the waste to the treatment plant, located in Quilmes Industrial Park. The IT category is transported from the collection centers, while the large appliances are taken directly once they are gathered in the houses. Lastly, the treatment plant allows the reception of the waste for further disassembly and adequate treatment in order to obtain, at the end of the process, the recoverable components which represent the source of income of the project, by means of their sale to the different industrial sectors.

Through this dissertation the feasibility of a management system for the indicated region has been demonstrated, complemented by the indispensable aforementioned social awareness programs that aim to integrate society. In addition, through the sale of valuable materials, the possibility of obtaining economic benefits has been proved, benefits that should be reinvested in the system for a growing feedback and the obtaining of more encouraging results year after year.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo de nuestras familias y amigos. En especial, queremos agradecer el soporte incondicional brindado por “Ruseado F.C.”, presente en todos los años de estudio.

Queremos agradecer también a nuestro tutor, Jorge Tesler, y a Fernando Cedres por guiarnos y ayudarnos a lo largo del desarrollo, y por sus comentarios y continuas propuestas de mejora.

A la Profesora Liliana María Bertini, por su amabilidad y por la información recibida y a Gustavo Fernandez Protomastro de e-scrap, por sus esfuerzos para mejorar la situación de los RAEEs en Argentina, por la información y por su buena disposición.

Por último, le agradecemos a Juan Carlos “Toti” Pasman por el soporte que brindó lo largo de toda la carrera, y especialmente en estos últimos años.

Índice

1	Introducción	1
1.1	Descripción del problema e importancia.....	1
1.2	Conceptos Generales	3
1.3	Categorías de los RAEE (desde perspectiva del reciclaje)	4
1.3.1	Categorías RAEEs	5
1.3.2	Categorías de la Unión Europea	6
1.4	Composición	8
1.5	Materiales Peligrosos / Peligrosidad	11
1.5.1	Impacto en la Salud.....	11
1.5.2	Impacto Ambiental	17
1.6	Materiales Valiosos / Recuperación de Recursos	19
2	Estados Unidos	26
2.1	Situación actual	26
2.2	Sistema legal	32
2.3	Programas “Takeback” de los productores	33
2.4	Empresas recicladoras	38
2.5	Proceso de Reciclaje	39
2.6	Aparatos eléctricos en EEUU.....	40
2.7	Residuos de aparatos eléctricos especiales	40
2.8	Conclusiones	42
3	Unión Europea	43
3.1	Introducción	43
3.2	Marco legal Europeo	47
3.2.1	Directiva RAAEs	47
3.2.2	Directiva RoHS.....	49
3.2.3	Red de disposición de RAEEs	50
3.2.4	Procesos para el reciclado.....	52
4	Argentina	55
4.1	Introducción	55
4.2	Diagnóstico de situación	56
4.3	Marco Legal	62
4.3.1	Legislación Internacional.....	62
4.3.2	Legislación Nacional	62

4.3.3	Proyectos Rechazados.....	63
4.4	Situación económica	64
4.5	Situación social y concientización cultural	65
4.6	Análisis actual de los RAEEs en Argentina.....	67
4.6.1	Circuito formal.....	68
4.6.2	Circuito informal.....	69
4.6.3	Actores del sistema	70
4.6.4	El rol del Estado.....	76
4.6.5	Proceso de gestión de RAEEs.....	76
5	Proyecto de mejora	78
5.1	Propuesta.....	78
5.2	RAEEs-TIC: Recolección y logística.....	81
5.2.1	Costo en punto de colección	82
5.2.2	Recolección aprovechando infraestructura existente.....	85
5.2.3	Transporte	86
5.3	Grandes Electrodomésticos.....	88
5.3.1	Sistema de Recolección	88
5.3.2	Flota de camiones	89
5.3.3	Costos de transporte.....	89
5.4	Localización	91
5.4.1	Macro-localización	91
5.4.2	Micro-localización.....	93
5.5	Planta de Tratamiento: Lay-out.....	93
5.6	Costos de la Planta de Tratamiento.....	94
5.7	Ingresos	100
5.8	Aplicación del Proceso.....	103
5.8.1	RAEEs-TIC.....	103
5.8.2	Grandes Electrodomésticos.....	104
5.9	La Minería y la Minería Urbana.....	105
5.10	Riesgos	108
5.10.1	Condiciones que afectan la viabilidad del proyecto	108
5.10.2	Legislación.....	109
5.10.3	Variables que afectan la viabilidad del proyecto	110
6	Conclusiones y Recomendaciones.....	115
6.1	Conclusiones	115

6.1.1	Estados Unidos	115
6.1.2	Circuitos de los RAEEs en Argentina.....	115
6.1.3	Proyecto	116
6.1.4	Marco legal	116
6.1.5	Sistema.....	117
6.1.6	Costos.....	117
6.1.7	Ingresos.....	117
6.2	Recomendaciones.....	118
Anexo I: Unión Europea		119
Anexo II: Baricentro poblacional de la C.A.B.A.....		124
7	Bibliografía	126

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema e importancia

Durante las últimas décadas la industria de la electrónica ha revolucionado al mundo: productos eléctricos y electrónicos se han convertido en imprescindibles para la vida del siglo XX y XXI en todos los rincones del mundo. Sin estos productos, la vida moderna no sería posible tanto en países industrializados como en vías de industrialización. Estos productos son utilizados en áreas como la medicina, movilidad, educación, salud, suministro de alimentos, comunicación, seguridad, protección ambiental y cultura, entre muchos otros.

En un reciente estudio, la Comisión Europea de Medio Ambiente ha llegado a la conclusión de que en el mundo se descartan entre 20 y 50 millones de toneladas de RAEEs (Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos). Los nuevos diseños, constantes innovaciones, ciclos de vida decrecientes y facilidades de pago para el consumidor aumentan las tasas de recambio de los aparatos, por lo que las cantidades puestas en el mercado están creciendo año a año, aumentando exponencialmente la acumulación de estos residuos que no entran en circuitos de tratamiento.

En la Unión Europea el peso total de productos electrónicos puestos en el mercado en el 2010 excedió las 9.575 millones de toneladas. Para el 2015 se estima que la cifra puede alcanzar las 13 millones de toneladas. Entre otros, los productos fueron los siguientes:

- 4.684 millones toneladas de grandes electrodomésticos.
- 1.488 millones de toneladas de computadoras de escritorio y laptops.
- Alrededor de 0.975 millones de toneladas de televisores.
- 0.385 millones de toneladas de lámparas.

La Unión Europea tiene la más detallada regulación de la materia, con su Directiva promoviendo el reuso, reciclado y recupero de los RAEEs.

En América del Norte, el estimado es de 2.37 millones de toneladas para el 2009. Esta región se distingue por tener una tasa de *stockpiling* o almacenado informal muy alta, con alrededor del 75 por ciento de RAEEs siendo guardados en casas y oficinas al finalizar su vida útil. El principal causante puede ser resultado de la implementación de altas tasas de eliminación impuestas por el estado y capacidades suficientes de almacenaje informal. Las cifras más importantes para el 2009 fueron las siguientes:

- 438 millones de productos electrónicos fueron vendidos.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

- 5 millones de toneladas cortas de productos electrónicos se encontraban en almacenamiento.
- 2,37 millones de toneladas cortas de productos electrónicos estaban listos para su tratamiento final.
- 25% de esas toneladas fueron recolectadas para su reciclaje.

En materia legal, hay poca legislación federal aunque algunos estados han implementado programas que obligan a los productores a recolectar y hacerse cargo de los RAEEs al final de su vida útil, en un intento de logística inversa.

Para América del Sur no existen precisas por el hecho de que no hay una buena documentación de las cantidades desechadas. Al no haber legislaciones vigentes, la falta de información dificulta obtener estimaciones precisas. Brasil únicamente, genera aproximadamente 0.68 millones de toneladas por año.

En Asia, el panorama es similar a China, país que tiene predominantemente un circuito informal por lo que es complicado estimar con precisión los volúmenes de RAEEs que se generan. En India, los residuos de computadoras, televisores y teléfonos móviles, entre otros, fue estimado en 0.44 millones de toneladas en el 2007. Japón, por su parte, produjo un estimado de 0.86 millones de toneladas en el 2005. Asia importa grandes cantidades de RAEEs, ya sea para re uso, reciclado o eliminación. Se estima que el 80 por ciento de los RAEEs descartados se exportan al continente asiático, en particular China. Debido a los envíos ilegales, la información acerca de RAEEs importados al continente es probablemente sub estimada. En cuanto a materia legales, China tiene 3 documentos legislativos que sirven como guía en el recupero y eliminación de RAEEs, mientras que Japón tiene la Ley de Reciclaje de Electrodomésticos.

El caso más particular es el de África, región que no tiene datos confiables de uso de AEEs o generación de residuos. En general, los ciclos de vida de los aparatos electrónicos son más extensos que en el resto del mundo, por lo que actualmente, los aportes de esta región no son significantes. De todas formas, se espera que la demanda de AEEs crezca en un futuro no muy lejano. África es un importador de RAEEs y tiende a acumularlos para su posterior desmantelado y reciclado informal.

Es fácil llegar a la conclusión de que las cantidades a nivel mundial de RAEEs continuarán en ascenso, con la inmediatez de nuevas tecnologías, mayor penetración de AEEs en países sub desarrollados y costos más accesibles. Por otro lado, es probable que las cantidades reportadas de RAEEs estén subestimadas, lo que indica la necesidad de la estandarización de métodos y técnicas para obtener mayor precisión en las cifras. Los sistemas informales de reciclado, en particular en países en vías de desarrollo, reducen las cantidades de RAEEs pero las operaciones deben estar alineadas con los requisitos modernos de seguridad para prevenir daños ambientales y a la salud humana. Es fundamental que el ritmo de desarrollo

e implementación de legislaciones que regulen las actividades se adapte a la creciente velocidad con la que se han estado generando este tipo de desechos.

1.2 Conceptos Generales

A continuación se expone una breve explicación de los términos más importantes referidos al tema y que serán utilizados a lo largo de este trabajo.

Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE): Todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos pertenecientes a las categorías descritas en el presente documento y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua.¹

Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE): Los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos son residuos derivados de AEE descartados por el consumidor al final de su vida útil, cuyas características hacen que sea necesario ser sometidos a un manejo especial y que deberán ser entregados a un sistema de gestión ambientalmente adecuado.

Comercializador de AEE: El comercializador de AEE es una persona física o jurídica que comercializa o distribuye aparatos eléctricos o electrónicos. Se incluyen en esta categoría los denominados almacenes de cadena.

Gestión Integral de RAEE: La gestión integral de RAEE denomina el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de un residuo, desde su generación hasta su valorización y disposición final.

Gestor de RAEE: El gestor de RAEE es una persona o entidad, pública o privada, que realiza alguna de las operaciones que componen la gestión de RAEE (transporte, acopio, almacenamiento, desmontaje, valorización o disposición final), autorizadas para ese fin, conforme a lo establecido en los marcos normativos nacionales.

Productor de AEE: Un productor de AEE es una persona natural o jurídica que, con independencia de la técnica de venta utilizada:

- Fabrique o ensamble AEE bajo su nombre o su marca, o haga diseñar o fabricar AEE y ponga en el mercado dichos productos bajo su nombre o marca,
- Ponga en el mercado o revenda AEE fabricados o ensamblados por terceros, excepto en los casos en que el nombre o marca del tercero figure en el AEE,

- Importe o introduzca al país AEE procedentes de otros países para su puesta en el mercado local,
- Fabrique, ensamble o haga ensamblar AEE sobre la base de componentes de varios productores y ponga en el mercado dichos productos,
- Reacondicione AEE para ser usados o reutilizados en el mercado local en un nuevo ciclo de vida.

RAEE históricos: Los RAEE históricos comprenden aquellos RAEE que proceden de productos puestos en el mercado con anterioridad a la fecha que se haya establecido una regulación que asigne la responsabilidad de financiación de los costes de la gestión de los RAEE.

RAEE huérfanos: son aquellos RAEE cuyo productor haya cesado operaciones o se haya retirado del mercado.

AEE clonados: Un AEE clonado es un equipo sin marca que ha sido armado a través del ensamble de partes de diversas procedencias, similar a un producto original, que se pone en el mercado.

Residuos de manejo especial: son residuos que por su composición y características físico-químicas o biológicas, requieren de medidas técnicas y organizacionales especiales, diferenciadas de otras corrientes de residuos.

Responsabilidad extendida del productor (REP): La Responsabilidad Extendida del Productor denota un principio de política ambiental que tiene como objetivo reducir el impacto medioambiental de un producto. Consiste en que el productor de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, se responsabilice por el ciclo de vida completo de un producto, en especial de la etapa post-consumo, comprendiendo la recolección, valorización y disposición final. La responsabilidad extendida del productor es implementada por medio de diferentes instrumentos administrativos, económicos e informativos. La composición de estos instrumentos determina la forma de REP aplicada (individual, colectiva o mixta).

1.3 Categorías de los RAEE (desde perspectiva del reciclaje)

Es importante aclarar que el desglose de los RAEE no está definido a nivel internacional y tampoco es unívoco. Existen diversos criterios que se utilizan para clasificar y agrupar a este tipo de residuos.

Una primera categorización de los RAEE se realiza a partir de la perspectiva del reciclaje. Esto requiere agrupar a los distintos RAEE en grupos cuyas características particulares condicionen algunos aspectos en el reciclaje de estos aparatos. De acuerdo a su

composición, por contener materiales valiosos o peligrosos, los equipos deberán tener cuidados especiales al fin de su vida útil.

1.3.1 Categorías RAEEs

No.	Categorías	Ejemplos	Justificación
1	Aparatos que contienen refrigerantes.	Heladeras, congeladores, otros que contienen refrigerantes.	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
2	Electrodomésticos grandes y medianos (menos equipos de la categoría 1).	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos.	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales.
3	Aparatos de iluminación.	Tubos fluorescentes, bombillas	Requieren procesos especiales de valorización.
4	Aparatos con monitores y pantallas.	Televisores, monitores TRC, monitores LCD.	Los tubos de rayos catódicos requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos.	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón (excepto los mencionados en categorías anteriores). Portátiles, netbooks, teléfonos y dispositivos compactos.	Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes y, por ende, requieren un tratamiento de reciclaje o valorización muy semejante.

Tabla 1.1 - Categorías de RAEEs

En primer lugar, los aparatos que contienen refrigerantes tienen la particularidad de contener CFC en las unidades de refrigeración. El CFC, si se lo libera, se acumula en la atmósfera deteriorando la capa de ozono y aumentando la incidencia de cáncer de piel en las personas. Por este motivo requieren un transporte seguro que evite las roturas.

Por otro lado, los electrodomésticos grandes y medianos, al contener elementos metálicos y plásticos, en general, pueden tratarse como elementos normales. De todas formas, como se explicará más adelante, habrá que evitar la quema de estos elementos en caso de contener PVC, ya que al ser quemado libera elementos tóxicos como dioxinas y furanos.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Los aparatos de iluminación requieren procesos especiales de valorización ya que algunas lámparas pueden contener mercurio, el cual tiene un impacto en el medio ambiente, disolviéndose en el agua y afectando a los seres vivos, como también tiene un impacto en la salud, causando daño en el cerebro y riñones.

Los RAEE pertenecientes a la categoría de aparatos con monitores y pantallas, tienen la particularidad de contener bario, el cual es un elemento altamente tóxico para la salud humana. Es por esto que requieren un manejo que asegure que no haya ningún tipo de roturas.

Por último, otros aparatos eléctricos y electrónicos incluyen notebooks, teléfonos móviles, televisores, equipos de oficina y electrónicos de consumo. Contienen sustancias peligrosas como cadmio y cromo hexavalente pero también contienen sustancias valorizables como plata, oro, paladio y cobre (aunque en pequeñas cantidades).

1.3.2 Categorías de la Unión Europea

La Directiva sobre los RAEE de la Unión Europea ha establecido 10 categorías en las que se agrupan los RAEE, empleando un criterio de clasificación orientado por la perspectiva del productor de los equipos.

No.	Categoría	Ejemplos
1	Grandes Electrodomésticos	Heladeras, congeladores, grandes equipos refrigeradores, otros.
2	Pequeños Electrodomésticos	Aspiradoras, tostadoras, freidoras, cafeteras, relojes, otros pequeños electrodomésticos.
3	Equipos de Informática y Telecomunicaciones	Computadoras, notebooks, impresoras, terminales de fax, teléfonos, celulares, etc.
4	Aparatos electrónicos de consumo	Radios, televisores, amplificadores, videocámaras, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Lámparas fluorescentes, lámparas de sodio, lámparas de descarga de alta intensidad.
6	Herramientas eléctricas o electrónicas (excepto herramientas industriales fijas de gran envergadura, instaladas por profesionales)	Taladradoras, sierras, máquinas de coser, herramientas para torner, pulir, remachar, clavar, soldar, cortar el césped, otras.
7	Juguetes y Equipos Deportivos o de Tiempo Libre	Trenes eléctricos, consolas, videojuegos, etc.
8	Aparatos Médicos (excepto los productos implantados e infectados)	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, analizadores, congeladores, medicina nuclear, otros.
9	Instrumentos de vigilancia y control	Detector de humos, reguladores de calefacción, termostatos, otros
10	Máquinas expendedoras	De bebidas calientes, de botellas o latas, de productos sólidos, de dinero, etc.

Tabla 1.2 - Categorías de clasificación de RAEEs de la UE.

Una última clasificación utilizada comprende su división en tres líneas, denominadas mediante colores, de la siguiente forma:

- **Línea blanca**: Comprende todo tipo de electrodomésticos grandes y pequeños, como por ejemplos neveras, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
- **Línea marrón**: Comprende todos los electrónicos de consumo como televisores, equipos de sonido y de vídeo.
- **Línea gris**: Comprende los equipos informáticos (computadores, teclados, ratones, etc.) y de telecomunicaciones (teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles, etc.).

Sin embargo, los tipos de clasificación anteriormente mencionados, tienen un marcado enfoque desde la perspectiva de su comercialización.

1.4 Composición

La mayor particularidad de los RAEE es que están compuestos de cientos de materiales diferentes; algunos muy valiosos en los mercados informales, otros potencialmente peligrosos, tanto para el ambiente como para la salud humana y otros que no son valorizables pero tampoco representan peligro alguno. Los elementos más comunes encontrados en los RAEE son los siguientes:

- **Metales preciosos:** Plata (Ag), Oro (Au), Paladio (Pd)
- **Metales básicos:** Cobre (Cu), Aluminio (Al), Níquel (Ni), Estaño (Sn), Zinc (Zn), Hierro (Fe), entre otros.
- **Metales peligrosos:** Mercurio (Hg), Berilio (Be), Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Arsénico (As), Antimonio (Sb), Bismuto (Bi), entre otros.
- **Halógenos:** Bromo (Br), Flúor (F), Cloro (Cl), entre otros.
- **Combustibles** (plásticos).

Estas características tan particulares de reunir, por ejemplo en un volumen tan pequeño como en el de un teléfono móvil, materiales de alto valor junto con elementos potencialmente peligrosos, son una de las causas de los impactos negativos que se generan al medio ambiente cuando se disponen en rellenos sanitarios, se desechan a los suelos o cuerpos de agua o se realiza el desensamble inadecuado. En algunos países en vía de desarrollo existe una fuerte lucha por los materiales de alto valor económico, en combinación con un fuerte desconocimiento de lo que se debe manejar de manera adecuada.

Por otro lado, las sustancias no valorizables y no peligrosas pueden ser enviadas a rellenos sanitarios sin que se ponga en riesgo la salud o el ambiente. Sin embargo, estos componentes ocupan lugar en los rellenos y ninguna de estas sustancias es recuperada para una posterior utilización, lo que significa una necesidad de extracción de los yacimientos naturales, agravando el problema de agotamiento de ciertos recursos.

A continuación, se muestra la composición de 4 categorías de RAEE:

Material	Grandes Electrodomésticos (%)	Pequeños Electrodomésticos (%)	ICT (%)	Lámparas (%)
Metal ferroso	43	29	36	-
Aluminio	14	9.3	5	14
Cobre	12	17	4	0.22
Plomo	1.6	0.57	0.29	-
Cadmio	0.0014	0.0068	0.018	-
Mercurio	0.000038	0.000018	0.00007	0.02
Oro	0.00000067	0.00000061	0.00024	-
Plata	0.0000077	0.000007	0.0012	-
Paladio	0.0000003	0.00000024	0.00006	-
Indio	0	0	0.0005	0.0005
Plásticos bromados	0.29	0.75	18	3.7
Plásticos	19	37	12	0
Vidrio de plomo	0	0	19	0
Vidrio	0.017	0.16	0.3	77
Otros	10	6.9	5.7	5
Total	100	100	100	100

Tabla 1.3 - Composición de los RAEEs por categoría. NOTA: metales no ferrosos: cromo, níquel, zinc, plomo, estaño, aluminio, manganeso.

Como se puede observar en la tabla 1.3 anterior, la composición de los RAEE depende fuertemente en el tipo y la antigüedad del equipo. Por ejemplo, los RAEE de tecnología de la información (IT) y sistemas de comunicación contienen una mayor cantidad de metales preciosos (platino, oro, plata, paladio) que los RAEE provenientes de aparatos electrodomésticos. Por otro lado, en equipos de mayor antigüedad, el contenido de metales valiosos es más alto, como así también el contenido de sustancias peligrosas.

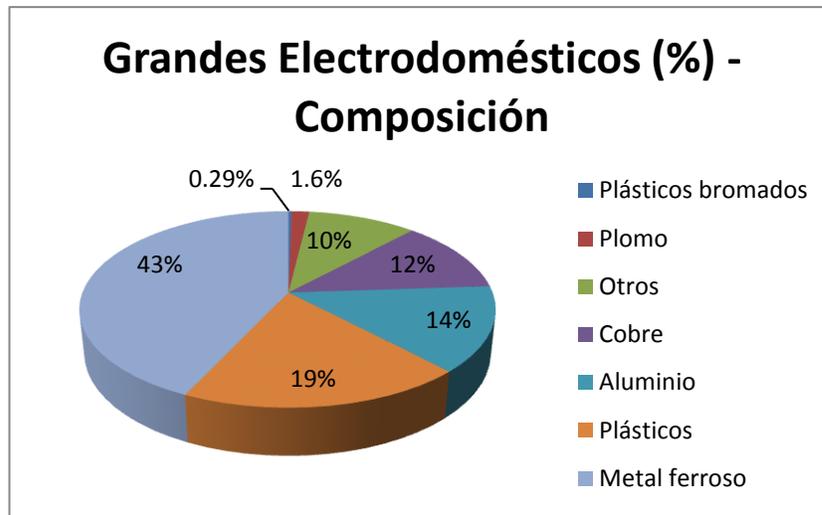


Gráfico 1.1 - Composición de grandes electrodomésticos

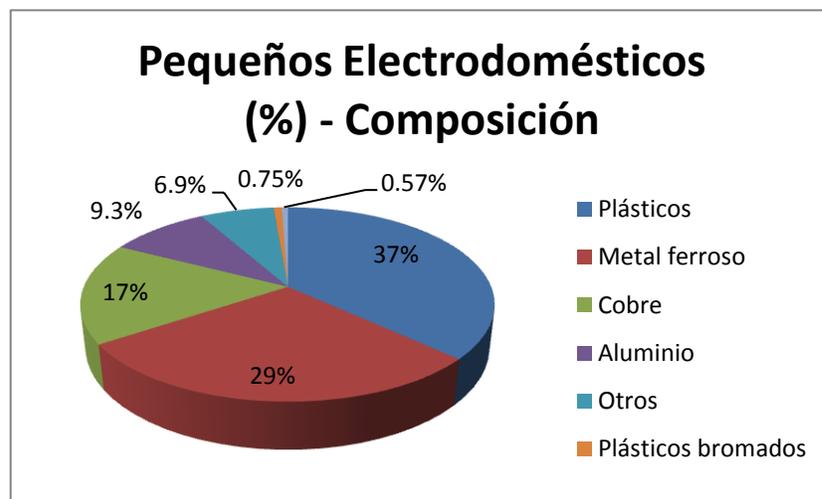


Gráfico 1.2 - Composición de pequeños electrodomésticos

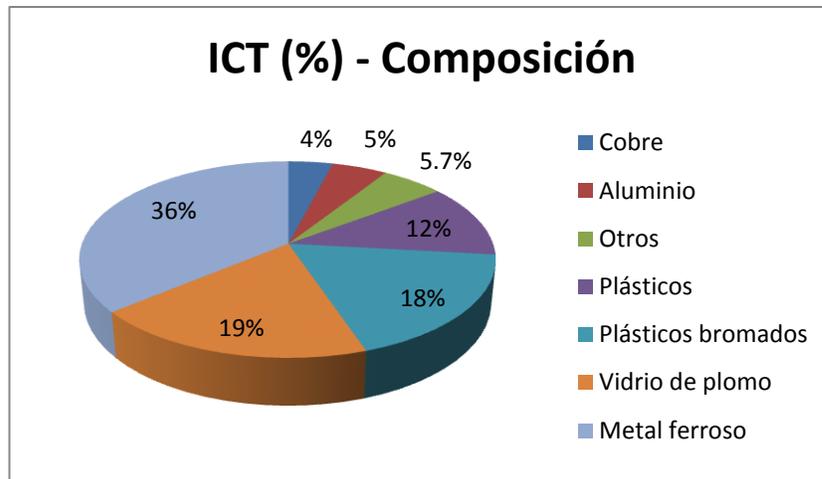


Gráfico 1.3 - Composición de Tecnologías de la Información y la Computación

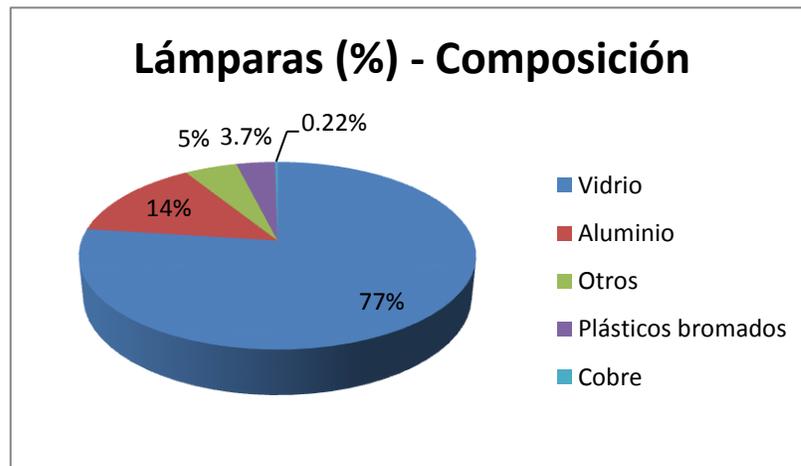


Gráfico 1.4 - Composición de lámparas

1.5 Materiales Peligrosos / Peligrosidad

1.5.1 Impacto en la Salud

De acuerdo al Diagnóstico Sobre la Generación de Basura Electrónica en México, elaborado por el Instituto Politécnico Nacional para el Instituto Nacional de Ecología, Julio 2007, existen dos grupos de sustancias incorporadas en los productos electrónicos consideradas tóxicas al ambiente y a la salud humana.

Las primeras son los compuestos orgánicos policromados, conocidos también como retardadores de flama bromados (BFR) que se utilizan en diversas secciones de las computadoras personales y televisores. Las segundas son los metales pesados como

cadmio, cromo hexavalente, mercurio y plomo. Estos se utilizan en las partes eléctricas de los aparatos. La forma en que las sustancias son incorporadas en los productos electrónicos no supone riesgo a la salud humana, es la forma inadecuada de disponer los residuos los cuales al ser expuestos al aire, agua o suelos causan efectos irreversibles de tipo dañino.

A continuación se presenta la tabla 1.4 con las sustancias más peligrosas que se encuentran generalmente en determinados RAEE:

Sustancia	Presencia en RAEE
Compuestos Halogenados	
PCB (policloruros de bifenilo)	Condensadores, transformadores
TBBA (Tetrabromo-bifenol-A)	Retardantes de llama para plásticos: (Componentes termoplásticos, cables, tarjetas madre, circuitos, revestimientos)
PBB (Polibromobifenilos)	TBBA actualmente es el retardante de llama más utilizado en placas de circuitos y carcasas
PBDE (Polibromodifenilo éteres)	
Clorofluorocarbonados (CFC)	Unidades de refrigeración, espumas aislantes
PVC (policloruro de vinilo)	Aislamiento de cables
Metales pesados y otros metales	
Arsénico	Pequeñas cantidades entre los diodos emisores de luz, en los procesadores de las pantallas de cristal líquido LCD
Bario	En los tubos de rayos catódicos (TRC) en la cámara de ventilación de las pantallas TRC y lámparas fluorescentes
Berilio	Cajas de suministro eléctrico (fuentes de poder)
Cadmio	Baterías recargables de Ni-Cd, capa fluorescente (pantallas TRC), fotocopiadoras, contactos e interruptores y en los tubos catódicos antiguos
Cromo VI	Discos duros y de almacenamiento de datos
Plomo	Pantallas TRC, tarjetas de circuito, cableado y soldaduras
Litio	Baterías
Mercurio	Lámparas fluorescentes en LCDs, en algunos interruptores con mercurio (sensores). Los sistemas de iluminación de las pantallas planas, las cafeteras electrónicas con desconexión automática o los despertadores contienen relés de mercurio
Níquel	Baterías recargables de Ni-Cd y Ni-Hg y pistola de electrones en los monitores TRC
Elementos raros (Ytrio, Europio)	Capa fluorescente (Monitores TRC)
Selenio	Fotocopiadoras antiguas
Sulfuro de zinc	Interior de monitores TRC, mezclado con metales raros
Otros	
Sustancias radioactivas (Americio)	Equipos médicos y detectores de fuego, detectores de humo, entre otros

Tabla 1.4 - Sustancias peligrosas en los RAEEs

Se presentan las formas en que tales sustancias se encuentran en los productos electrónicos y los efectos que generan el organismo del ser humano:

Bario

- Se utiliza en los paneles frontales de tubos de rayos catódicos para proteger a los usuarios de la radiación
- Al ser altamente inestable en su estado puro, forma óxidos tóxicos en contacto con el aire. Una exposición de corto plazo causa inflamación del cerebro, debilidad de músculos, daño al corazón, el hígado y el bazo. Estudios realizados sobre animales han mostrado elevada presión sanguínea y cambios en el corazón, debidos a la ingesta prolongada de bario. De todas formas, los efectos a largo plazo que tiene el elemento sobre los humanos todavía no se conocen con precisión.

Berilio

- El berilio ha sido clasificado como un carcinógeno para los humanos ya que la exposición al elemento puede causar cáncer de pulmón. El principal problema de salud lo trae la inhalación del berilio en forma de polvo o humo. Trabajadores que han sido expuestos al berilio, incluso en pequeñas cantidades y que se vuelto sensibilizados pueden desarrollar lo que se conoce como Enfermedad del Berilio Crónica. Esta enfermedad afecta principalmente los pulmones. Exposición al berilio también causa enfermedades en la piel. Estudios han demostrado que se pueden desarrollar enfermedades relacionadas a la exposición a este elemento incluso muchos años luego de la última exposición.

Cadmio

- Está en ciertos componentes como chip de resistores SDM (Surface Mount Device, Dispositivo de Montaje Superficial), detectores de infrarrojo y semiconductores, algunas baterías de poder y tubos de rayos catódicos como estabilizador con más de 20 años de existencia. Utilizado en baterías recargables, contactos y conexiones de monitores de tubo de rayo catódico.
- Los efectos del cadmio son irreversibles en los humanos ya que se acumulan en los riñones e hígado, causando un mal funcionamiento de estos órganos. Además se relaciona con la fragilidad en los huesos y afecta la reproducción en algunas especies de aves. El cadmio se absorbe por la respiración o en los alimentos. Exposición aguda al cadmio causa síntomas parecidos a los de la gripe, como debilidad, fiebre, dolores de cabeza, transpiración y dolor muscular.

Cromo hexavalente

- En los equipos electrónicos se utiliza como antioxidante (se usa en las cubiertas de metal).
- Puede entrar al organismo por inhalación o por ingestión y causa cáncer en los pulmones. Se ha determinado que 8 de cada 10 trabajadores expuestos a atmósferas dentro de los límites permitidos (0,05 miligramos de cromo hexavalente por metro cúbico de aire), durante 40 años llega a desarrollar cáncer. Fuerte irritante de las vías respiratorias, ojos y la piel. El cromo puede penetrar la membrana celular de las células, produciendo efectos altamente tóxicos en las mismas. Estos efectos causan reacciones alérgicas como bronquitis asmática. Además, el cromo puede causar alteraciones en el ADN.

Mercurio

- Se usa principalmente en baterías y placas de circuito como también en interruptores, termostatos, sensores y lámparas de descarga. También en algunos equipos médicos, transmisión de datos, telecomunicación, teléfonos celulares y monitores de pantalla plana dentro del sistema de iluminación.
- El mercurio inorgánico se puede filtrar, incorporándose al agua potable y convirtiéndose en metilmercurio. Este se acumula en los tejidos grasos de los organismos vivos como peces y se concentra por la cadena alimenticia. Causa daño crónico en el cerebro y los riñones, se agudizan los efectos en niños, mujeres embarazadas y en etapa de amamantamiento.

Policloruros de bifenilo (PCB)

- Son una clase de compuestos orgánicos usados en una variedad de aplicaciones que incluyen fluidos dieléctricos para capacitores y transformadores, fluidos de transferencia de calor y como aditivos en adhesivos y en plásticos.
- Se ha demostrado que causan cáncer y otros efectos de salud serios en animales, incluyendo efectos en el sistema inmunológico, sistema reproductor, sistema nervioso y sistema endócrino, entre otros. Debido a la alta solubilidad en los lípidos y su baja tasa de metabolismo, los PCBs se acumulan en los tejidos ricos en grasas de casi todos los organismos, fenómeno que se conoce como bioacumulación.

Policloruro de vinilo (PVC)

- El PVC es el plástico más conocido y es usado en todo tipo de aparatos electrónicos.
- El problema con el PVC es que contiene hasta un 56% de cloro, el cual, al ser quemado, produce grandes cantidades del gas cloruro de hidrógeno, que se combina

con agua para formar ácido clorhídrico. Este ácido, al ser inhalado, causa problemas respiratorios.

Otros metales

- Los componentes electrónicos contienen otros metales como aluminio, cobalto, cobre, estaño, hierro, indio, paladio, plata, platino, níquel, oro, rutenio, selenio y zinc
- Algunos no significan peligro ambiental alguno.

Plástico

- Un 23% del equipo electrónico es de plástico. Cada computadora contiene cerca de 6 kilogramos de plástico. Uno de los plásticos más usados en computadoras es el cloruro de polivinilo (PVC) en un 26% de las partes plásticas (1.55 kilogramos). Pero en equipos recientes se ha reducido su uso.
- Se ha observado que el PVC es el plástico que más peligros ambientales y de salud presenta. La producción y el quemado de este plástico genera dioxinas y furanos. Es un gran causante de formación de dioxinas en quemadores a cielo abierto e incineradores de basura.

Plomo

- El plomo es el quinto metal más usado mundialmente luego del hierro, aluminio, cobre y zinc. Se encuentra en los equipos electrónicos en la soldadura de tarjetas impresas de circuitos, entre otros y en los tubos de rayos catódicos y soldaduras, protectores de la radiación. Los monitores contienen entre 1.8 y 3.6 kilogramos de plomo.
- Una exposición de corto plazo puede causar vómitos, diarrea, convulsiones, estado de coma o incluso la muerte. Otros síntomas son pérdida de apetito, dolor abdominal, fatiga, insomnio, irritabilidad y dolores de cabeza. La exposición crónica tiene efectos tóxicos que van directo al sistema nervioso central y periférico, al sistema sanguíneo y a los riñones. Sus efectos tienen un impacto seriamente negativo en el desarrollo cerebral de niños. El plomo se acumula en el ambiente con efectos altamente tóxicos en las plantas, animales y microorganismos. Preocupa fundamentalmente la contaminación de los mantos acuíferos.

Retardantes de flama bromados

- Utilizados en productos eléctricos y electrónicos de consumo para reducir su flamabilidad (mayor resistencia a las flamas).

- Determinadas sustancias de estos retardantes pueden causar efectos neurotóxicos en los humanos. Además, reducen los niveles de tiroxina e incluso penetran la barrera sanguínea cerebral en los fetos en desarrollo (la tiroxina regula el normal desarrollo de todas las especies). Pueden deteriorar el aprendizaje y la memoria e incrementan los riesgos de cáncer en los sistemas digestivo y linfático, estómago, páncreas e hígado.

Clorofluorocarbonados (CFC)

- Se encuentra en unidades de refrigeración y en espumas aislantes.
- Son componentes formados por carbono, flúor, cloro y a veces hidrógeno. Cuando se los libera a la atmósfera, se acumulan en la estratósfera y tienen un efecto deteriorante sobre la capa de ozono. Este lleva a mayor incidencia de cáncer de piel en humanos y en daño genético en muchos otros organismos.

Arsénico

- Se encuentra en algunos componentes electrónicos como interruptores, relés y tarjetas de circuitos. El arsénico también es usado como agente dopante en transistores.
- Su incorrecta disposición y exposición crónica puede causar desde daños menores en la piel hasta cáncer linfático, de piel y pulmón. Reduce la velocidad de conducción de los nervios y puede llegar a ser fatal.

1.5.2 Impacto Ambiental

Para fabricar AEE se utilizan infinidad de sustancias, como metales pesados, materiales ignífugos bromados y halogenados. Como fue explicado previamente, estas sustancias en concentraciones significativas, pueden provocar daños en la salud de los humanos.

Para citar un ejemplo corriente, algunos de los materiales que contienen una computadora fija común, no solo pueden poner en riesgo la salud humana, sino que también la mayoría de ellos representan un riesgo potencial para el medio ambiente si no reciben un tratamiento adecuado o no se desechan del modo debido.

A continuación se incluye la tabla 1.5 que expone los daños potenciales de los distintos materiales:

Material	Daños potenciales al medioambiente
Materiales ignífugos cromados	En los vertederos son solubles, en cierta medida volátiles, bioacumulativos y persistentes. Al incinerarlos se generan dioxinas y furanos.
Cadmio	Bioacumulativo, persistente y tóxico para el medio ambiente.
Cromo VI	Las células lo absorben muy fácilmente; efectos tóxicos.
Plomo	Acumulación en el ecosistema; efectos tóxicos en la flora, la fauna y los microorganismos.
Mercurio	Disuelto en el agua, se va acumulando en los organismos vivos.

Tabla 1.5 - Materiales dañinos para el MA. Fuente: "La gestión de RAEEs. Guía dirigida a autoridades locales y regionales."

El impacto ambiental de los RAEE va más allá de la acumulación de los mismos, ya que también hace referencia a los efectos que puede tener tratarlos de manera incorrecta.

El modelo de vida actual aumenta la demanda y la producción de aparatos eléctricos y electrónicos de consumo diario. Al ritmo actual, se prevé que la generación de residuos se duplique en un futuro próximo, hasta los 12 millones de toneladas en el 2014.

Tanto la producción de estos aparatos como la eliminación de sus residuos lleva asociada una problemática ambiental y sanitaria. Para su fabricación se necesitan grandes cantidades de energía y de materias primas, algunas muy perjudiciales tanto para el medio ambiente como para el ser humano.

1.5.2.1 Incineración

Por otro lado, más del 90% de los residuos de los AEE son eliminados mediante la incineración o por deposición en vertederos, tratamientos que no implican procesos de descontaminación ni de recuperación, y que suponen importantes riesgos ambientales y un desperdicio de recursos. En la incineración se liberan gases contaminantes que provienen de la combustión del PVC de los AEE.

Se calcula que las emisiones procedentes de la incineración de residuos en la Unión Europea generan, cada año, 36 toneladas de mercurio y 16 toneladas de cadmio. La introducción de RAEE (pequeños) en incineradoras incorpora grandes concentraciones de metales, como metales pesados, tanto a los residuos como a los gases residuales. Los RAEE

contienen, además, cantidades importantes de PVC, que no se puede incinerar a causa del gas peligroso que liberan.

Por otro lado, se ha demostrado mediante pruebas que aparatos tan comunes como un televisor ocasionan pérdidas de energía durante su incineración, debido al tubo de rayos catódicos de la pantalla: se calcula que la pérdida de energía derivada de introducir cristal en la incineradora ronda los 400 kJ/kg.

1.5.2.2 Depósito en vertederos

La lixiviación y filtración de sustancias peligrosas, la vaporización de gases y los incendios incontrolados son los principales impactos ambientales de la deposición en vertederos.

El principal riesgo en los depósitos de este tipo es la filtración de los líquidos lixiviados. Esto es una realidad ya que ningún depósito es 100% impermeable y las fugas a las napas subterráneas son posibles. Materiales como el mercurio, el PCB y el cadmio (todos encontrados en circuitos y plásticos de los RAEE) pueden disolverse en el suelo y las aguas subterráneas, contaminando no solo en el lugar de la fuga, sino también aguas abajo de la misma.

Por otro lado, la vaporización del mercurio, que se encuentra en los RAEE, puede producir un impacto en el medio ambiente.

Además, se pueden producir incendios incontrolados en los vertederos, originando la emisión de dioxinas y furanos extremadamente tóxicos.

1.5.2.3 Reciclaje

Si no se realiza un desmontaje adecuado, las sustancias peligrosas pueden dispersarse en los metales recuperados y los materiales triturados. Los procesos de recuperación mediante incineración pueden acarrear la emisión de sustancias peligrosas a causa de la presencia de metales pesados (plomo, cadmio) o compuestos halogenados.

El reciclaje de RAEE requiere, por lo tanto, un tratamiento previo adecuado y, si es posible, la sustitución de los materiales y sustancias peligrosos por otros menos contaminantes.

1.6 Materiales Valiosos / Recuperación de Recursos

No sólo se expone el ambiente y la salud de las personas al fallar en desarrollar una solución sustentable, sino que la falta de tratamiento adecuado de los RAEE representa un derroche inimaginable de recursos.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Los equipos electrónicos contienen hasta 17 metales preciosos incluyendo oro, plata y cobre, los cuales siguen teniendo un valor económico significativo cuando los aparatos caen en desuso. Teniendo en cuenta solamente los teléfonos celulares descartados en 2011 se llega a la conclusión de que se están desperdiciando, entre otros:

- Oro: 228 kg = US\$12.462.480
- Plata: 1.750 kg = US\$1.855.000
- Cobre: 81.000 kg = US\$664.200

Estos números son sólo un ejemplo de la oportunidad económica escondida en el potencial negocio de la venta de componentes y materiales recuperados a instalaciones equipadas a proveer un reciclaje ambientalmente seguro. El aumento de los precios de las materias primas está convirtiendo al reciclaje, por ejemplo, de computadoras, en un negocio económicamente viable.

El acceso y disponibilidad de determinadas materias primas para la producción de los AEE está aumentando su importancia, con reservas mundiales de dichos materiales, como oro y paladio, decreciendo alarmantemente rápido y convirtiéndose de esta manera en materiales más y más caros.

Así, al contener una mezcla de varios de estos materiales, los RAEE pueden ser considerados como una fuente de metales valiosos, como cobre, aluminio, oro y plata. Cabe que destacar que se consumen menos recursos al reciclar estos materiales de los RAEE que si se los extrae como recursos nuevos en procesos que, además, son perjudiciales para el medio ambiente. El cobre, por ejemplo, tiene una eficiencia promedio de reciclado en las computadoras personales de un 90%, mientras que el oro de un 99% y la plata de un 98%. Al no reciclarlos, se está forzando a extraer las materias primas para procesarlas, produciendo pérdidas notablemente significativas, no sólo de estos recursos, sino que de energía también.

Por otro lado, es importante aclarar que, aunque el porcentaje de los metales preciosos es relativamente pequeño comparado con el peso total, su concentración, como es el caso del oro, alcanza a ser más alta que la encontrada naturalmente en una mina. Además, a pesar de las pequeñas cantidades de metales preciosos en los RAEE, éstos se vuelven muy importantes desde el punto de vista del valor económico de los mismos.

Los consumidores finales también forman parte del problema de la imposibilidad de recuperar materiales valiosos. En muchos países se produce un fenómeno de acumulación o acopio, en el que las personas guardan en sus hogares aparatos que ya no utilizan, atrapando recursos e impidiendo reingresen al flujo de materiales/recursos.

A continuación se muestran las toneladas de ciertos metales utilizadas solamente en los teléfonos móviles y computadoras en el 2012. Si estos recursos no son reinsertados al mercado al final de la vida útil de los equipos, se pierden como materia prima para manufacturar nuevos productos, ya sea nuevos AEEs, u otras tecnologías. En este sentido, la reutilización de metales es fundamental para la sustentabilidad, preservando estos recursos para futuras generaciones.

A-Celulares:	
1750 Millones de unidades	Toneladas
x 250 mg Ag	437,5 t
x 24 mg Au	42 t
x 9 mg Pd	15,75 t
x 9 g Cu ≈	15,750 t
11.000 t Cu	
1750 M x 20 g/batería*	
x 3.8 g Co	6.650 t Co
*Tipo ion de litio	

Tabla 1.6 - Materiales usados en celulares (2012)

B-PC & laptops:	
330 Millones de unidades	Toneladas
x 1000 mg Ag	330 t
x 220 mg Au	72,6 t
x 80 mg Pd	26,4 t
x ≈ 500 g Cu	165.000 t
≈150 M baterías de laptop*	
x 65 g Co ≈ 6500	9.750 t Co
*Tipo ion de litio es usada en más del 90% de laptop modernas	

Tabla 1.7 - Materiales usados en PC y Laptops (2012)

Producción Mundial (minería)	Porcentaje A+B
Ag: 20.000 t/a	4%
Au: 2.500 t/a	5%
Pd: 230 t/a	18%
Cu: 16 Mt/a	1%
Co: 60.000 t/a	27%

Tabla 1.8 - Producción mundial de minería (2012)

Como se puede apreciar de las tablas, los diferentes metales representan cantidades significativas respecto a la producción mundial (mediante minería) de los mismos. En particular, el cobalto es el que constituye el mayor porcentaje debido a que está presente en la mayoría de las baterías recargables, tanto de teléfonos móviles como de computadoras. De todas formas, hay que destacar que estas demandas son solamente para estos dos aparatos, por lo que la demanda de los AEEs en general (incluyendo todas las categorías) es, sin dudas, mucho mayor.

Por otro lado, la demanda de metales preciosos aumentará notablemente en el futuro, especialmente en tecnologías emergentes como energías renovables y tecnologías de la información. La mayoría de los países carece de reservas geológicas de estos metales y tiene muy poco stock de los mismos por lo que dependen completamente de importaciones. Por multiplicidad de razones, económicas, técnicas y geopolíticas, la escasez y falta de provisión son probables que ocurran en el futuro. De esta manera, el reciclaje de materiales preciosos es crucial para los países que piensen intervenir en este tipo de tecnologías.

Material	Tecnologías Emergentes
Antimonio	Micro capacitores
Berilio	Energía nuclear, aplicaciones militares
Cobalto	Baterías ion de litio, combustibles sintéticos
Fluorita	
Galio	Circuitos integrados, fotovoltaicos de capa fina, diodos emisores de luz blanca
Germanio	Cables de fibra óptica, tecnologías de óptica infrarroja
Grafito	
Indio	Pantallas, fotovoltaicos de capa fina
Magnesio	
Niobio	Micro capacitores, ferroaleaciones
Metales Grupo Platino	Platino: celdas de combustible, catalizadores Paladio: Catalizadores, Desalinización de agua de mar
Tierras Raras: itrio, Escandio y lantánidos	Superconductores, autos híbridos, tecnología de tubo de rayos catódicos, láseres
Tantalio	Micro capacitores, tecnología médica
Tungsteno	Aplicaciones automotores, aeroespaciales, médicas

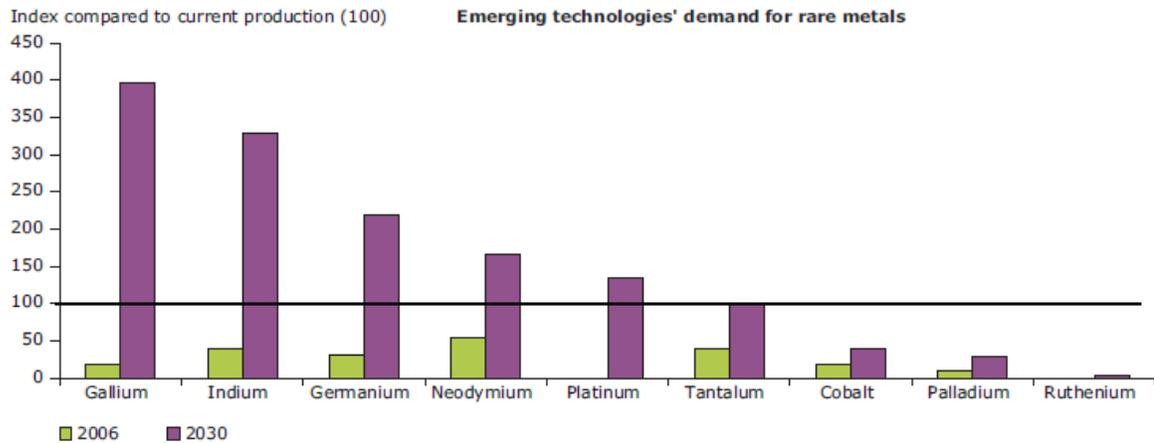
Tabla 1.9 - Tecnologías emergentes por material

Actualmente, las tasas de reciclaje mundiales de metales preciosos son, en general, muy bajas. Algunas de ellas son las siguientes:

- Galio, germanio, indio, tantanio → menos del 1%
- Rutenio → 15%
- Cobalto, paladio y platino → entre 60 y 70 %

De esta manera, el primer paso para aumentar el reciclaje de metales preciosos es a través de la recolección de materiales que contengan estos recursos, como los RAEE.

A modo de ilustración y para tener una idea de la dimensión de la demanda de determinados metales raros a futuro, se muestra la demanda global de determinados metales en el 2006 y su proyección para el 2030. El estudio fue realizado por el Ministerio Federal Alemán de Economía y Tecnología.



Source: Based on ISI/IZT, 2009; and Elsner et al., 2010.

Gráfico 1.5 - Tecnologías emergentes para metales preciosos

Se toma como base al índice de producción actual (100), por lo que a simple vista se puede ver que si no se realizan métodos alternativos a los de extracción de la naturaleza, los metales preciosos serán un limitante para el desarrollo de múltiples industrias que presentan un potencial grande en el futuro.

Regiones de Referencia

Con la intención de presentar un marco teórico y situación mundial actual sobre el tema en cuestión más preciso y abarcativo, se han seleccionado dos de las regiones más avanzadas en materia de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos: Estados Unidos y la Unión Europea.

En las siguientes secciones se presentarán las normativas que regulan la actividad (si es que las hubiere), actores involucrados, sistemas y programas vigentes y volúmenes generados, entre otros, a modo de comprender más exhaustivamente la problemática de los RAEE en el mundo y algunas posibles soluciones que podrían llegar a aplicarse en nuestro país.

Si bien es cierto que determinados países asiáticos como Japón se encuentran igual o más avanzados que las regiones seleccionadas para analizar en materia de gestión de RAEEs, la escasa o nula similitud en cuanto a población, cultura de consumo, y otros factores relevantes con las características de nuestro país han influenciado para apartar de nuestro estudio a tales países.

2 ESTADOS UNIDOS

2.1 Situación actual

Consideramos importante tener en cuenta la situación de Estados Unidos ya que se trata de un país muy desarrollado económicamente (PBI más alto del mundo), con un consumo muy elevado de energía, bienes y servicios por habitante y también con un gran mercado de AEEs.

El Gobierno Federal gasta casi 14 mil millones de dólares al año en equipamiento de Tecnología de la Información, siendo el consumidor más grande de estos productos.

Se estima que en 2009²:

- 438 millones de productos electrónicos fueron vendidos.
- 5 millones de toneladas cortas de productos electrónicos se encontraban en almacenamiento.
- 2,37 millones de toneladas cortas de productos electrónicos estaban listos para su tratamiento final.
- 25% de esas toneladas fueron recolectadas para su reciclaje.

	Computadoras		Monitores		Dispositivos de Hard – Copy (Impresoras)	
	Unidades (miles)	Toneladas cortas	Unidades (miles)	Toneladas cortas	Unidades (miles)	Toneladas cortas
Total vendido (1980–2009)	857.000	7.570.000	653.000	11.000.000	471.000	4.050.000
En uso	325.000	2.430.000	191.000	2.590.000	167.000	1.450.000
En almacenamiento	70.500	742.000	40.200	862.000	41.400	352.000
Al final de su ciclo de vida	462.000	4.400.000	422.000	7.560.000	262.000	2.250.000

Tabla 2.1 – E.E.U.U. Ventas, uso y almacenamiento de productos electrónicos – Parte 1
Fuente: EPA – “Electronic Waste Management in the United States Through 2009”.

	Mouse y Teclados		TVs		Dispositivos Móviles	
	Unidades (miles)	Toneladas cortas	Unidades (miles)	Toneladas cortas	Unidades (miles)	Toneladas cortas
Total vendido (1980–2009)	1.670.000	1.460.000	772.000	25.400.000	1.660.000	257.000
En uso	368.000	311.000	312.000	11.200.000	812.000	94.100
En almacenamiento	Not Estimated	Not Estimated	104.000	2.930.000	57.800	9.270
Al final de su ciclo de vida	1.310.000	1.150.000	356.000	11.300.000	789.000	154.000

Tabla 2.21 - E.E.U.U. Ventas, uso y almacenamiento de productos electrónicos – Parte 2
Fuente: EPA – “Electronic Waste Management in the United States Through 2009”.

Año	Computadoras	Monitores	Dispositivos Hard-Copy	Teclados y Mouse	TVs	Disp. móviles	Total
2006	33%	21%	37%	7%	16%	6%	22%
2007	36%	24%	38%	7%	17%	7%	24%
2008	38%	26%	35%	7%	16%	11%	24%
2009	38%	29%	34%	8%	17%	8%	25%
2010	40%	33%	33%	10%	17%	11%	27%

Tabla 2.3 - E.E.U.U. Tasa de recolección relativa al peso total de producto al final de su vida útil. Fuente: EPA – “Electronic Waste Management in the United States Through 2009”. (2010 es estimado)

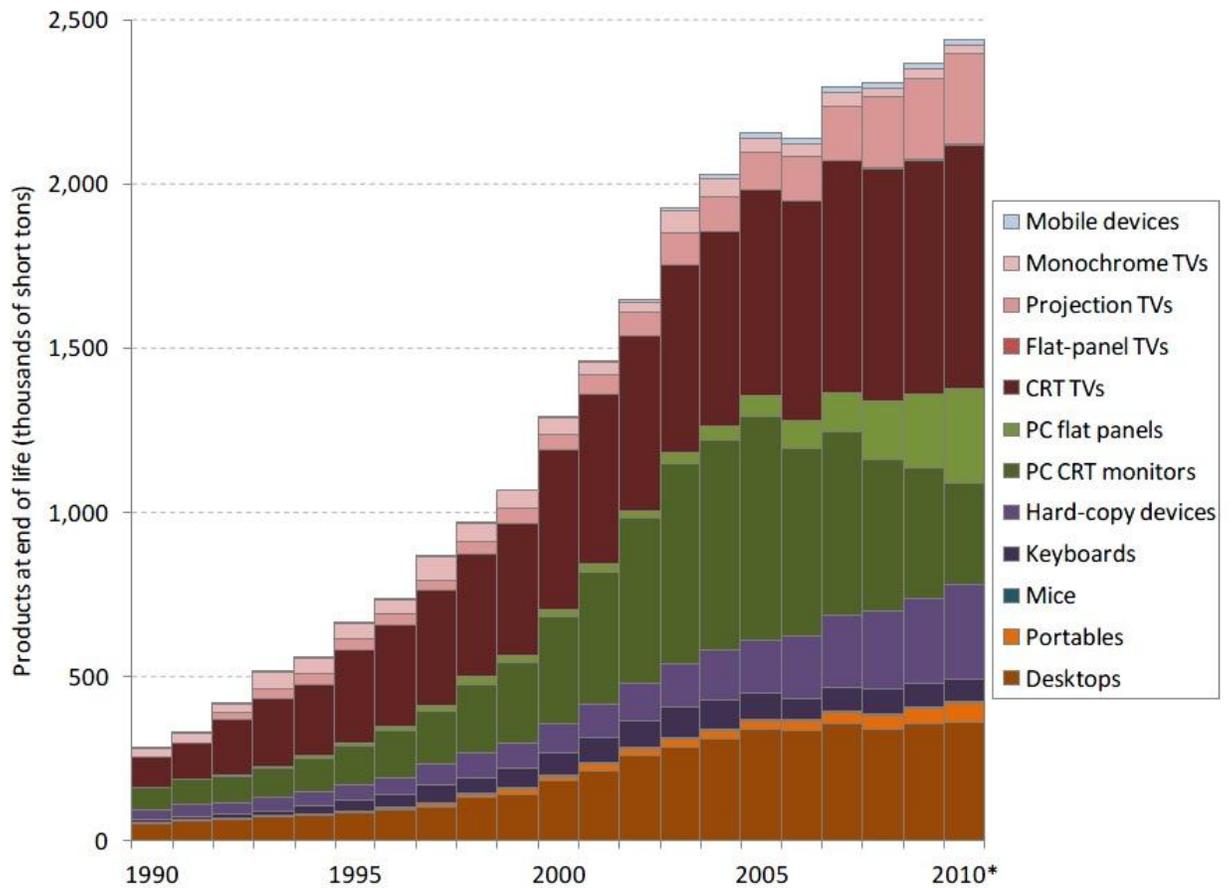


Gráfico 2.1 - E.E.U.U. Peso de los productos electrónicos listos para su tratamiento final en Estados Unidos. Fuente: “EPA – Electronics Waste Management in the United States Through 2009”

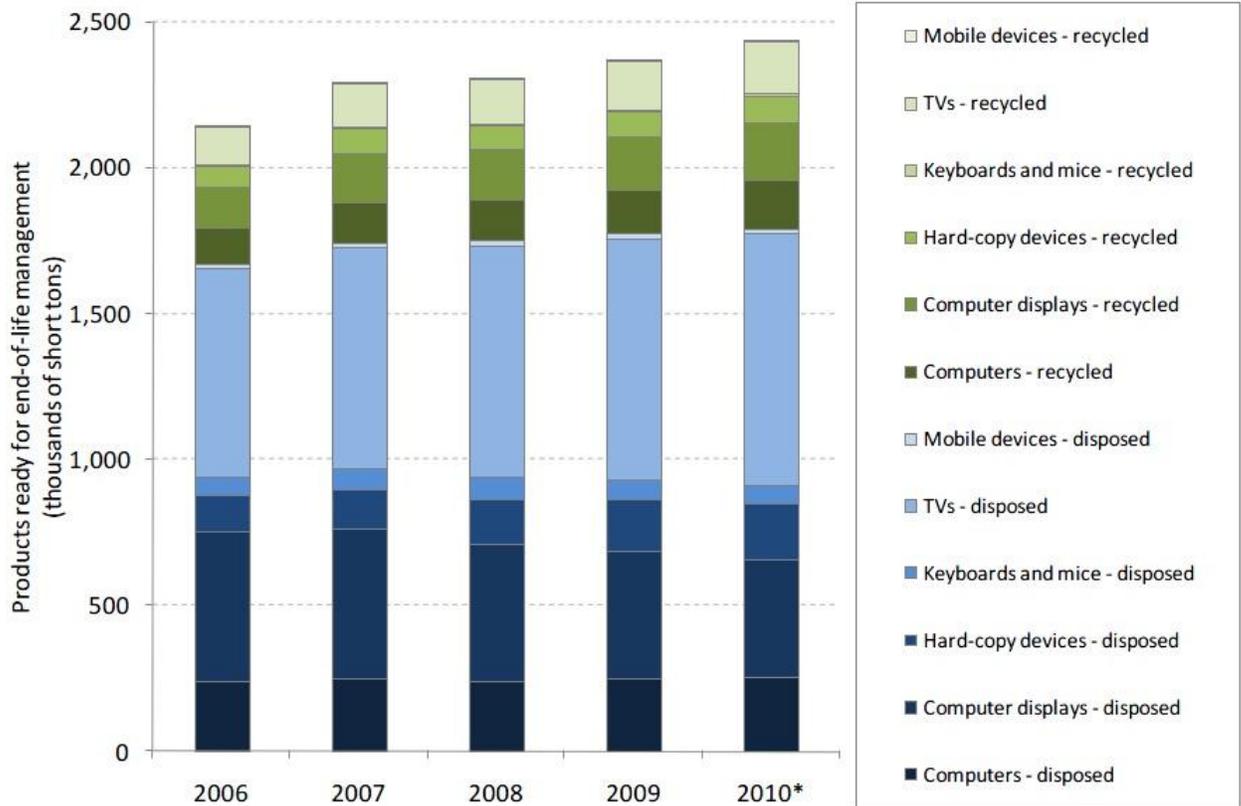


Gráfico 2.2 - E.E.U.U. Peso de productos electrónicos recolectados para reciclaje o disposición final. Fuente: EPA – “Electronics Waste Management in the United States Through 2009.”

El Environmental Performance Index, un indicador creado por la universidad de Yale, rankea a los países de acuerdo su desempeño en las categorías de seguridad pública del medioambiente y vitalidad de los ecosistemas. Este indicador provee una estimación de qué tan cerca está un país de alcanzar las metas de las políticas medioambientales.³ Está compuesto de varios otros índices, que se dividen en salud del medioambiente (efectos del aire en la salud, efectos del agua en la salud y mortalidad infantil) y vitalidad del ecosistema (aire, recursos hídricos, biodiversidad, agricultura, bosques, pesca y cambio climático y energía)⁴.

De las 5 categorías en las que se divide el EPI, siendo 1 la mejor y 5 la peor, Estados Unidos se encuentra en la categoría 3. Su posición es mejor que la de muchos países en vías de desarrollo, pero iguala a otros países menos desarrollados como Indonesia, Venezuela, Camboya y Egipto y se encuentra superado por Suiza (que lidera el ranking) y la mayor parte de países europeos.

Estados Unidos tiene un puntaje de 56.59 y la Argentina un puntaje de 56.48, siendo el país con el indicador más cercano junto con Australia (56.61).

Estado	2006	2007	2008	2009
California	3,56	5,09	5,91	4,38
Maine	2,93	3,56	4,00	6,00
Maryland	1,12	1,54	--	--
Minnesota	--	6,47	5,26	5,26 (<i>asumido</i>)
Washington	--	--	--	5,78
Oregon	--	--	--	4,96
Delaware	3,30	3,70	4,10	4,52
Texas	--	--	--	0,62
Virginia	--	--	--	0,97
Average	2,73	4,07	4,82	4,06

Tabla 2.4 - E.E.U.U. Tasa de recolección (lbs per cápita) para reciclaje de productos electrónicos per cápita por estado. Fuente: EPA - EPA – Electronics Waste Management in the United States Through 2009.

Estas leyes se centran en la REP por el manejo del RAEE. Sin embargo, en California ya no está permitido desechar los residuos de la misma manera que los sólidos urbanos, tubos de rayos catódicos y computadoras, es decir, también existe responsabilidad por parte del consumidor.

El 15 de Noviembre de 2010, con motivo del Día de Reciclaje de Norteamérica, el Presidente Barack Obama se pronunció al respecto de los RAEEs:

“El aumento en el uso de electrónicos y tecnología en nuestros hogares y sociedad trae el desafío de proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos potencialmente dañinos del manejo y disposición impropio de estos productos. Ahora, la mayoría de los electrónicos para el consumidor descartados terminan en nuestros rellenos sanitarios o son exportados fuera del país, creando peligros potenciales para la salud y el medioambiente y representando una oportunidad perdida de recuperar recursos valiosos como minerales preciosos de la tierra.”¹

Esta declaración, por un lado, muestra que el problema de los RAEEs ya forma parte de la agenda del país y, por el otro, que esfuerzos serán hechos al respecto (y recursos destinados).

Actualmente, de la basura electrónica desechada en el país, el mayor porcentaje finaliza en los rellenos sanitarios. Se estima que entre un 50% y un 80% de los RAEEs recogidos por las compañías recicladoras⁶ son exportados a otros países –como China, Ghana, India, Nigeria y Tailandia-. Esto trae varios problemas. En primer lugar, estos residuos son peligrosos y al ser exportados, debido a la diferencia de políticas con los países a los cuales

¹ Traducción propia.

se exporta (menos desarrollados en temas ambientales) no se manipulan y tratan en las condiciones correctas, pudiendo generar daños en la salud de las personas involucradas en la cadena “aguas abajo” y en el medioambiente. Además, se pierde la oportunidad de recuperar recursos valiosos de los materiales exportados y puestos de trabajo para Estados Unidos. También promueve el mercado negro de estos productos en China, donde son revendidos o utilizados como insumos para hacer productos defectuosos.

En Enero de 2012, se publicó un reporte del MIT, junto con el programa SteP (Solving the e-waste problem) y con el apoyo financiero de la EPA, llamado: “Characterizing Transboundary Flows of Used Electronics”, en el que se investiga a fondo esta cuestión y se realiza un análisis cualitativo y cuantitativo del problema de la exportación de RAEEs a países del tercer mundo.

La legislación vigente es insuficiente e ineficaz para solucionar el problema del mal tratamiento de residuos una vez exportados. Un actor clave en este país, la EPA (Environmental Protection Agency o Agencia de Protección Medioambiental), está haciendo esfuerzos para tratar esta cuestión. El problema de la basura electrónica es mucho más grave en los países en vías de desarrollo y controlar este problema presenta un gran desafío internacional.

Varias organizaciones están haciendo esfuerzos para mejorar la situación de los RAEEs en Estados Unidos y los países donde van los residuos allí generados, como por ejemplo: EPA, eCycling, CEA (Consumer Electronics Association)⁷, ISRI (Institute of Scrap Recycling Industries, Inc.)⁸, SteP (Solving the E-Waste Problem)⁹ y CAER (Coalition for American Electronics Recycling)¹⁰.

2.2 Sistema legal

Estados Unidos no posee actualmente una legislación nacional actualizada que abarque el trato y disposición de los RAEEs.

Por el momento, la ley federal principal que trata el tema de los residuos sólidos es el Acta de Conservación de Recursos y Recuperación (Resource Conservation and Recovery Act), de 1976. Esta le da a la EPA la autoridad para controlar residuos peligrosos desde su generación hasta la correcta disposición. Esto incluye el transporte, tratamiento, almacenamiento y disposición final. Sin embargo, debido a su antigüedad, sólo considera los tubos de rayos catódicos (TRC) como residuos electrónicos peligrosos¹¹.

En los últimos años, se han hecho varios intentos para introducir una ley federal que regule los RAEEs. Algunas ya fueron descartadas, modificadas o reemplazadas por otras iniciativas.

La principal ley que se discute al respecto es la “Responsible Electronics Recycling Act” (RERA) – 2011 –H.R. 2284 / S.1270, que fue denegada pero será introducida en el nuevo Congreso. Contó con el apoyo de ambos partidos (Republicanos y Demócratas). Haría ilegal enviar RAEEs a países en vías de desarrollo. Esta iniciativa es apoyada tanto por grupos ambientalistas como por empresas fabricantes de AEEs (Dell, HP, Samsung, Apple y Best Buy).

La “Coalition for American Electronics Recycling” (CAER) o Coalición para el Reciclaje de Electrónica Norteamericana es una organización que se basa en promover que el reciclaje de RAEEs sea hecho de forma segura, sustentable y beneficiando al país mediante la generación de puestos de trabajo y el aprovechamiento de recursos. Su principal objetivo es apoyar la RERA y hasta el 21 de Febrero de 2013, contaba con 87 miembros, que juntos operaban más de 165 plantas de procesamiento en 34 Estados.¹²

Todavía no existe legislación, ni aprobada ni pendiente, para establecer un programa federal de devolución de RAEEs (“takeback”).

2.3 Programas “Takeback” de los productores

Los programas takeback consisten en la devolución por parte de los consumidores. Por lo general se trata de programas gratuitos, aunque en algunos casos exigen un pago de acuerdo con el producto a reciclar (lo cual requiere un grado de conciencia ambiental muy alto para funcionar).

La Electronics Take Back Coalition es una organización que promueven el diseño verde² y el reciclaje responsable de los productos electrónicos, mediante el establecimiento Responsabilidad Extendida del Productor (REP)¹³.

A continuación, se resumen las conclusiones del informe: “Ten Lessons Learned From State E-Waste Laws” (Diez lecciones aprendidas de las leyes estatales de RAEEs), que se pueden tener en cuenta a la hora de implementar un programa de recolección en nuestro país.

² El diseño verde consiste en: economizar recursos, preparar para su disposición final y extender el mayor tiempo posible la vida útil del producto.

Lección	Conclusión o recomendación
En los estados con altos volúmenes de recolección per cápita, las leyes hacen la recolección muy conveniente (cercanía) o establecen objetivos de recolección y castigan a las empresas que no los cumplen.	La ley debe incluir una motivación para incrementar la recolección, ya sea conveniencia u objetivos, o una combinación de ambos.
Se debe tener una variedad de recolectores y la ley debe cubrir sus costos de recolección.	La ley debe promover la diversidad de recolectores: gobierno, privados y ONGs, cubriendo los costos de recolección.
La mayoría de productores de AEEs sólo hará lo que la ley requiere y no más.	La ley debe incluir expectativas altas para la calidad del tratamiento o esta será menor a la esperada.
La mayoría de productores de AEEs dejarán de recolectar cuando alcancen sus objetivos, entonces estos deben ser altos y fijados como mínimos.	Objetivos altos. No empezar con objetivos dependiendo con el nivel de actividad actual del fabricante. Fijar objetivos como mínimos. Combinar requerimientos de cercanía con requerimientos de objetivos.
Los productores de AEEs se centrarán en áreas urbanas, no rurales	En los lugares con grandes áreas rurales se deben incluir estrategias para asegurarse que estos ciudadanos no sean dejados de lado.
La prohibición del relleno sanitario aumenta los niveles de reciclaje.	Incluir en la ley una prohibición a que los residuos electrónicos sean descartados y terminen en rellenos sanitarios o incineradores.
Los gobiernos deben ser proactivos para asegurarse que los residuos son manejados de forma responsable.	Se debe contar con compañías certificadoras. Se debe prohibir el uso de fuerza de trabajo de la prisión.
Si no se tiene cuidado, estas leyes pueden disuadir de la reutilización de recursos.	Tener cuidado en la redacción para asegurarse que esto no suceda y que se valore con crédito extra los objetivos para unidades reutilizadas.
Los consumidores quieren devolver todo (Incluyendo televisores e impresoras).	Contemplar una amplitud de productos. Usar términos generales para describirlos (así se incluyen a los nuevos productos que serán desarrollados) y crear un procedimiento administrativo para poder incluir nuevos productos sin necesidad de modificar la ley.
Las transparencia y los reportes ayudan a entender mejor que está sucediendo en estos programas	Reportes trimestrales al estado sobre los volúmenes de recolección, por categoría. Reportes públicos por parte del estado de los volúmenes recolectados por los fabricantes. Hacer los planes de reciclaje de los

fabricantes públicos. Los fabricantes deben hacer eventos públicos para aceptar sugerencias y promover el diálogo con el estado en su proceso de aprobación.

Tabla 2.5 - E.E.U.U. Diez lecciones aprendidas de las leyes estatales de reciclaje de producto electrónicos. Fuente: Electronics Take Back Coalition.

Algunos programas de takeback de empresas son:

Empresa	Resumen del programa
Acer	<p>Acer mejoró su programa takeback. Ahora permite dejar los productos viejos en Best Buy y pagan a esta empresa los costos de recolección, transporte y reciclaje.</p> <p>También ofrecen un programa de maiblack, donde el reciclaje es gratis pero cobran entre 13 y 25 dólares por envío y manipuleo.</p>
Apple	<p>Intercambio. Apple tiene un programa para iPhones, iPads y Macs. Si tiene algún valor de reuso, el producto se le envía y se le otorga al cliente una tarjeta de regalos por ese monto. Este programa está administrado por “Power On”, una empresa de recuperación de activos.</p> <p>Reciclaje. Apple toma cualquier marca de computadora y monitor para reciclaje gratuito. (Una gran mejora de su programa anterior). Apple contrata a Sims Recycling Solutions, a la que el usuario llama para recibir una etiqueta gratuita. Luego el usuario cualquier caja y envía el equipo. (El sistema anterior costaba hasta 30 dólares)</p> <p>iPods y iPhones. Son aceptados para reciclaje en la tienda y descuentan el 10% en un product Nuevo. iPod y celulares (de cualquier marca) se pueden enviar por correo de forma gratuita.</p>
Asus	<p>Asus tiene un programa en el que el usuario re envía su producto, mediante la empresa Metech Recycling, que es un e-Steward certificado.</p>
Best Buy	<p>Best Buy ha sido el minorista líder en los estados unidos para los programas takeback de electrónicos. Las marcas de la casa son: Insignia, Dynex y VPR Matrix. Estas marcas son recibidas en cualquier tienda Best Buy. Las teles de tubo de más de 32 pulgadas y las de pantalla plana de más de 60 no se pueden devolver en las tiendas y deben usar un servicio de recolección (por general se aplica una tarifa).</p>
Brother	<p>Brother es la cuarta productora de impresoras en Estados Unidos pero no tienen programa takeback voluntario.</p>
Canon	<p>Canon tiene un programa takeback de estilo “mailback” (el usuario envía el producto por correo) para todos sus productos para consumidores y la las líneas para pequeñas oficinas imageCLASS e image FORMULA.</p> <p>Cobran 12 dólares por reciclar la mayoría de las impresoras.</p>
Coby	<p>Coby no tiene programa de entrega voluntaria.</p>
Dell	<p>Dell recibe cualquier cosa con el nombre Dell gratis, mediante su programa mailback. También ofrece sitios de recolección mediante la empresa Goodwill en varios estados.</p>
Epson	<p>Epson sólo ofrece un programa mailback para su impresoras, scanners y proyectores, pero no sitios de recolección. El usuario embala y envía el producto usando una etiqueta FEDEX prepaga.</p>
Funai	<p>Funai es una compañía japonesa que hace televisores para Philips en los Estados Unidos. Son dueños de otras compañías incluyendo Sylvania y Emerson. No tiene programa takeback voluntario.</p>

Goldstar	Ver LG (dueña de Goldstar).
Hitachi	No tiene programa de takeback voluntario.
HP	HP mejoró significativamente su programa asociándose con Staples. Se pueden llevar varios productos a Staples. HP también tiene un programa mailback usando FEDEX, para el reciclaje gratuito de productos HP. Para reciclar otras marcas se cobra una tarifa. También ofrecen reciclaje gratis (y envío al fabricante gratis) de toner o cartuchos de impresora usados.
JVC	JVC no tiene programa de takeback voluntario, sólo lo proveen en los estados en los que la ley lo requiere.
Kodak	Kodak ofrece un programa de intercambio/reciclado por correo para sus impresoras, cámara y lentes usados. Trabaja con un reciclador, AERC Recycling Solutions, certificado con los standards R2. Para cumplir las leyes estatales, Kodak trabaja con MRM en algunos estados. Para reciclar un scanner Kodak, Kodak trabaja con Waste Management, que tiene sitios de recolección en algunos estados. Se debe pagar una tarifa de entre 12 y 50 dólares para reciclar un scanner.
Lenovo	Lenovo tiene un programa mailback gratuito de reciclaje para los equipos Lenovo, incluyendo gastos de envío.
Lexmark	Lexmark tiene un programa de mailback para impresoras y otro hardware pero se deben pagar los gastos de envío. El reciclador es Sims, que no es un e-Steward, pero se espera que pudiera convertirse en uno. Tienen sitios de recolección en algunos estados.
LG	<i>El programa de LG incluye el takeback de televisores Zenith y Goldstar. Para reciclar un televisor de cualquiera de estas 3 marcas de forma gratuita, LG tiene sitios de recolección determinados. LG trabaja exclusivamente con recicladores e-Steward. (Este es el modelo a imitar)</i>
Microsoft	En Estados Unidos, Microsoft se asocia con Dell para ofrecer sitios de recolección para sus productos. También tiene un programa de mailback para sus juegos para Xbox, consolas, accesorios de computadora y reproductores Zune. Se permiten hasta 10 lbs por caja, de forma gratuita, en UPS.
Mitsubishi	Participa en el programa de reciclaje MRM. Para reciclar un televisor Mitsubishi gratis, se debe dejar en un sitio de recolección MRM.
Panasonic	Programa MRM. Se deben llevar a un sitio de recolección y es de forma gratuita.
Philips	No tiene programa de entrega voluntario.
Samsung	<i>Consumidores: Televisores, Cámaras Digitales, Filmadoras, Home theaters, Reproductores de Blu-Ray y DVD, impresoras, monitores y notebooks. Se deben llevar a un sitio de reciclaje. Monitores e impresoras también se pueden enviar por correo a Samsung. Sólo se trabaja con recicladores certificados e-Steward. También posee un programa para empresas. (Este es el modelo a imitar)</i>
Sansui	En los Estados Unidos, es parte de Orion Electric America Inc. No tiene programa takeback voluntario.

Sanyo	Se convirtió en sponsor del programa de reciclaje nacional de MRM. MRM. Sharp es dueño de MRM junto con Panasonic y Toshiba.
Sharp	También ofrece un programa mailback para computadoras, monitores y tablets, pero el reciclador no es un e-Steward.
Sony	Redujo su programa takeback últimamente. Todavía tienen sitios de recolección, pero eliminaron sus cajas de recolección para productos pequeños en las tiendas. También eliminaron su programa mailback.
Target	Target tiene su propia marca de electrónicos pero no tiene programa takeback. (Best Buy y Walmart, en cambio, aceptan sus marcas de forma gratuita).
Toshiba	Productos pequeños: recibe laptops y otros productos pequeños usando una compañía llamada Dealtree (adquirida por Best Buy) que permite el intercambio del producto por dinero. Se paga el envío a Dealtree y si tiene valor de reventa se le envía un cheque al usuario. Dealtree no informa qué se hace con el producto. TVs y electrónicos grandes: programa MRM.
Vizio	Programa MRM
Xerox	Programa de reciclaje mailback, pero se deben pagar los gastos de envío. Tienen poca transparencia sobre su programa y no nombran a sus recicladores.

Tabla 2.6 - E.E.U.U. Resumen de programas takeback de empresas. Fuente: Electronics Take Back Coalition.

2.4 Empresas recicladoras

Las empresas recicladoras se dedican al transporte, reciclaje y reutilización de productos electrónicos (pueden, o no, ser exclusivamente de este tipo de productos).

Algunas de las mismas utilizan métodos inadecuados de tratamiento. Su interés reside sólo en mantener una imagen eco-amigable para generar así una imagen positiva (esto se conoce como “greenwashing”).

Es por esto que se debe elegir una empresa que se haga responsable de los RAEEs de manera legal, ética y amigable para el medioambiente.

La EPA promueve que todos los recicladores de productos electrónicos sean certificados demostrando a otra organización auditora, independiente y acreditada, que cumplen standards específicos para reciclar y organizar estos productos. En la actualidad existen dos certificaciones acreditadas: “Responsible Recycling Practices (R2)” y “e-Stewards”.¹⁴ En Abril de 2013, la primera certifica a 346 organizaciones¹⁵ en los Estados Unidos y la segunda a 128¹⁶.

Entre los beneficios de un reciclaje responsable de productos electrónicos, se pueden mencionar: reducción del impacto ambiental y en la salud humana debido al pobre

reciclaje, aumento del acceso a equipo reciclado de calidad para quienes lo necesita y reducción de la energía y otros impactos ambientales asociados con la minería para extraer metales vírgenes.

2.5 Proceso de Reciclaje

A continuación se ve el diagrama de proceso del reciclaje de RAEEs de la empresa Liquid Technology¹⁷:

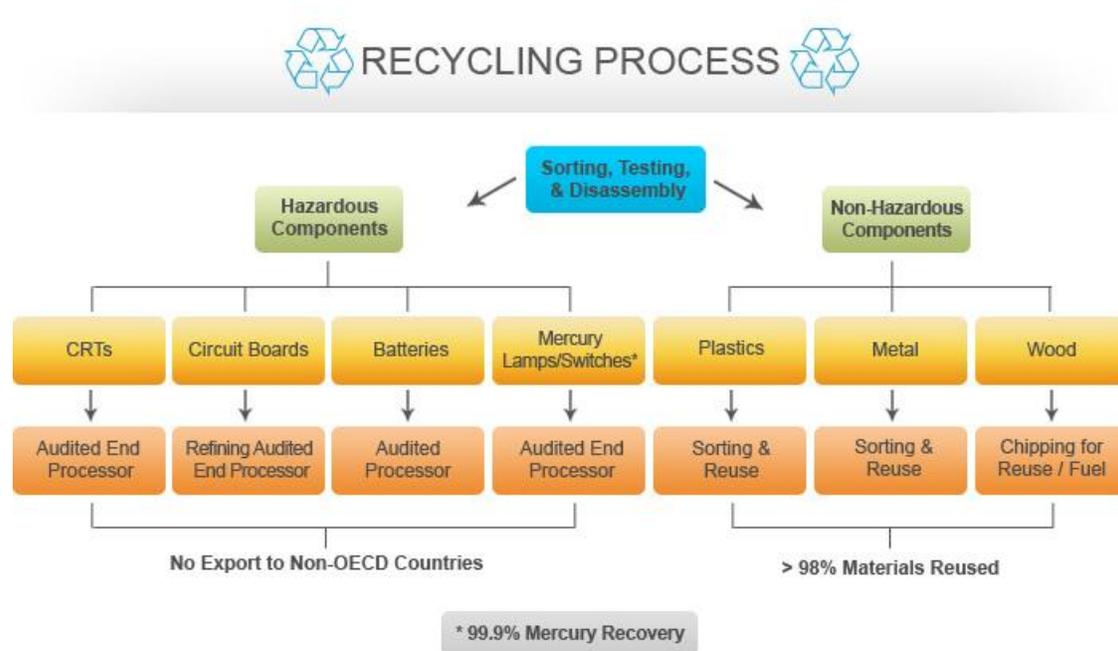


Diagrama 2.1 - E.E.U.U. Proceso de reciclaje

El proceso de reciclaje que utilizan las empresas recicladoras es similar al de otros países desarrollados. Primero se clasifica, prueba y desensambla el producto. Los tubos de rayos catódicos, las placas de circuitos, las baterías y las lámparas de mercurio constituyen componentes peligrosos y deben ser separados y enviados a un procesador auditado. El plástico, el metal y la madera constituyen componentes no peligrosos. Los dos primeros son clasificados y reutilizados y la madera es cortada para ser reutilizada o usarse como combustible.

También se pueden adaptar dispositivos para ser utilizados de segunda mano. Esto es comúnmente visto en celulares, computadoras y cartuchos de impresora.¹⁸

Dependiendo de la empresa recicladora, se pueden utilizar máquinas de mayor complejidad. A modo de ejemplo, se puede mencionar que existen máquinas capaces de

clasificar y procesar RAEEs a una velocidad de entre 4 y 6 toneladas por hora, fraccionando hierro, cobre, plástico aluminio y materiales no ferrosos.¹⁹

2.6 Aparatos eléctricos en EEUU

El principal riesgo en el caso de los residuos de aparatos electrónicos es su peligrosidad (toxicidad). En el caso de los aparatos eléctricos, el problema radica principalmente en el volumen, sobre todo teniendo en cuenta que una gran parte termina en los rellenos sanitarios.

La disposición de este tipo de aparatos, no se encuentra controlada de la manera en que sí lo están los electrónicos. Por esta razón, existen menos estadísticas y reportes específicos de estos productos. Entonces, muchas veces, se desechan y tratan junto con el resto del flujo de basura domiciliario. Su gran volumen y peso, sumado a que cada vez más se integran partes electrónicas en los electrodomésticos grandes y pequeños y a la posibilidad de reutilización de muchos de sus componentes, hacen fundamental la separación de la basura normal.

A medida que el tamaño de los electrodomésticos aumenta, también lo hace la potencia que estos consumen, y comienza a tomar mayor importancia la eficiencia energética. Este trabajo está centrado en reducir el impacto ambiental de los residuos de estos aparatos, pero se debe destacar que si funcionan minimizando la energía consumida, también se puede tener un impacto positivo en el medioambiente.

Para EEUU, ya que no hay un control riguroso como en el caso de los residuos de aparatos electrónicos, los datos sobre los volúmenes generados no son precisos. Se estima que, cada año, el volumen en peso puesto en el mercado de grandes electrodomésticos es cuatro veces el de los electrónicos de las Tecnologías de la Informática y la Comunicación.³ El mayor volumen de aparatos pequeños responde a su ciclo de vida mucho más corto y a su menor costo.

2.7 Residuos de aparatos eléctricos especiales

También en esta categoría la legislación varía según el Estado del que se trate. Se toma el caso del estado de Minnesota para dar un ejemplo de algunos residuos especiales que deben ser tratados de una forma particular:

³ En base a comparación con datos de la Unión Europea, que se encuentran más adelante.

Baterías de automóvil: debido a las posibilidades de reutilización y su toxicidad, se recicló el 96,2% en 2010 en EEUU.²⁰

Otras baterías: los aparatos que tienen controles remotos, placas de circuitos o relojes digitales pueden contener baterías. Algunos tipos de baterías, incluyendo las baterías de plomo y ácido (como las de los autos convencionales), de níquel y cadmio y de litio, y otras que contienen plata, deben ser removidas y manipuladas como residuo peligroso.²¹

Electrodomésticos que usan refrigerantes: son los acondicionadores de aire (de casas y autos), heladeras, congeladores, dispensadores de agua, máquinas expendedoras, máquinas para hacer hielo y deshumidificadores.²² El problema es que estos refrigerantes comúnmente incluyen sustancias llamadas clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC) – también conocidos como Freón-, que destruyen el gas ozono.

La ley federal hace responsable al tratador de residuos, de asegurarse que el refrigerante haya sido removido antes de que el aparato sea desmantelado o enterrado.

Dispositivos que contienen mercurio: la ley de este estado requiere que el mercurio sea removido para reúso o reciclado antes de la disposición final del dispositivo.

La fuente de mercurio en los dispositivos son los interruptores on/off de los circuitos. Los aparatos que contienen que usualmente contienen este elemento son los congeladores, los lavarropas, los calentadores de ambiente y las planchas. También los aparatos que funcionan con gas, pueden tener sensores de flama que contienen este material.

Bifenilos ploriclorados (PCB): principalmente utilizados en dispositivos más viejos. Se usan los aceites de PCB para transferir y aislar los componentes eléctricos, usualmente en muy altas concentraciones. En 1979 se prohibió su uso en la fabricación de capacitores.

Algunos ejemplos son: lavarropas, deshumidificadores, sopladores de hornos, aires acondicionados, luces fluorescentes y hornos de microondas.

Aceites usados: se deben a los compresores para refrigeración y aires acondicionados.

Otros residuos: aparatos que pueden contener asbestos como secadores de pelos, planchas y las cafeteras, principalmente si fueron fabricados antes de 1980.

2.8 Conclusiones

El federalismo es un problema para la implementación de un plan nacional, que es muy necesario para mejorar la situación de los RAEEs. Sin embargo, de tratarse de un país con menos autonomía estatal, se estaría en una situación mucho peor en caso de no haber legislación nacional.

La EPA es un actor fundamental, no solo para mejorar la situación de los RAEEs en Estados Unidos, sino también para disminuir los impactos ambientales de la exportación de los mismos a países en vías de desarrollo. Los programas takeback de productores y las compañías de reciclaje constituyen una parte clave de este sistema y es importante que puedan ampliarse y cooperar entre ellas para maximizar las sinergias.

A medida que la conciencia ambiental avance, cada vez más estados incorporarán legislación para tratar esta problemática. Gran parte de estos se concentrarán en extender la Responsabilidad del Productor. Entonces, se diseñarán equipos de manera ecológicamente viables y se reciclarán cada vez mayores porcentajes de RAEEs. Finalmente, la aprobación de una ley de reciclaje de RAEEs a nivel federal es inminente, lo que reducirá la exportación de los mismos, creando empleos, reutilizando recursos y mejorando las condiciones de vida para los habitantes de este país y de aquellos donde antes se exportaba de forma incorrecta.

3 UNIÓN EUROPEA

3.1 Introducción

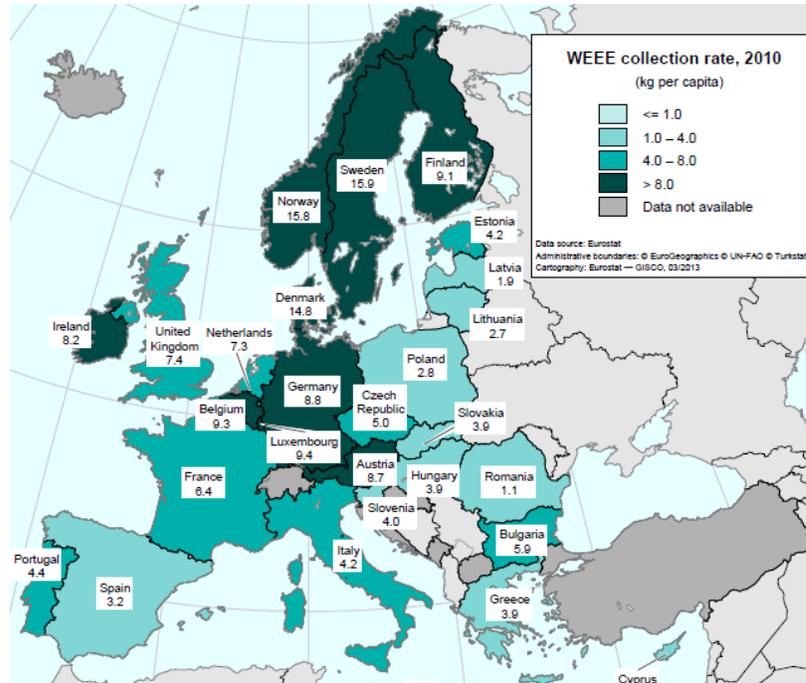
Los RAEEs son actualmente considerados como los residuos de crecimiento más rápido en Europa, con un ratio de 3-5% por año. No solo se los analiza y regula por su potencial peligrosidad a la salud, sino también por la oportunidad de utilizarlos como materia prima secundaria en los nuevos procesos de producción.

En cuanto a legislación, desde Febrero de 2003 se encuentra vigente la Directiva 2002/96/EC, la cual exige la creación de esquemas de recolección en los que los consumidores pueden devolver sus equipos usados sin costo alguno. El objetivo de estos esquemas es incrementar el reciclaje y reuso de dichos productos. Actualmente, un tercio de los RAEEs en la Unión Europea están siendo reportados por dichos esquemas.

El porcentaje remanente es recolectado por empresas sin registrar y tratado correctamente, recolectado por empresas no registrados y tratados de manera inapropiada o exportados ilegalmente, o finalmente, desechados como parte de residuos urbanos en rellenos sanitarios o incineradores.

Es por esto que la Comisión Europea ha revisado la directiva para incrementar el volumen que se recolecta apropiadamente y para reducir las cantidades que se exportan de manera ilegal y ha lanzado la Directiva 2012/19/UE el 4 de Julio de 2012, con plazos de aplicación que se extienden hasta Febrero de 2014.

La región presenta una heterogénea realidad en cuanto a recolección de residuos electrónicos, con marcadas diferencias entre los estados miembros. Algunos de ellos, como los países nórdicos (Noruega, Suecia y Finlandia), Alemania e Irlanda, entre otros, han presentado marcados avances en la materia, reflejándose en altas tasas de recolección, lo que también demuestra un fuerte compromiso y concientización por parte de la población. Por otro lado, hay otros países, en especial los nuevos miembros de la Unión, como Lituania, Letonia y Rumania que están notablemente más atrasados que el resto, con tasas de recolección inferiores a los 3 kg/habitante.



Mapa 3.1 - Tasa de recolección de RAEEs en la U.E.

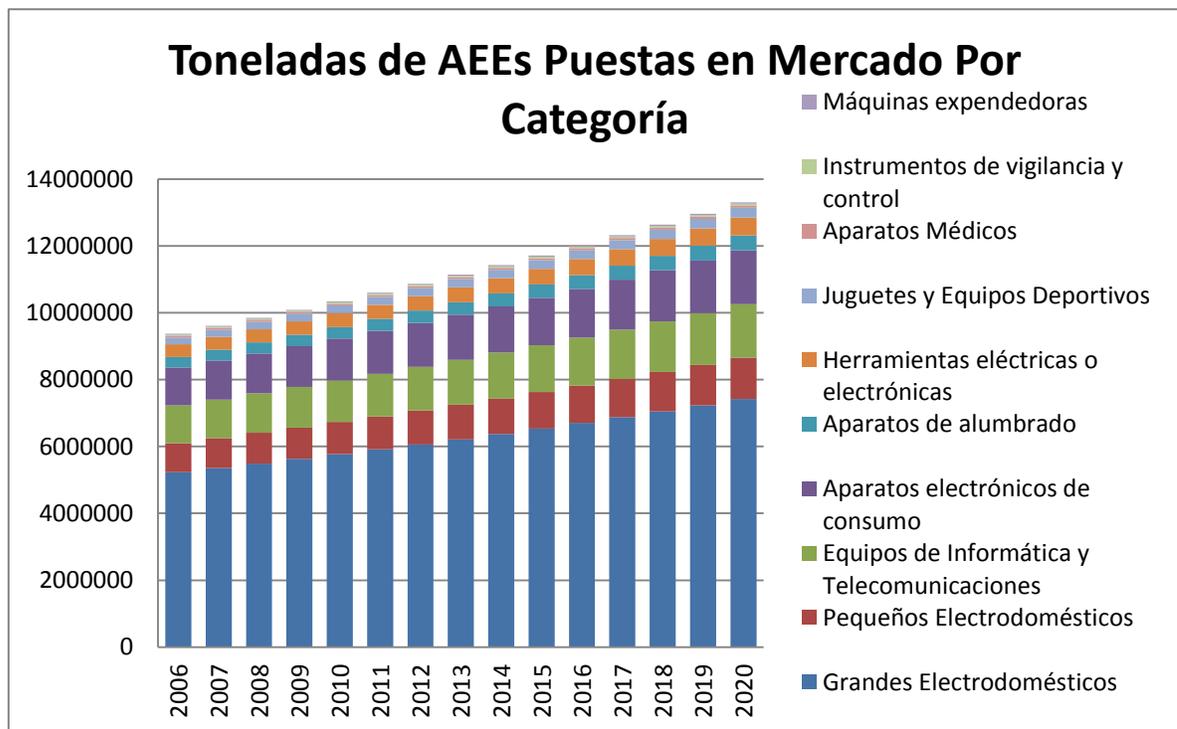


Gráfico 3.1 -Toneladas de AEEs por categoría

Para realizar las proyecciones mostradas en el gráfico 3.1, en donde se presentan las toneladas de AEEs por categoría volcadas en el mercado Europeo, se tomó la información oficial de los únicos 9 países miembros que contaban con la misma y se la comparó con el PBI del país correspondiente. Luego, se extrapoló para los países que no contaban con información oficial. Para proyectar el PBI, se consideró que los países con más de 15 años como Estados Miembro (EU-15) crecerán a una tasa constante del 2,2 % anual, mientras que los nuevos Estados Miembro crecerán a una tasa del 5,4% de acuerdo a los datos oficiales de la ONU (United Nations University). Por otro lado, se asumió que la distribución de los AEEs de acuerdo a las distintas categorías permanecerá sin cambios, ya que no hay razón por la cual se podría asumir lo contrario. A partir de los valores obtenidos por países, se calcularon los totales para la Unión Europea por suma de los volúmenes individuales.

Como se puede apreciar en el gráfico 3.1, es esperable que a medida que aumente el PBI de los países, el mercado se irá colmando de aparatos eléctricos y electrónicos ya que son una medida de la riqueza del país, del poder de compra de la población y de la calidad de vida en general.

El mercado Europeo de AEEs está ampliamente dominado por los grandes electrodomésticos, los cuales representan el 55,8% del peso total volcado al mercado. Esta categoría incluye heladeras, congeladores y grandes equipos refrigeradores, entre otros. Esto es esperable ya que son los AEE de mayor peso y tamaño. En segundo lugar se encuentran los aparatos electrónicos de consumo, los cuales incluyen televisores, amplificadores y equipos de audio, entre otros. Los equipos de informática y telecomunicaciones ocupan la tercera posición con un 12% del total, incluyendo teléfonos móviles, y computadoras.

Categoría	Peso % Total Mercado
1 Grandes Electrodomésticos	55,8
2 Pequeños Electrodomésticos	9,3
3 Equipos de Informática y Telecomunicaciones	12
4 Aparatos electrónicos de consumo	12,1
5 Aparatos de alumbrado	3,4
6 Herramientas eléctricas o electrónicas	4
7 Juguetes y Equipos Deportivos o de Tiempo Libre	2,2
8 Aparatos Médicos (excepto los productos implantados e infectados)	0,5
9 Instrumentos de vigilancia y control	0,4
10 Máquinas expendedoras	0,3
Total	100

Tabla 3.1 - Porcentaje de peso volcado en el mercado de AEEs

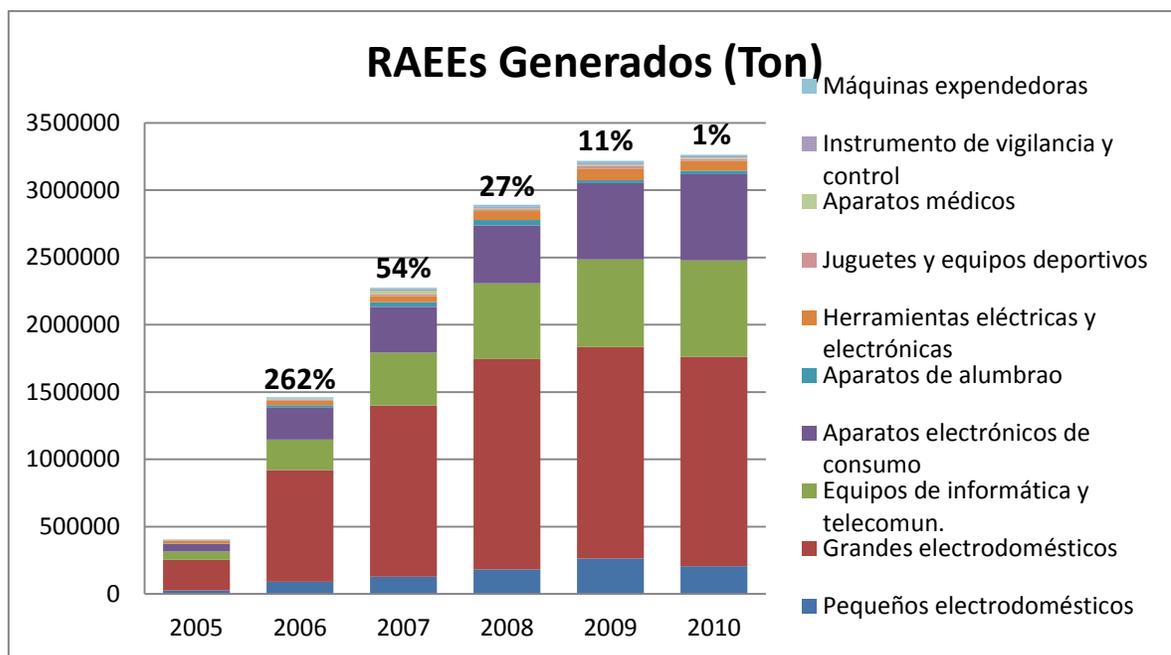


Gráfico 3.2 - RAEEs generados (Toneladas)

Con el objetivo de cuantificar el crecimiento interanual de RAEEs generados, se presenta la tasa de crecimiento con respecto al año precedente. Como se puede apreciar, la generación de RAEEs está disminuyendo en Europa y esto se debe principalmente a las medidas tomadas por la Directiva de la Unión Europea.

Al ser los equipos más volcados al mercado, los pequeños y grandes electrodomésticos son los residuos con mayor porcentaje de generación.

Hay que destacar a los equipos de informática y telecomunicación; el crecimiento con el que estos equipos son volcados al mercado es, en promedio, de 3%. Por otro lado, las tasas de crecimiento de generación de residuos para esta categoría para los primeros años fueron de 73%, 44%, 15% y 10%. La enorme brecha en los primeros años se debe principalmente a la cultura de consumo tecnológico que comenzó a explotar en el año 2005 aproximadamente. El recambio rápido, disminuyendo los ciclos de vida de los productos pronunció la generación de celulares, notebooks y computadoras de escritorio.

3.2 Marco legal Europeo

Actualmente, se encuentran en vigencia dos directivas que se convirtieron finalmente en una Ley Europea en Febrero del año 2003. Estas directivas son las de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos 2002/96/EC y la Directiva RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 2002/95/EC.

La primera determina objetivos de recolección, reciclaje y recupero de todos los tipos de bienes eléctricos, con un mínimo de 4 kg per cápita por año, que debían ser cumplidos para el año 2009. Por otro lado, la directiva RoHS dicta restricciones a los productores europeos en cuanto al contenido material de los nuevos productos ofrecidos al mercado.

Si bien ambas directivas forman conjuntamente la Ley sancionada en 2003, nos enfocaremos en la Directiva de RAEE ya que tiene mayor influencia en el desarrollo de este proyecto.

3.2.1 Directiva RAAEs

Los objetivos de la Directiva son los siguientes:

- Incrementar el re-uso, reciclaje y otras formas de recuperación de materiales, apuntando a una reducción significativa en el volumen de RAEEs destinados a incineración o rellenos sanitarios.
- Mejorar el desempeño ambiental de todos los operadores y principales actores involucrados en el ciclo de vida de los AEEs.
- Determinar el lineamiento general para la recolección, tratamiento y recupero de RAEEs.

- Hacer a los productores responsables de financiar la mayor cantidad de estas actividades que sea posible (principalmente que los consumidores finales puedan devolver sus artefactos sin costo alguno)

De los objetivos mencionados, es el último el más importante ya que su impacto sobre el proceso de correcto reciclaje de RAEEs es completamente directo. Tener un responsable de financiamiento es clave a la hora de desarrollar un proyecto de esta índole y que sea uno de los actores involucrados en el ciclo de vida, le da un respaldo mayor.

No solo deberán tomar responsabilidad “de por vida” de sus productos, sino que también deberán alcanzar los objetivos numéricos impuestos y proveer información que respalde este logro.

Se entiende como productor a cualquier compañía manufacturera de equipos eléctricos y electrónicos con voltajes hasta 1000 AC y 1500 DC, sin importar su tamaño o importancia en el mercado. Los mismos pueden ser productores que venden su propia marca, revendedores con marca propia o importadores/exportadores de cualquier estado miembro de la Unión Europea.

Los objetivos fueron discriminados para cada categoría de RAEE que reconoce la Unión Europea. A continuación se incluye un resumen de las metas determinadas para cada una de ellas. Se establecieron límites inferiores para el porcentaje de recupero y porcentaje de reciclaje de materiales y elementos.

Tipo de RAEE	Porcentaje de recupero	Re-uso y reciclaje de elementos y materiales
Grandes electrodomésticos	80%	75%
Pequeños electrodomésticos	70%	50%
Equipos de informática y telecomunicaciones	75%	65%
Aparatos electrónicos de consumo	75%	65%
Aparatos de alumbrado	70%	50%
Herramientas eléctricas y electrónicas	70%	50%
Juguetes y equipos deportivos	70%	50%
Aparatos médicos	70%	50%
Instrumento de vigilancia y control	70%	50%
Máquinas expendedoras	80%	75%

Tabla 3.2 - Metas de recuperación y reciclaje U.E. (European

Parliament and the Council of the European Union, 2003)

Por otro lado, correspondiente a la planificación de la solución de la problemática a largo plazo, se han impuesto objetivos de cumplimiento obligatorio desde 2, 5 y hasta 6 años en adelante. Los mismos se presentan a continuación:

Fecha	Tasas Mínimas Anuales de Recolección Diferenciada
31 Diciembre 2015	Como mínimo 4 kg/habitante de RAEEs en residencias privadas; O El mismo peso que la cantidad promedio de RAEEs recolectados en ese Estado Miembro en los 3 años precedentes; Se aplicará la condición más alta.
Desde 2016 al 2018	El 45% de los AEEs puestos en el mercado, calculado en base a lo siguiente: -el peso total de RAEEs recolectados; y -el peso promedio de AEEs puestos en el mercado en los 3 últimos años.
Desde 2019	El 65% de los AEEs puestos en el mercado, calculado en base a lo siguiente: -el peso total de RAEEs recolectados; y -el peso promedio de AEEs puestos en el mercado en los 3 últimos años. O El 85% de los RAEEs generados en el territorio de ese Estado Miembro. (Los Estados Miembro podrán elegir cualquiera de estas dos maneras equivalentes de medir el objetivo que deseen reportar).

Tabla 3.3 - U.E. - Objetivos de cumplimiento obligatorio

3.2.2 Directiva RoHS

La Directiva tiene dos objetivos principales: restringir el uso de sustancias peligrosas y contribuir al recupero y correcto desecho de los RAAEs.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Desde el 1º de Julio de 2006, la Directiva prohíbe la venta y distribución de productos eléctricos y electrónicos en la Unión Europea que tengan más del 0,1% de contenido de las siguientes sustancias:

- Plomo
- Cadmio
- Mercurio
- Cromo Hexavalente
- PBB
- PBDE

RoHS toma su alcance principalmente de la Directiva RAEE. Entrega la responsabilidad a los productores de asegurar que sus productos cumplen con la normativa. De no ser así, se verán enfrentados a procedimientos legales y multas.

3.2.3 Red de disposición de RAEEs

En el marco legal europeo se destacó la Normativa 2002/96/EC sobre RAEEs. La misma propone la red que se debe utilizar para desechar los productos mencionados. Se presenta a continuación un diagrama de flujo representando y resumiendo el recorrido de los AEEs desde que se convierten en residuos.

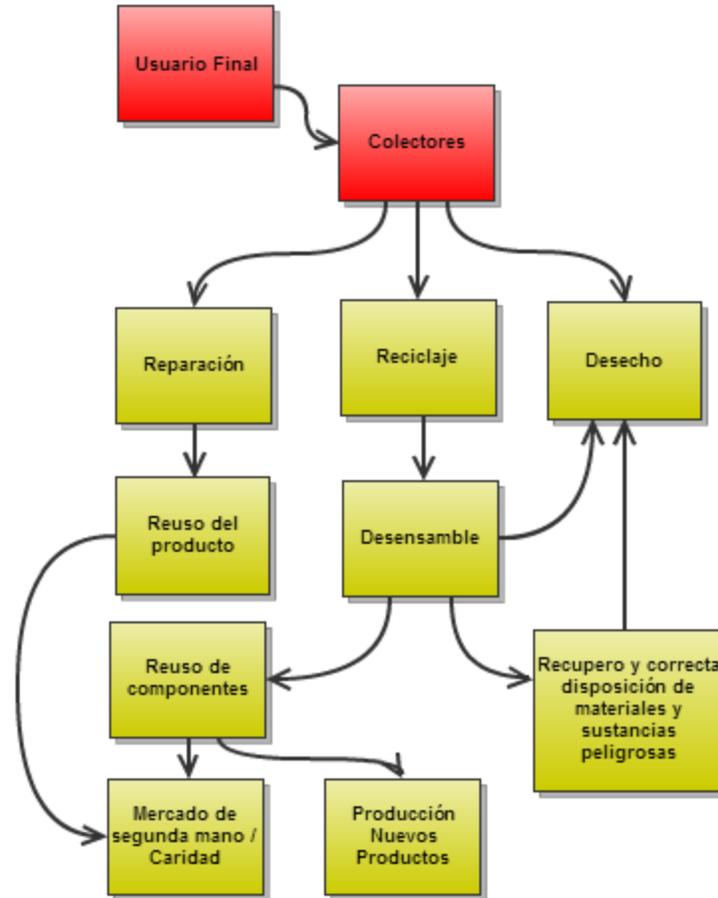


Diagrama 3.1 - U.E. - Recorrido de los AEEs según la Normativa 2002/96/EC

De los usuarios finales, los cuales no sólo incluyen a los hogares particulares, sino también municipios, compañías y otras entidades, los RAEEs son transportados a los centros colectores. Estos centros son empresas privadas habilitadas por la Unión Europea para tratar los RAEEs de manera correcta.

Como fue explicado previamente, la responsabilidad de los residuos está extendida al productor. Esto significa que los usuarios finales pueden comunicarse con los productores de sus artefactos e informarse sobre la manera de desecharlos sin costo alguno.

Una vez que los RAEEs llegan a las instalaciones de los colectores, se realiza una clasificación previa a los procesos de reciclaje. Los aparatos se dividen entre los que pueden ser reparados, los que se pueden ser reciclados y los que deben ser desechados, ya que no presentan características deseables.

Aquellos productos que pueden ser reparados son analizados y tratados de modo de reacondicionarlos para su posterior funcionamiento. Los mismos vuelven a entrar en el

circuito del mercado como productos de segunda mano o donados a fundaciones, en caso de tratarse de tecnologías obsoletas que difícilmente sean valorizables nuevamente.

Los productos que no pueden ser arreglados entran al circuito de reciclaje y desecho. Los tratamientos de reciclaje para los distintos materiales de los RAEEs serán descritos más adelante, bajo el título “Procesos para el reciclado”. En líneas generales, se los desarma con dos objetivos: la utilización de sus componentes en funcionamiento y la separación de materiales y sustancias peligrosas presentes. Los componentes utilizables se venden a compañías productoras y se los usa en la producción de nuevos artefactos, o pueden usarse para la reparación de los RAEEs que entrarán al mercado de segunda mano. Los materiales como el plástico, el vidrio y otros son tratados por separado. Por otro lado, las sustancias y materiales peligrosos son retirados y tratados de la manera en que corresponda para poder desechar los residuos restantes en rellenos sanitarios sin poner en peligro el ambiente o la salud de cualquier ser vivo.

3.2.4 Procesos para el reciclado

Los lineamientos de la Directiva Europea se enfocan en la separación de metales ferrosos y no ferrosos, y metales preciosos. Los equipos son manualmente ordenados en distintos grupos o transferidos directamente a otra entidad o agente reciclador. Los productos pueden ser transferidos en caso de que todavía sean funcionales o que excedan las capacidades o permisos del reciclador. Los productos que pasan este filtro y son aceptados para ser procesados son organizados y dispuestos para su desensamble.

En general, los métodos empleados para el tratamiento de los RAEEs son los siguientes:

1. Separación mecánica
2. Tratamiento térmico
3. Tratamiento hidrometalúrgico
4. Tratamiento electroquímico.

1) Separación Mecánica

Los diferentes equipos y componentes pueden ser separados de forma mecánica en una primera etapa. Esta separación permite agrupar los materiales en grandes fracciones o grupos como metales (hierro, cobre, aluminio, etc.), plásticos, cerámicos, papel, madera, y otros elementos como capacitores, baterías, LCDs, placas de circuitos impresos, entre otros. Estas fracciones serán posteriormente tratadas específicamente de acuerdo a sus características particulares. Los plásticos son desechados debido a su alto contenido de halógenos, mientras que las fracciones metálicas son tratadas en distintos procesos metalúrgicos. Las tarjetas de circuitos impresos pueden ser motivo de inconvenientes, ya que sus fases metálicas y no metálicas están altamente entrecruzadas.

Luego de la selección, clasificación manual y la eliminación de contaminantes como interruptores de mercurio y capacitores que contienen PCP, el material es sometido a una primera etapa de reducción de volumen. La separación, selección y clasificación del material puede basarse en las características magnéticas, electroestáticas, de densidad, visuales u otras de los distintos componentes. Los elementos ferrosos son frecuentemente retirados de las cintas transportadoras por una serie de imanes. El uso de imanes permanentes en vez de los electroimanes tradicionales puede reducir significativamente el consumo de energía. El reproceso y el paso reiterado de los imanes pueden incrementar la cantidad de metales ferrosos recuperados.

A continuación, las piezas son lentamente transportadas por algún medio adecuado, como cintas transportadoras, en donde distintos recolectores remueven grandes piezas de materiales designados, como vidrio o plásticos. Trituradoras y pantallas para separar las piezas por tamaño son usualmente utilizadas antes de la separación de los metales no ferrosos basados en corrientes inducidas, electroestática, aire y fuerza centrífuga. La reducción de tamaño puede incluir la subsecuente molienda, trituración y el pasaje de los componentes por molinos de martillos. La variedad de equipos utilizados depende fuertemente de la composición de los RAEEs a tratar. Las fracciones obtenidas son ricas en distintos materiales, por lo que deben ser sometidas a otros tratamientos, como hidrometalurgia.

2) Tratamiento térmico

El tratamiento térmico puede incluir la incineración, fundición en un horno de arco de plasma o de alto horno, eliminación de escorias, sinterización, fusión y reacciones en una fase de gas a altas temperaturas. La incineración es una manera común de eliminar materiales plásticos y otros componentes orgánicos para concentrar aún más los metales.

Los RAEEs triturados pueden ser incinerados en un horno o en un baño fundido para remover plásticos, dejando un residuo metálico fundido. Los plásticos quemados y los óxidos refractarios se mezclan formando una fase de escoria.

En las reacciones de fundición se utiliza un metal colector como el cobre o el plomo. Materiales que contienen oro y plata pueden ser tratados en una fundidora de cobre. La mayor parte del cobre secundario y la parte principal de los RAEEs son procesadas pirometalúrgicamente en una fundidora de cobre, la cual incluye etapas de reducción y fundición del material, producción de cobre en bruto en el convertidor y refinación electrolítica, entre otros. Los metales que contienen este elemento son reciclados en una fundidora secundaria.

A parte del cobre, los RAEEs contienen materiales como níquel, plomo, zinc, arsénico y metales preciosos. Las fracciones que contienen estos elementos son incluidas en el proceso en diferentes etapas dependiendo de su pureza y estado físico. Una alternativa para el recupero de metales nobles es por medio de procesos de fundición de plomo.

3) Tratamiento Hidrometalúrgico

Este tratamiento incluye la lixiviación ácida o cáustica del material sólido. Este proceso normalmente requiere un tamaño de grano pequeño para incrementar el rendimiento del metal. Los metales de interés son posteriormente aislados y concentrados mediante procesos como la extracción de solventes, precipitación, cementación, intercambio de iones, filtración y destilación. Los solventes de lixiviación son principalmente H₂SO₄ and H₂O₂, HNO₃, NaOH, HCl, etc.

4) Tratamiento Electromecánico

La mayor parte de los métodos de tratamiento electromecánico incluyen etapas de refinación y son llevados a cabo en electrolitos acuosos o en sales fundidas. En algunos casos se aplica la electrólisis a los RAEEs triturados, por ejemplo, para oro, plata o paladio de RAEEs revestidos de metal.

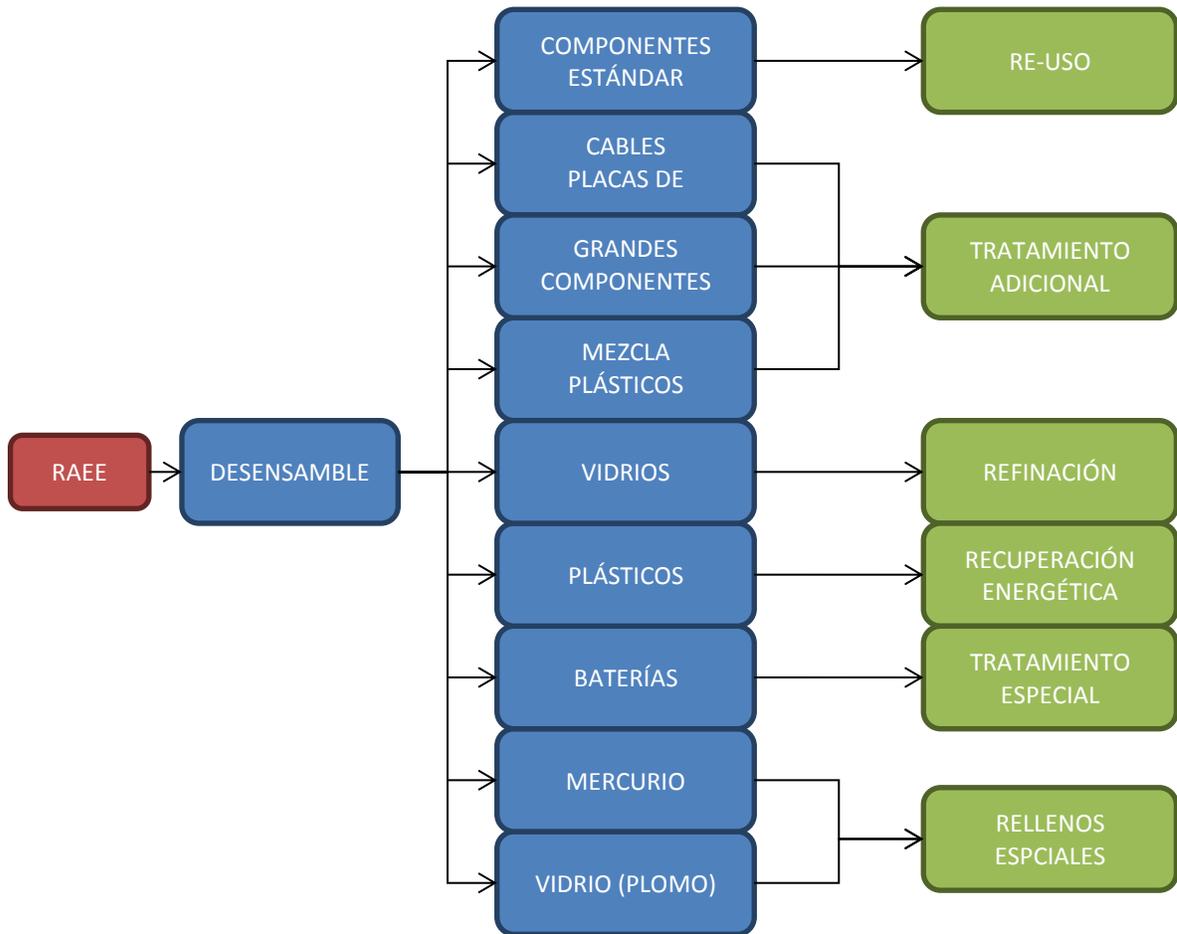


Diagrama 3.2 - U.E. - Tratamiento y finalidad según categoría

4 ARGENTINA

4.1 Introducción

Argentina ha alcanzado un alarmante nivel de desecho de teléfonos celulares y computadoras en desuso en los últimos años. Se descartaron alrededor de 10 millones de aparatos de telefonía móvil en el 2009 y 2010 (es decir, casi el 30% del total de líneas en servicio) y se estimó un descarte aproximado de más de 1 millón de computadoras durante el 2011; asimismo en los años venideros la cantidad descartada subirá fuertemente.²³

Desde el año 2003 las ventas de televisores no han dejado de crecer. Entre 2005 y 2009 se vendieron en el país 11 millones de aparatos, lo que representa en promedio 1 televisor por hogar argentino. Se proyecta, además, que para fines del 2013 se habrán agregado otros 10 millones de equipos al parque actual. Esto significa un incremento del parque de televisores en más de 20 millones de unidades en menos de 10 años.

En su informe del 2011, la Cámara Argentina de Máquinas de Oficina, Comerciales y Afines (Camoca) calculó que se generaron unos 71.060.000 kg de residuos entre fotocopiadoras, impresoras, otros sistemas de impresión, computadoras, portátiles, celulares y otros aparatos electrónicos IT, unos trece millones más de lo que se había alcanzado en 2010, sin tener en cuenta los residuos de electrodomésticos de línea blanca.

En Argentina cada habitante genera 3 kg por año de basura electrónica, lo que representa aproximadamente 120.000 toneladas anuales. Según los operadores habilitados en el país, se recicla menos del 2% del total de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos colocados en el mercado y entre el 4% al 6% de los RAEEs provenientes del sector de tecnología. Si se tiene en cuenta que se generan alrededor de 120.000 toneladas anuales de residuos electrónicos, el bajo porcentaje de recuperación es alarmante.

Argentina no cuenta hoy con una infraestructura oficial de recuperación y reciclado de estos residuos, por tanto, la mayor parte termina acumulándose en hogares o descartados en basurales, rellenos sanitarios o integrando el circuito informal.

Ante esta situación, es indispensable establecer un sistema de gestión de este tipo de residuos. Lo ideal sería emplear el principio de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) y Responsabilidad Individual de Productor (RIP), que promueva mejoras ambientales en el ciclo de vida completo de los productos, extendiendo la responsabilidad del fabricante desde la producción hasta el tratamiento una vez finalizada la vida útil del equipo (recuperación, reciclaje y disposición final). Sin embargo, debido a la dificultad de implementar una legislación que avale tal principio, es posible pensar en un sistema de gestión promovido y desarrollado por alguna entidad estatal, ofreciéndolo como un servicio público.

4.2 Diagnóstico de situación

La situación actual de la Argentina expone la falta de legislación que promueva actores debidamente calificados, capacitados y con los recursos necesarios para realizar la recolección, logística, tratamiento y disposición final de las partes y equipos inutilizados.

Por otro lado, hay que destacar que mientras la Unión Europea y algunos países asiáticos, como Japón, están familiarizados con el concepto de RAEEs desde hace años, en Latinoamérica, y en especial en Argentina, este concepto todavía resulta nuevo para la mayoría de los habitantes. Probablemente, esto esté relacionado al hecho de que esta región presenta un grado de desarrollo inferior en cuanto a tecnología y aparatos electrónicos.

Como se puede apreciar en la figura que se muestra a continuación, el 65% de los AEEs es acumulado en hogares y negocios. De los mismos, una fracción es descartada mezclándose con desechos sólidos urbanos, los cuales terminan en rellenos sanitarios o basurales abiertos. En la primer parte del presente trabajo se expusieron los riesgos ambientales y a la salud que trae aparejados una mala disposición de este tipo de residuos.

La falta de un circuito formal queda expuesta al analizar las cifras de los recuperadores informales, las cuales se elevan hasta un 15%. Estos actores informales recuperan placas de circuitos, plásticos y metales ferrosos de los equipos, mientras que el resto de los residuos que no tienen una utilidad, como los tubos de rayos catódicos y baterías, son dispuestos en rellenos, contaminando el ambiente y poniendo en peligro la salud de los seres vivos.

Por otro lado, el 13% de los AEEs son recuperados extendiendo su vida útil, ya sea de piezas componentes o de los equipos, por parte de empresas que utilizan los servicios técnicos de AEEs y de hogares por actividades informales. Los residuos provenientes de estas actividades no son tratados, por lo que terminan de la misma forma que en los casos anteriores, es decir, en rellenos o basurales.

Como lo indica el gráfico 4.1, sólo el 5% de los AEEs en desuso es gestionado a través de empresas debidamente licenciadas a nivel nacional, como Silkers. Por último, alrededor de un 1,5% es recuperado por ONG's o fundaciones sin fines de lucro, como la Escuela Especial Santa Mónica que se dedica al reacondicionamiento de PCs descartadas por empresas para donarlas a proyectos educativos que tienen un limitado acceso a la tecnología.

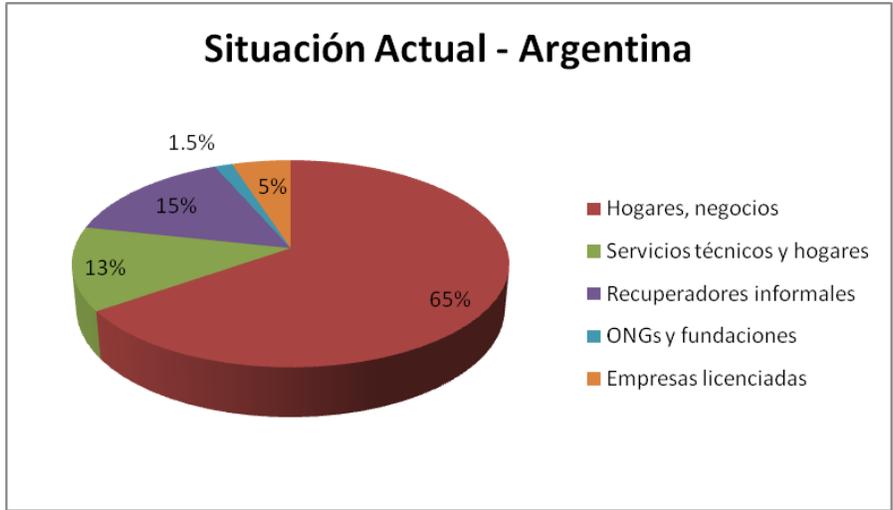


Gráfico 4.1- AEEs en Argentina

Las proyecciones de ventas de computadoras y celulares están ligadas a un factor que no puede pasarse por alto, el cual es el ciclo de vida promedio de los equipos. Como puede observarse en el siguiente gráfico 4.2, las laptops y dispositivos móviles son aquellos aparatos que presentan los menores ciclos de vida, con 5,9 y 4,9 años respectivamente. Teniendo en cuenta que los mercados de tecnología y comunicación presentan una marcada dirección hacia este tipo de productos, el acortamiento de la vida útil de determinados AEEs tendrá, probablemente, un impacto aún mayor en la generación de los residuos.

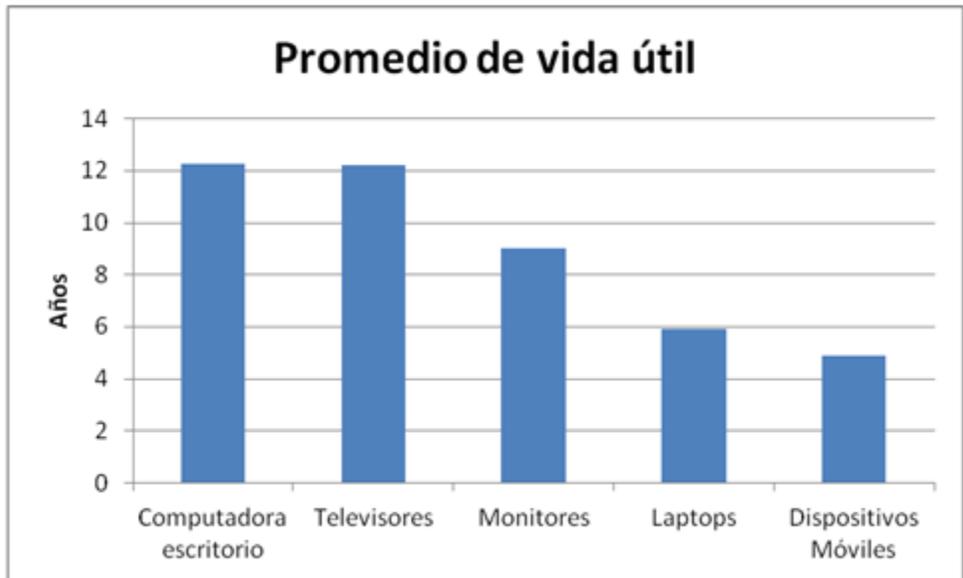


Gráfico 4.2 - Promedio de vida útil de algunos AEEs (Environmental Protection Agency 2011)

Es importante destacar que el cálculo para los televisores representa un ponderado entre los distintos tipos de TV, incluyendo tecnologías viejas como tubos de rayo catódicos y nuevas, como televisores con pantalla plana. Por esto, y a medida que continuemos avanzando hacia las nuevas tecnologías, es esperable que la vida promedio de estos equipos disminuya notablemente, contribuyendo más marcadamente a la generación de RAEEs.

Con el objetivo de presentar un proyecto a largo plazo que busque una solución a la problemática de los RAEEs, consideramos que es fundamental para la justificación de tal tipo de proyecto una proyección de la problemática en los años futuros. De esta manera, se tomaron dos variables que son fuertes indicadores de la evolución de los residuos electrónicos:

1. Venta de PCs
2. Celulares en servicio.

A continuación se presenta el análisis mencionado:

Regression Statistics	
Multiple R	0,97385046
R Square	0,948384719
Adjusted R Square	0,941932809
Standard Error	288,4565886
Observations	10

Tabla 4.1 - Estadísticas de la Regresión para PCs.

La variable independiente para la proyección de las ventas de PCs hasta el 2022 fue el PBI per cápita en dólares. Esta variable da una medida tanto de la evolución de la población como del poder de compra de la misma, lo cual debería tener un impacto directo en la evolución de las ventas de PCs. Realizada la regresión, se obtuvieron los parámetros que se muestran a continuación, los cuales validan el modelo:

	Coefficients	P-value
Intercept	-1071,530846	0,002263228
X Variable 1	0,434235874	1,98217E-06

Tabla 4.2 - Modelo de Regresión para PCs

El R^2 obtenido es de 0,94, y el P-value de la variable predictiva es menor a 0,05, lo cual indica que el modelo es aceptable. Por otro lado, el signo de la variable independiente es coherente con las ventas de PCs, ya que es esperable que a mayor PBI per cápita, mayores serán las ventas. Finalmente, se obtuvo un F-Significance menor a 5%, lo cual termina de validar el modelo.

De esta manera se obtiene la siguiente recta de regresión lineal para la proyección de las ventas de PCs:

$$Y = -1071,53 + 0,4342 X$$

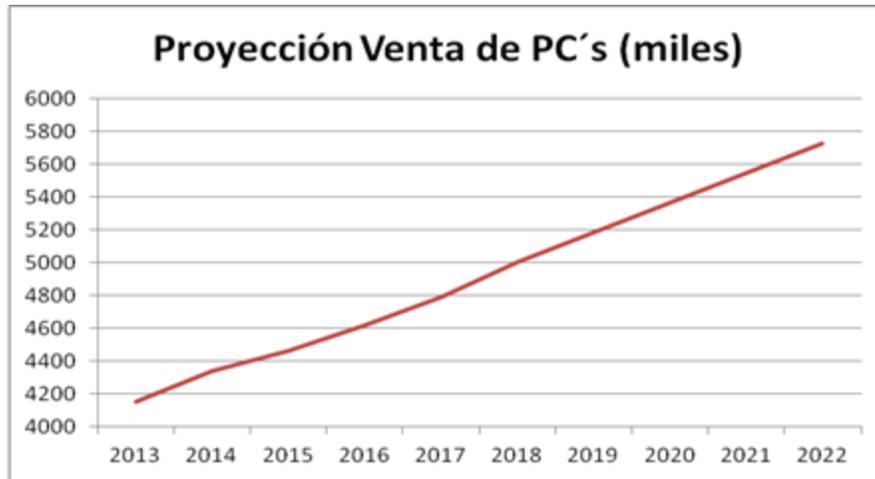


Gráfico 4.2 – Proyección de ventas de PCs en Argentina hasta el 2022.

De la misma manera, se procedió a proyectar los celulares en uso, el cual consideramos como otro de los AEEs de mayor representatividad en la población argentina, por lo que es un buen indicador para los AEEs en general. Como variable predictiva también se utilizó el PBI per cápita en dólares y se obtuvieron los siguientes resultados:

Regression Statistics	
Multiple R	0,965458935
R Square	0,932110955
Adjusted R Square	0,923624824
Standard Error	5553,781428
Observations	10

Tabla 4.3 - Estadísticas de la Regresión para celulares

El R^2 obtenido es de 0,93, y el P-value de la variable predictiva es menor a 0,05, lo cual indica que el modelo es aceptable. Por otro lado, el signo de la variable independiente es coherente con los celulares en uso, ya que es esperable que a mayor PBI per cápita, mayores serán los dispositivos móviles. Finalmente, se obtuvo un F-Significance menor a 5%, lo cual termina de validar el modelo.

	Coefficients	P-value
Intercept	-12529,05991	0,028063381
X Variable 1	7,227113042	5,97317E-06

Tabla 4.4 - Modelo de Regresión para Celulares

De esta manera se obtiene la siguiente recta de regresión lineal para la proyección de los celulares en uso:

$$Y = -12529,06 + 7,227 X$$

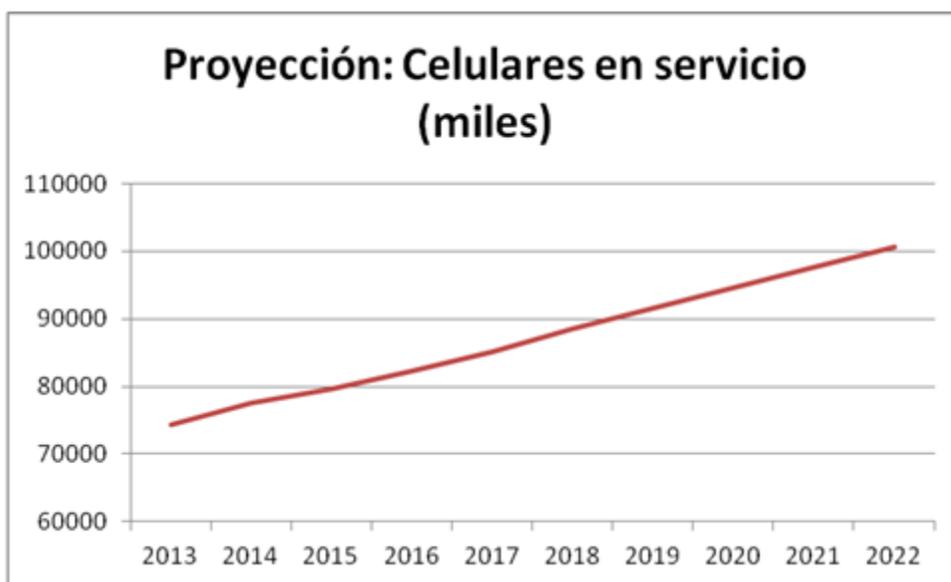


Gráfico 4.3 - Proyección de Celulares en Servicio hasta el 2022.

Como conclusión de la situación actual de Argentina y la proyección para los años futuros se puede decir que la mayoría de los factores relevantes indican una necesidad de tomar acciones concretas para mitigar los riesgos que este tipo de residuos trae aparejados. El creciente PBI per cápita es un fuerte indicador de que el volumen de RAEEs continuará creciendo ya que a mayor ingreso de la población, mayor el consumo de los bienes que generan los residuos. Por otro lado,

la acelerada evolución tecnológica hacia dispositivos móviles, acompañada por ciclos de vida cada vez más cortos generará altos volúmenes de residuos de celulares y otros dispositivos móviles. Por último, las políticas de inclusión social promovidas por el gobierno e impulsadas por una necesidad de acortar la brecha tecnológica con los países más desarrollados, es otro factor que explica el probable crecimiento de volúmenes de RAEEs en los años venideros.

4.3 Marco Legal

Para poder implementar el proyecto en Argentina, es importante conocer la situación legal en el país, no solo para estar en regla con la misma sino también para entender completamente el circuito de los residuos. La falta de una legislación que avale el concepto de Responsabilidad Extendida del Productor tiene un fuerte impacto en el sistema que se propondrá.

A continuación se presenta un breve resumen con las principales leyes y proyectos que actualmente integran el panorama legal en Argentina.

4.3.1 Legislación Internacional

Argentina adhirió al Convenio de Basilea, que reglamenta y establece los parámetros para la transferencia de los desechos peligrosos y la disminución de su impacto ambiental. En 1991 esta adhesión adquirió rigor legal al ser ratificada por medio de la Ley 23.922.

Algunos de los objetivos del Convenio son: reducir al mínimo la generación de residuos peligrosos; establecer instalaciones adecuadas para su eliminación y manejo ambientalmente racional, procurando que sea lo más cerca posible de la fuente de generación, y adoptar las medidas necesarias para impedir que el manejo de residuos peligrosos provoque contaminación y, en caso de que se produzca, reducir al mínimo sus consecuencias sobre la salud humana y el ambiente.

Esta legislación es de suma importancia ya que al reciclar los RAEEs, se generan residuos peligrosos y deben ser tratados de manera correcta.

4.3.2 Legislación Nacional

La Ley 25.675 (“Ley General del Ambiente”) sancionada en noviembre de 2002, establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Establece los objetivos que la política ambiental nacional deberá cumplir. La presente ley rige en todo el territorio de la Nación.

En la actualidad, no existe una normativa específica sobre residuos electrónicos que los contemple como un tipo de residuo especial, ante la falta de dicha normativa se utiliza la ya existente sobre residuos peligrosos, industriales y domiciliarios.

En lo que respecta a la normativa nacional contamos con tres leyes que son aplicables a los residuos electrónicos:

- Ley 24.051 de “Residuos Peligrosos”. Según el criterio de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, los aparatos eléctricos y electrónicos pasan a ser residuos peligrosos a partir de su desmontaje y rotura de partes.
- Ley de presupuestos mínimos 25.612 de “Gestión Integral de residuos industriales y de actividades de servicio”. Esta ley planteaba definiciones y categorías de los RAEEs, obligaba a las provincias y municipios a tomar medidas para reducir al mínimo la eliminación de dichos residuos de los sólidos urbanos no seleccionados y lograr así un alto grado de recogida selectiva. Cabe resaltar que proponían sistemas en que se le permitía a los poseedores finales y distribuidores disponer de los residuos de manera gratuita.
- Ley de presupuestos mínimos 25.916 de “Gestión integral de residuos domiciliarios”. La ley establecía la creación de una Unidad Ejecutora para el manejo sustentable de los residuos de origen eléctrico y electrónico dependiente de la UTN. Esta propuesta se asemejaba a los sistemas colectivos de recolección de RAEEs vigentes en la UE.

El marco legal presentado no logra cubrir específicamente a los RAEEs como un tipo de residuo específico. Así, se hace evidente la necesidad de sancionar una ley específica sobre este tipo de residuos ya que la superposición de normas trae confusión en cuanto a la aplicación, pero sobre todo, genera conflictos cuando se intenta delimitar la responsabilidad.

4.3.3 Proyectos Rechazados

Existieron dos proyectos de ley que intentaron regular el e-waste en Argentina, pero ambos perdieron estado parlamentario y fueron rechazados:

- Proyecto de Ley para la Gestión Sustentable de Residuos Eléctricos y Electrónicos, enviado a la Comisión de Ecología del Senado de la Nación.
- Proyecto de Ley sobre Manejo Sustentable de Residuos Eléctricos y Electrónicos (Proyecto UTN): este proyecto de ley establece los presupuestos mínimos para la gestión sustentable de los RAEEs que sean generados en todo el territorio nacional, tanto de origen nacional como importados. En particular, establece las pautas para una recogida selectiva, obligando a los municipios a implementar sistemas que permitan a los poseedores finales y distribuidores devolver gratuitamente estos residuos. El municipio es el encargado de transportar los RAEEs descartados a instalaciones de tratamiento autorizadas.

Muchos expertos en el tema consideran que la responsabilidad extendida del productor no es una solución que vaya a resolver la problemática de los residuos electrónicos ya que la logística inversa resulta antieconómica y la solución debería ser sistémica y compleja. Si se trabajara en fortalecer la figura de los servicios técnicos (unos 5.000 aproximadamente), de las empresas recicladoras y educar a la población sobre los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos que generan, se lograría un avance mucho mayor en la solución del problema.

4.4 Situación económica

La situación económica es importante desde dos puntos de vista: el primero es el poder adquisitivo de los consumidores de AEEs en Argentina y el segundo es el de los riesgos que implica la incertidumbre con la que se vive actualmente.

Si bien en los últimos años la clase media Argentina ha disminuido considerablemente y la brecha entre la clase alta y baja se hace cada vez más pronunciada, el mercado de AEEs está en constante crecimiento. Esto ha quedado demostrado con las evoluciones históricas y proyecciones que se presentaron en la primera sección de este documento. Las cantidades consumidas continuarán su evolución creciente y por consiguiente, las cantidades de residuos generados seguirán la misma tendencia.

Es por esto que desde el punto de vista del consumo, no se ve comprometido el mercado de AEEs y los residuos de los mismos cobrarán una importancia superior en los próximos 10 años. Al existir un gran rango de precios para productos destinados al mismo uso, tanto los estratos sociales más altos como los más bajos son consumidores, generando una demanda constante y un parque creciente.

Por otro lado resulta importante el estudio de la situación económica desde el punto de vista del inversor. Los principales problemas son la incertidumbre en el sector junto con los proyectos cortoplacistas que maneja el gobierno actual y la imposibilidad de acceder a divisas extranjeras. Si bien el objetivo del proyecto es reducir el impacto de los RAEEs y tratarlos de manera correcta se necesitará de ingresos constantes para el mantenimiento de las maquinarias, los inmuebles y el pago a los futuros empleados. Es por esto que más adelante se tratará al proyecto como uno de inversión y se calcularán los indicadores necesarios para justificar y respaldar la inversión que se propondrá.

Sin embargo, es importante destacar el papel que jugará la situación económica en los resultados de dicho proyecto. Las maquinarias que se utilizarán serán seguramente abonadas en dólares ya que esta es la manera de operar del mercado. La disponibilidad de la divisa y la brecha cambiaria serán factores claves a la hora de presupuestar la inversión total.

4.5 Situación social y concientización cultural

El principal driver del proyecto de reciclaje de RAEEs es la colaboración de los usuarios finales de los mismos, ya sean personas particulares o empresas. Actualmente no se encuentra difundida de manera exitosa la cultura del reciclaje y de preservación del medioambiente en la sociedad argentina por lo que es un punto importante a solucionar en la evolución del programa.

De todos modos, el esfuerzo requerido de estos actores en la cadena es menor que, por ejemplo, en la separación de tipos de desechos en sus domicilios. Lo que se necesita de ellos es acercar sus RAEEs a algún centro de recolección que se encuentre cercano a su hogar, o avisar que poseen acumulados aparatos en desuso en sus hogares para ser buscados puerta a puerta.

Es necesario remarcar la diferencia existente entre los RAEEs pertenecientes a la tecnología, información y comunicación (RAEE TIC) y los electrodomésticos, televisores y otros artefactos. Los primeros tienen un tamaño mucho menor y el apego de los usuarios con los mismos es mayor. Son más fáciles de transportar pero los usuarios generalmente deciden guardarlos ya que no ocupan tanto lugar en sus casas. Es por esto que será más complicado generar el hábito de reciclaje de estos RAEEs que de los electrodomésticos que, una vez obsoletos, son una molestia en el hogar, por lo que no sería tan complicado hacerlos ingresar en el circuito formal de reciclaje.

Es este pensamiento el que hay que erradicar de la población mediante campañas de concientización social que incentiven la cultura de reciclaje. Las maneras de llegar a los usuarios finales se diferenciarán entre las empresas y los particulares.

Actualmente la responsabilidad social y empresarial está tomando un papel fuerte entre las empresas principales del país. Combinando este factor con lo previamente dicho se tiene un panorama positivo en el alcance e impacto que un programa de concientización pueda tener en el ámbito empresarial. La empresa Reciclarg, por ejemplo, ofrece charlas de concientización gratis a empresas generadoras de RAEEs. Su idea es generar conciencia sobre el gran porcentaje de acumulación y generación que representan estos actores para lograr re direccionar al sistema formal la mayor cantidad de residuos posibles.

Una propuesta es proveerle a las empresas que reciclen más del 50% de su generación de RAEEs un logo que pueden utilizar en sus propias campañas publicitarias, que destaque su compromiso con el cuidado del medio ambiente y la responsabilidad que asume la compañía. Esta manera de atraer generadores es muy barata y fácil de tramitar.

En resumen, las compañías presentan un panorama favorable y propenso a aceptar de manera más completa la idea del programa de reciclaje ya que le conviene desde el punto de vista de marketing propio.

Por otro lado, se encuentran los consumidores individuales que presentan un horizonte menos agradable a la hora de aceptar y contribuir con el reciclaje. Las cantidades producidas son menores y el apego sentimental al objeto hace que su valor sea mucho mayor que su precio. Es

decir, las personas preferirán quedarse con sus equipos (siempre y cuando tengan lugar para los mismos) que encargarse de reciclarlos.

La manera de impactar en este sector es mediante campañas de publicidad, presencia en eventos del rubro y organizando eventos de concientización y participación. La publicidad se piensa realizar principalmente en tres medios: televisión, internet y en la vía pública. El objetivo es estar presente en la mente del consumidor en el momento en que se decida deshacerse de algún artefacto. Por ejemplo, es posible incluir mediante Google AdWords banners que aparezcan en los sitios web de aquellos consumidores que estén buscando en la red obtener un nuevo AEE. De esa manera se logrará influir en el proceso de compra y recordar que siempre que se obtiene un artefacto nuevo, el “viejo” puede ser reciclado. La publicidad de televisión y en la vía pública es principalmente para generar conciencia en la sociedad y dejar de ser un tema que no tiene aplicación diaria. Se quiere lograr que la idea del reciclaje esté presente en el día a día.

Igual de importante es la presencia en eventos del rubro, principalmente en los que traten temas de reciclaje en general pero también en aquellos de actualización tecnológica. Aunque no parezca, estos segundos son casi tan importantes como los primeros por lo dicho previamente: en el momento de actualizarse tecnológicamente y cambiar un artefacto por otro, tiene que estar presente la opción de devolver el objeto viejo a fines de colaborar con la reducción de generación de residuos.

A modo de resumen, el reciclaje es un hábito que hay que crear en la sociedad y es una actitud que se puede desarrollar mediante programas y campañas de concientización.

Está de más aclarar que para lograrlo se necesita una gran inversión en marketing y diseño, por lo que los costos de los programas propuestos serán revisados y tenidos en cuenta más adelante, cuando se plantee la inversión total que requiere el proyecto.

4.6 Análisis actual de los RAEEs en Argentina

El objetivo de este trabajo es el estudio de factibilidad de un sistema que permita separar el flujo de RAEEs de los desechos sólidos urbanos para que se eviten los daños que estos residuos tienen sobre la salud y el ambiente, además de aprovechar al máximo las funciones (reúso), materia prima (reciclaje) y la energía (combustión) que estos pueden generar, sin descuidar los aspectos económicos y teniendo en cuenta a los actores actuales del sistema.

Para esto, se deben tener en cuenta los circuitos formales e informales de los AEEs, considerándolos desde su fabricación (donde existen posibilidades de disminución de los daños futuros como reducción de elementos peligrosos en origen, aumento de la eficiencia energética y diseño pensado para el reciclado), hasta la disposición final en rellenos sanitarios (donde se debe tener en cuenta la peligrosidad de los elementos y su tratamiento adecuado).

Se estima que recuperar la función de un RAEE (reúso), es 90 veces más valioso que obtener energía de los mismos mediante la quema, mientras que recuperar la materia prima (reciclaje), es 9 veces más valioso. Se debe tener en cuenta, además, que la recuperación de materia prima implica mayores riesgos que la recuperación de función o de energía.²⁴

En el informe “Escrap: Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, se hace referencia a dos tipos de circuitos principales de RAEEs en Argentina: la corriente verde (formal) y la corriente informal. Se propondrá un sistema de gestión que permita mejorar el sistema formal y aumentar la cantidad de RAEEs que circulan por este, ya que los mercados informales en Argentina tienen las desventajas de ser:

- Ineficientes: ya que se pierden materiales reciclables en el proceso.
- Contaminantes: ya que no se cumplen con los estándares de protección ambiental, seguridad e higiene laboral.
- Económicamente insostenibles: ya que se trabaja en forma atomizada, se explota al recolector urbano, se tributa impuestos y es dañino para el ambiente y la salud de las personas.

Por lo general, los RAEEs ingresan en uno u otro circuito según sus características, principalmente en cuanto a la ecuación económica de **\$ / kg de RAEEs**, que depende de los elementos que los constituyen. Cabe destacar que de ninguna manera el mercado de RAEEs con alto \$/kg se encuentra tan formalizado como debería para reducir significativamente el daño ambiental.

Corriente	Ejemplos de RAEEs
Formal	Alto \$/kg. Celulares, Notebooks, Servidores, Routers, Servocontroles, Centrales Telefónicas, Baterías, Placas de circuitos, Memorias, Procesadores.
Informal	Bajo \$/kg. Línea blanca: electrodomésticos de hogar, industria u oficinas. Línea gris: equipos de audio o video antiguos. Línea marrón: CRT (televisores de tubos de rayos catódicos)

Tabla 4.5 - Ejemplos de RAEEs en cada corriente.²⁵

4.6.1 Circuito formal

También llamado circuito verde, es el que transitan por lo general los RAEEs de alto valor, para los que muchas veces existen programas de responsabilidad extendida del productor. Estos RAEEs tienen un alto nivel de reúso y reciclado, ya que son ricos en metales base y metales preciosos. Las empresas fabricantes de AEEs venden a los consumidores, tanto empresas como particulares y participan del tratamiento o disposición mediante operadores de RAEEs.

Se trata de un caso de logística inversa: del consumidor hacia el fabricante. En este proceso participan los generadores de AEEs (empresas fabricantes) con planes de canje, las empresas de logística y almacenamiento, los operadores de RAEEs u otros residuos especiales y las empresas de refinado y recupero de materiales.

El Circuito verde de los RAEE: agregado de valor al e-scrap de alto valor con responsabilidad extendida del productor

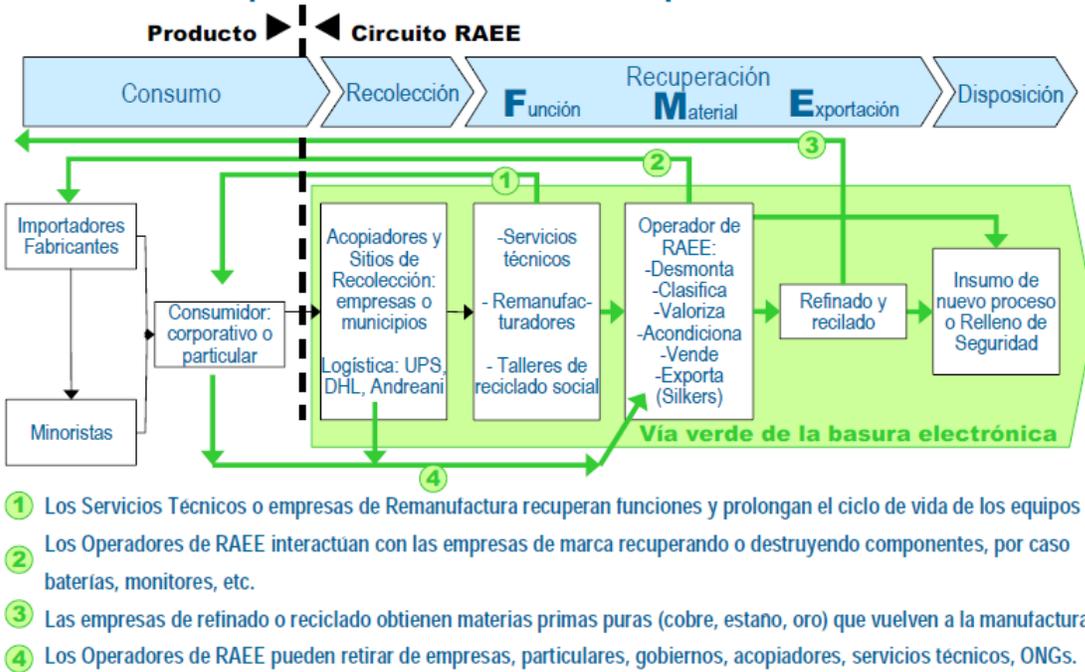


Ilustración 4.1- Circuito formal o verde²⁶

4.6.2 Circuito informal

Es el que transitan los RAEEs de bajo valor por kg, que tienen menos tecnología y valor agregado. Tienen menor composición de metales preciosos y niveles más altos de materiales con una relación de \$/kg baja.

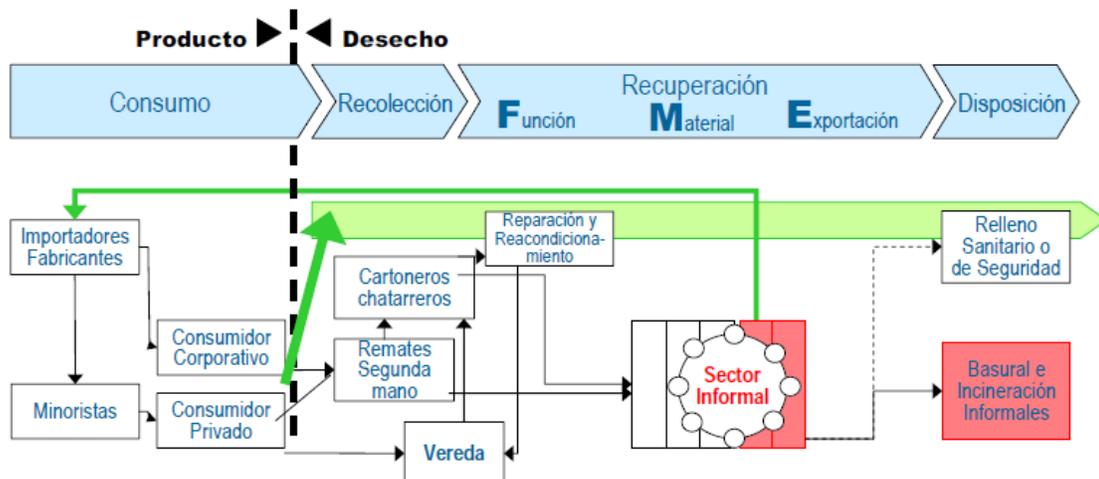
Estos equipos ocupan espacio y pueden ser un problema para sus dueños (perder sustancias como aceites y freones, oxidarse, etc.). La gran mayoría son almacenados en hogares, van pasando de mano en mano o son dejados en servicios técnicos o garajes. Es una práctica común en los servicios técnicos, cuando se lleva un producto cuyo costo de arreglo excede el esperado, que el local ofrezca un precio por el producto para, o bien reacondicionarlo y revenderlo, o para usar las partes como repuesto. Sin embargo, tarde o temprano su valor pasa a ser muy bajo y terminan incorporándose al flujo de basura ordinaria.

Existen empresas que se encargan del retiro, desmontaje y valorización de piezas de estos residuos, para su uso en nuevos productos. En estos casos, se logra recuperar más del 80% de los constituyentes. El valor recuperable de un electrodoméstico no llega a compensar los costos de una gestión correcta de estos equipos (incorporación al circuito verde).

Los cartoneros y chatarreros son parte importante de este circuito. Aunque al formalizarse el mercado, estos podrían ver perjudicada su actividad económica, se debe tener en cuenta que

estos son también quienes están más expuestos a los efectos dañinos a la salud que pueden provocar los RAEEs. De esta manera, se debe analizar la forma de incorporarlos al sistema formal. Los mercados de segunda mano también se verán negativamente afectados, ya que se desea disminuir la participación de los mismos en la gestión de los RAEEs.

Radiografía del mercado informal de los RAEE en la Argentina, con aparatos de rezago de las líneas gris, blanca y marrón



- Al quedar en desuso los aparatos electrónicos y eléctricos, los consumidores privados buscan repararlo, o los dejan en la vereda / mezclan con residuos domésticos o los venden como segunda mano o remates
- Los corporativos venden en remates o Serv. Técnico, con la opción darles disposición final, aunque una parte termina en el mercado informal o basurales
- Las chatarrerías compra RAEE a cartoneros o en remates, algunos los reparan o revenden piezas a los fabricantes. El resto va a basurales.

Ilustración 4.2 - Circuito informal²⁷

4.6.3 Actores del sistema

Generadoras de AEEs:

- Empresas: son las empresas fabricantes de los productos. Su impacto en el sistema puede ser sólo en el origen (la generación del equipo) o también en el tratamiento. La responsabilidad extendida del productor hace a muchas empresas responsables de los residuos generados por sus productos y es una fuerza muy importante para motivar mejoras en los diseños y en los sistemas de tratamiento. En cuanto a las posibilidades de mejora en origen, se pueden mencionar el aumento de la eficiencia energética de los dispositivos, la reducción de sustancias tóxicas o contaminantes y el diseño para el reciclaje, mediante técnicas como reducir la mezcla de materiales y reemplazar elementos no reciclables por otros que sí lo sean.

En lo que respecta al tratamiento de los residuos, existen posibilidades de planes canje (compra de un nuevo aparato con entrega de uno viejo como parte de pago), o de entrega voluntaria, dependiendo del tipo de AEE y la empresa. Luego, la compañía entrega el RAEE a un gestor, que se encarga de decidir cuál es el método más apropiado de disposición.

Gestores (Operadores) de RAEEs:

- Scrap y Rezagos S.R.L.: se encarga del tratamiento del equipamiento y su reutilización o, en caso de que no pueda ser reusado, se tratan los materiales para reincorporarlos al ciclo de producción. Esta actividad produce nuevas fuentes de trabajo y beneficia al medioambiente. Ofrece los servicios de: asesoría y capacitación, recolección y retiro, destrucción o inutilización de equipos, borrado y destrucción de información, destrucción segura de cajas y embalajes, certificado de recepción y garantía de trazabilidad, certificado de destrucción de equipos e información e informe final de gestión y reciclado de aparatos eléctricos y/o electrónicos en desuso.
- Silkers S.A.: se inició en 1991, en el partido de Quilmes, con una planta de control, verificación y desmonte de aparatos en desuso. Durante el recambio tecnológico de los 90, esta empresa se encargó del desmonte de las centrales de empresas como Edenor y Telefónica. Brinda servicios de recolección, separación, valorización y reciclado de RAEEs, con recuperación de materia prima y minimización del impacto ambiental.²⁸
- Industrias Dalafer: se encarga de la gestión de varios residuos, entre ellos los RAEEs, por ejemplo: electrodomésticos, baterías, celulares, computadoras. Trabaja principalmente con empresas que quieren desechar sus AEEs. El proceso se inicia cuando se entrega el RAEE o este es retirado y transportado hacia la planta. Luego, son clasificados y desarmados según el tipo. Los materiales plásticos y metálicos resultantes del desarme son reciclados en el mercado interno, mientras que los circuitos impresos y baterías son almacenados por cortos períodos hasta ser consolidados y transportados hacia el puerto. Luego, estos residuos son enviados a empresas ubicadas en el exterior, a países como Bélgica, Alemania o China, donde son tratados mediante tecnologías de primer nivel que permiten la recuperación de sus materias primas y la minimización de los residuos generados.²⁹
- Scrapex S.R.L.: se basa en el reciclado y disposición de la basura electrónica, minimizando los daños que pueden causar a la salud y al ambiente. Esta empresa retira sin cargo los equipos electrónicos rotos u obsoletos. Luego, los desmantela, separa y procesa. Los equipos que no pueden ser reutilizados son destruidos y sus materiales útiles son vendidos a organizaciones que puedan aprovecharlos.³⁰
- Cartoneros y chatarreros: separan y comercializan los RAEEs en la corriente informal. Los encuentran en la calle o los compran en organizaciones de remate y luego los

desarman. Los existen de menor escala, como un cartonero individual, hasta grandes compradores y vendedores de chatarra. Algunas de las prácticas típicas de estos actores incluyen la explosión de tubos de rayos catódicos para obtener vidrio y cobre y la incineración de los cables para obtener cobre. Estos procesos y otros, además de ser dañinos para el ambiente, pueden perjudicar la salud de estas personas. Esta es otra de las razones por la que la sociedad se beneficiaría al hacer crecer el volumen en el circuito formal.

Gestores de materiales

- Umicore Argentina: Umicore es una empresa global, con su casa matriz en Bruselas, Bélgica, proveedora de materiales de alta tecnología resultantes de la intersección de metales y productos químicos especiales, cuya sede en Argentina se encuentra en el Parque Industrial de Pilar. Es el mayor reciclador mundial de metales preciosos. En Argentina, se dedica a la recuperación y refinación de platino, paladio, rodio y oro y a la elaboración de soluciones y precursores con metales preciosos. Vende productos a las industrias farmacéutica, electromecánica, química y petroquímica.³¹
- Arc Metal AB: es parte de la empresa Sueca SKF. Se dedica a la separación y recuperación de metales a partir de fundición y procesos. Utiliza el proceso de Pirólisis por Arco de Plasma, es decir, una combustión directa con un nivel de oxígeno lo más bajo posible para minimizar la oxidación y así evitar la formación de dioxinas y otros productos relacionados con la combustión incompleta. El tipo de pirólisis que utiliza es un sistema Pyroarc que consiste en dos etapas: en una primera, se gasifican los plásticos a gas y se funde la parte inorgánica de metales. Este gas y metales en estado líquido, se pasan a un segundo reactor de plasma. Por último, la colada de metales es refinada para obtener metales preciosos puros de alta calidad, que son comercializados en el mercado mundial.³²
- Noranda: compañía norteamericana que se dedica a la extracción, procesamiento y comercialización de aluminio. Utiliza aluminio obtenido de RAEEs como insumo.

Organizaciones y cámaras

- Escrap: es una red de operadores del mercado de residuos y subproductos de AEEs. Su misión es promover el uso sustentable de AEEs a lo largo de todo su ciclo de vida. Sus actividades son: promover la gestión sustentable de RAEEs, desarrollar procedimientos sustentables para la disposición de los RAEEs, promover mejoras en las tecnologías de tratamiento, realizar estudios de factibilidad de la reutilización y el reciclado de los RAEEs, sus componentes y materiales, informar a los usuarios sobre la correcta gestión de RAEEs, promover una legislación adecuada para los RAEEs y promover una Bolsa o Tablón Electrónico para el Mercado del e-scrap.³³

- Cooperativa “El Ceibo”: es una cooperativa integrada por promotores ambientales y recuperadores puerta a puerta en convenio con el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y con la colaboración de Greenpeace Argentina. Se concentra en la recuperación, acopio, separación y posterior venta de materiales recuperables. De esta manera, se contribuye a formar nuevas fuentes de empleo y a mejorar las condiciones y disminuir los riesgos de cartoneros y chatarreros.³⁴ Los promotores ambientales van casa por casa para darles a los vecinos instrucciones para la separación de papel, plástico, vidrio y cartón y acuerdan con él el día y horario para su entrega. El Ceibo trabaja con el 30% de los hogares de Palermo.³⁵
- Universidad Nacional de La Plata (La Plata) – Proyecto e-basura: es un equipo formado por un grupo de docentes y alumnos de la UNLP y del Laboratorio de Investigación en Nuevas Tecnologías Informáticas (LINTI). Se recibe equipamiento informático en desuso, que es restaurado, reacondicionado y puesto en condiciones operativas. Las computadoras recuperadas son luego donadas a instituciones sin fines de lucro para reducir la brecha digital-social en los sectores vulnerables de la comunidad. Los equipos que no pueden ser reutilizados son enviados a una empresa certificada para su disposición final y segura, evitando así que se mezclen con el flujo normal.³⁶
- CAMOCA: Cámara Argentina de Máquinas de Oficina, Comerciales y Afines: su rol es defender los intereses de los asociados, establecer relaciones comerciales e informar y responder las consultas que puedan tener sus asociados.³⁷ El rol que juega en el sistema es el de definir recomendaciones, información y tendencias con respecto al uso de la maquinaria de oficina, lo que incluye a la gran cantidad de AEEs que se encuentran en uso en las mismas.
- CEMA: Cámara Empresaria de Medio Ambiente: es una organización integrada por compañías que proveen bienes y servicios para la preservación del medio ambiente y la mejora de la calidad de vida. Sus funciones incluyen representar los intereses del sector ante las autoridades gubernamentales, establecer y controlar estándares de calidad para el sector y ser la entidad de consulta a los efectos de establecer políticas y normativas ambientales, entre otras. Debido a que las empresas manejan grandes volúmenes de AEEs, el hecho de que esta Cámara ocupe recursos en atender la problemática de los RAEEs sería un importante punto de apalancamiento del sistema formal de gestión.
- Organizaciones de remates o de artículos de segunda mano: son quienes transfieren los RAEEs entre el consumidor y los cartoneros y chatarreros. Estas organizaciones se verían perjudicadas al formalizarse el mercado de RAEEs, ya que disminuiría la cantidad de los mismos en el circuito informal.

Usuarios de AEEs

- Consumidor privado: almacena los equipos que no tienen valor hasta que decide si los vende a un operador, los remata, o los pone indebidamente en la vía pública con el resto de los residuos (según el \$/kg del residuo). En caso de reparación, en muchos casos, lo deja en el Servicio Técnico por alguna compensación monetaria, donde luego es utilizado para obtener repuestos. Se debe generar conciencia ambiental para aumentar los volúmenes de recolección en los programas del sistema formal.
- Consumidor corporativo: está más controlado ambientalmente y tiene mayor cantidad de equipos para descartar. Los vende en remates, entre empleados, se los devuelve a las marcas fabricantes, se los deja en servicios técnicos o se envía para disposición final en rellenos sanitarios o rellenos de seguridad.

Distribuidores de RAEEs

- Empresas logísticas: son las que se encargan del transporte de los RAEEs hasta el sitio de acopio. Algunas de ellas son: UPS, DHL y Andreani.³⁸

Las empresas gestoras usan recursos logísticos propios (camiones y conductores) para llevar los residuos desde los sitios de acopio de los clientes hasta su planta de tratamiento.

La logística inversa de los RAEEs previo a su reciclado es un proceso complejo oneroso. La chatarra transportada vale menos del 5% del aparato nuevo. Para transportar los residuos peligrosos contenidos (5%) los costos son, aproximadamente, de 1000 dólares por tonelada.

Ejemplo del esquema logístico: Empresa Silkers S.A. (otras empresas usan esquemas similares)

La logística inversa de la empresa Silkers es realizada con recursos propios. El personal de Silkers ingresa a las plantas de acopio transitorio de los clientes (en fechas preestablecidas) y retira los RAEEs. Luego, los residuos son transportados a la planta de tratamiento en Quilmes, donde son separados y clasificados. Por último, los residuos que no se pueden procesar en Argentina, son exportados, para lo que se contrata a una empresa distribuidora certificada, por el hecho de tratarse de residuos peligrosos.

Los volúmenes procesados por las distintas empresas gestoras son los siguientes:

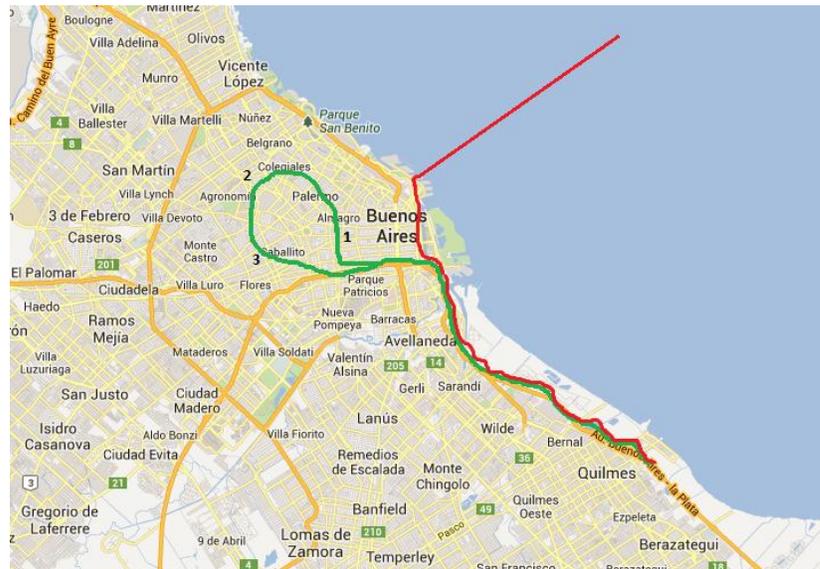
C.A.B.A.			
Empresa	Escala	Procesa	Cant. Procesada (T/año)
Silkers	Grande	Fuertemente enfocada a RAEEs-TIC	3000 a 4000
Dalafer	Grande	Varios residuos, incluyendo RAEEs y electrodomésticos	3000 a 4000
Otras	Chicas	Varios.	2000

Tabla 4.6 - Gestores y Volúmenes de RAEEs

Si se tiene en cuenta que se generan 120.000 toneladas al año de RAEEs, se concluye que menos del 10% de los mismos es tratado por un gestor habilitado.

Almacenamiento y sitios de recolección de RAEEs

- Empresas de acopio o logística: Estas empresas acopian temporalmente el scrap.
- Municipios y centros verdes.
- Otros centros de recolección: los Operadores de RAEEs pueden retirar de empresas, particulares, gobiernos, servicios técnicos, ONGs, etc.



Mapa 4.1 - Ruta posible de la empresa Silkers. Verde: RAEEs, recursos propios. Rojo: residuos peligrosos, contrata a un gestor.

4.6.4 El rol del Estado

En el caso de EEUU, se vio la importancia que tiene la legislación sobre materia de los RAEEs. Los Estados que tienen una legislación pertinente y adecuada y controlan su cumplimiento, son los que tienen más éxito en los programas de recolección. En el caso de la Unión Europea, la acción se encuentra más centralizada, y muestra las sinergias que se pueden generar cuando se emprenden grandes proyectos conjuntos.

En Argentina, la legislación y su cumplimiento tienen un poder limitado para influir en el corto plazo sobre el sistema. Por eso, los ciudadanos deben impulsar, apoyar y colaborar en políticas y programas que promuevan mejoras con respecto al manejo de los RAEEs. Además, si existiera mayor conciencia ambiental en la población, los gobernantes elegidos estarían obligados a tener este tipo de problemática ambiental presente. Aunque es cierto que existen problemas más urgentes a atender, descuidar este aspecto sería obrar con gran miopía, ya que los efectos perjudiciales de una incorrecta gestión de los RAEEs no serían menores.

4.6.5 Proceso de gestión de RAEEs

Se detalla un proceso general de gestión de RAEEs. Este proceso es más eficiente y más eficaz para prevenir la contaminación a mayor volumen de reutilización. De no ser posible acondicionamiento para su posterior reutilización, se debe pasar a la separación y reutilización de sus piezas o, de no ser posible, de sus materiales. La disposición final en rellenos sanitarios es la opción menos conveniente y más perjudicial (sin tener en cuenta los rellenos sanitarios no controlados).

Aunque los rellenos sanitarios para residuos peligrosos limitan los riesgos para la salud y el ambiente, no se aprovechan los recursos disponibles en los RAEEs cuando éstos son enviados a los mismos.

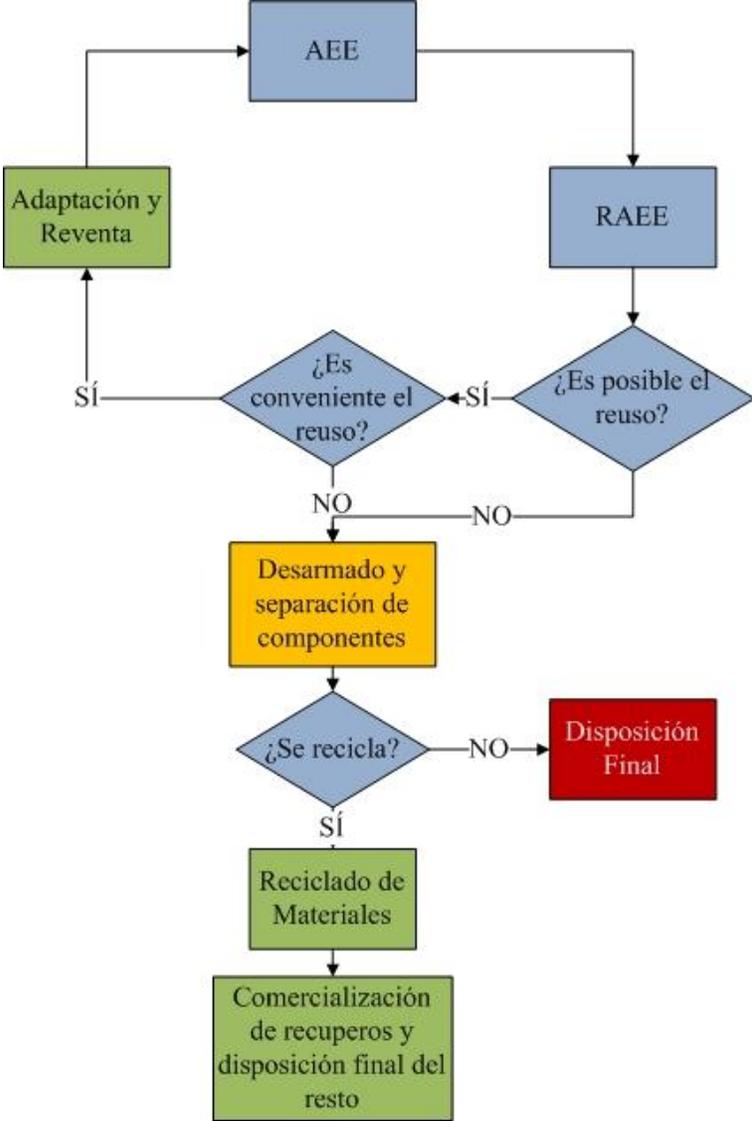


Gráfico 4.4 - Gestión de RAEEs. Adaptación propia del gráfico de "Escrap".

5 PROYECTO DE MEJORA

5.1 Propuesta

Considerando la importancia que tiene una correcta gestión de los RAEEs, se propone un proyecto que permita mejorar su gestión. El mismo consiste en la implementación de un sistema integral de recolección y disposición de los RAEEs en el territorio de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C.A.B.A.). Se propone como posibilidad de expansión futura, la implementación de sistemas nacionales.

Se presentará un proyecto de inversión (aunque los fines sean ambientales y sociales) a las autoridades del G.C.B.A. (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires) cuyo objetivo es aumentar los RAEEs en el circuito formal. Este será administrado, controlado y financiado por fondos públicos y de la forma que lo disponga este organismo.

La C.A.B.A. encabeza la lista de consumo por habitante (y desechos por habitante) de residuos en general y de RAEEs en particular. A esto se suma que tiene alta densidad poblacional, reduciendo los costos logísticos de la implementación. Además, se considera que los ciudadanos de esta región tienen una mayor conciencia ambiental en promedio, por tener los mayores ingresos por habitante promedio.

El Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires ha impulsado, en los últimos años, campañas, medidas y políticas tendientes a la reducción de los impactos medioambientales que integran la campaña: “Ciudad Verde”. Se incluyen mejoras en el medioambiente en cuestiones energéticas, movilidad sustentable (transporte), residuos, consumo responsable, calidad ambiental y economía sustentable³⁹. Dentro de la categoría residuos, se encuentra en marcha el plan de retiro y almacenamiento de los equipos en desuso (RAEEs) de todas las dependencias del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y se sancionó la ley que establece las medidas para la gestión de estos aparatos⁴⁰. El interés de las autoridades por el medioambiente hace más probable la ejecución del proyecto.

Se estudiará cómo se puede incorporar el flujo de RAEEs a los esquemas actuales de reciclaje de otros residuos, para aprovechar al máximo las posibles sinergias.

El programa de gestión propuesto debe tener en cuenta a todos los actores del sistema, para no perjudicarlos y reducir así la resistencia a la implementación del mismo. Las empresas gestoras de RAEEs que operan actualmente son aliadas estratégicas en la solución del problema y se debe colaborar con ellas. Sin embargo, los volúmenes que alcanzan actualmente constituyen sólo un pequeño porcentaje del total. Entonces, es necesaria una tarea complementaria del Estado, pero se debe evitar que ésta limite la actividad de las empresas gestoras. El caso de E.E.U.U. muestra la necesidad de que haya varios tipos de gestores, tanto públicos como privados.

El proyecto tiene como objetivo reducir el volumen de residuos en la vía pública. Esto repercute negativamente en la economía a corto plazo de los cartoneros, que dependen de estos residuos

para su sustento económico y la menor cantidad de RAEEs de alto valor (\$/kg) en el circuito informal provocará que disminuyan sus ingresos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que con la implementación se disminuirían los daños a los que están expuestos, mejorando su calidad de vida. Además, muchas veces, en el proceso de separación informal de la basura que llevan a cabo se contamina el ambiente y se pierden materiales valiosos o se hace más dificultosa la posterior recolección de residuos. Entonces, se propone por un lado, disminuir el volumen de RAEEs manejados por estos actores y por el otro, mejorar sus condiciones mediante programas de inclusión y desarrollo social (que los incorporen al circuito verde de gestión). La cooperativa El Ceibo (cuyo accionar se explicó en “Actores”), es un buen ejemplo de cómo mediante capacitación y trabajo se pueden mejorar las condiciones de vida de este grupo.

Los chatarreros, en general, tienen mayores volúmenes y mayor escala económica que los cartoneros. Éstos también verán su actividad afectada negativamente por la disminución de volúmenes. Sin embargo, pueden jugar un rol muy importante en la mejora de la gestión de RAEEs: pueden funcionar como desensambladores, junto con los Servicios Técnicos, de los grandes RAEEs, para lo que deberán profesionalizarse y llevar registros de lo realizado.

El proyecto se enfoca en dos tipos de RAEEs, los RAEEs-TIC (productos electrónicos de la tecnología de la información), debido al alto porcentaje de residuos peligrosos que contienen y los grandes electrodomésticos (de aquí en más: “RAEEs-GE”), ya que debido a su peso y dificultad de manipulación poseen volúmenes de tratamiento formal muy reducidos.

Para los RAEEs-TIC, se propone la entrega voluntaria de los usuarios en puntos de recolección estratégicos de la Ciudad de Buenos Aires. Para los grandes electrodomésticos, se implementará un sistema de recolección puerta a puerta.

En cuanto a los volúmenes, se considera que el volumen a tratar de grandes electrodomésticos es el doble que el de RAEEs-TIC. En el diagrama siguiente se muestra el esquema del proyecto propuesto:

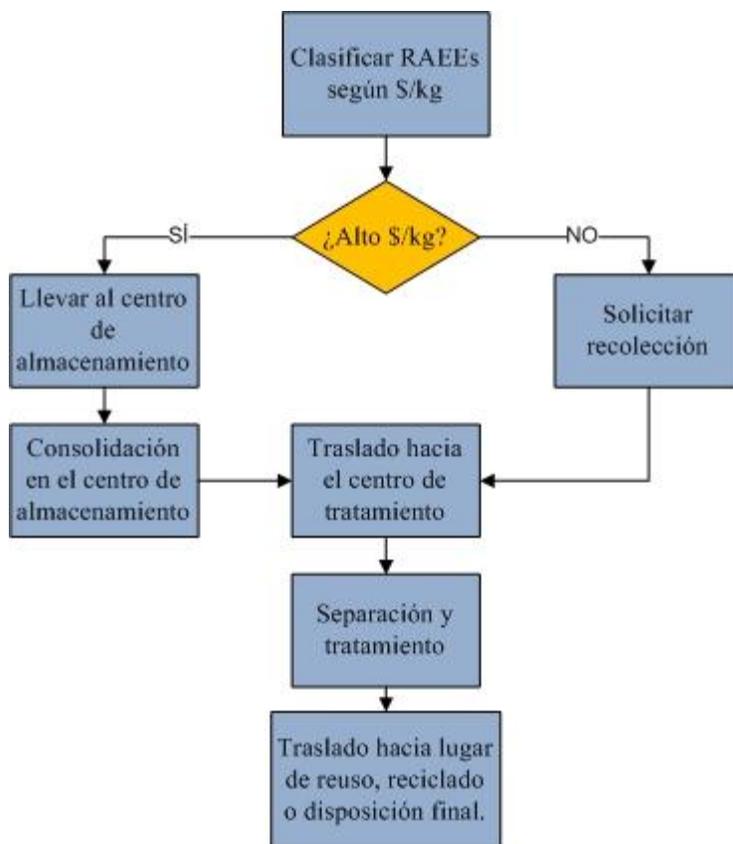


Diagrama 5.1 - Proyecto RAEEs

Los pequeños electrodomésticos pueden ser fácilmente trasladados y valorizados. Es mucho más fácil que el cliente los lleve hasta un Servicio Técnico o Remate de Segunda Mano. Entonces, para tratar este tipo de residuos, se recomienda formalizar las transacciones de estos actores, creando un Registro Nacional de aparatos eléctricos y electrónicos.

5.2 RAEEs-TIC: Recolección y logística

Como fue mencionado con anterioridad, es necesario realizar una separación entre los RAEEs-TIC y el resto de los RAEEs. Esta porción de residuos está compuesta por aparatos en desuso provenientes de la tecnología de la informática y las comunicaciones como computadoras de escritorio, laptops, monitores, teclados y teléfonos celulares. Son los RAEE de mayor crecimiento en los últimos años y tienen valor comercial, pudiendo ser reacondicionados y volcados nuevamente en el mercado o desarmados, ya que algunos de sus componentes tienen elevados precios de comercialización.

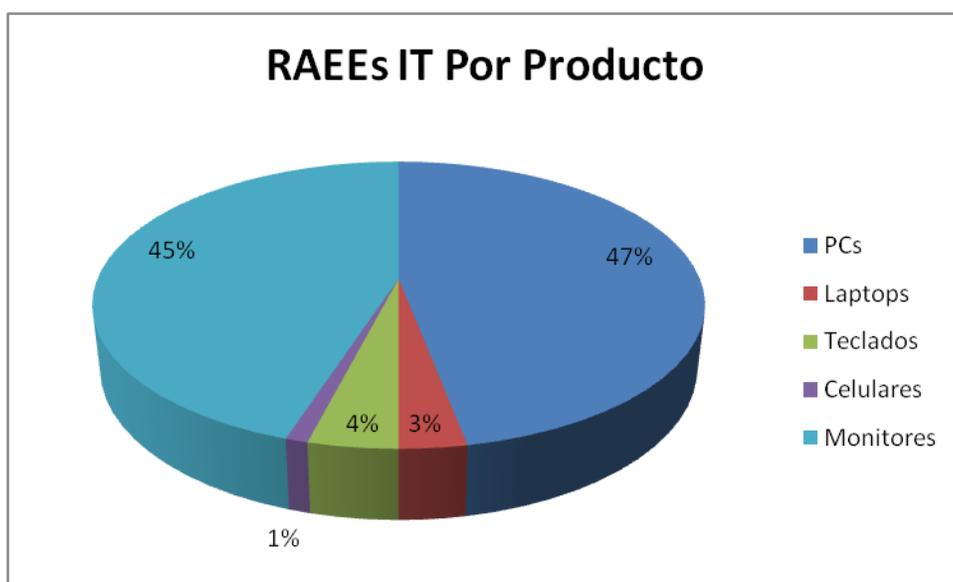


Gráfico 5.1 - RAEEs-TIC por producto

De acuerdo a los datos obtenidos de Greenpeace Argentina 2011, ese año se generaron alrededor de 45.000 toneladas de RAEEs-TIC en el país, con la distribución por producto indicada en el gráfico 5.1.

RAEEs-TIC por producto	Porcentaje	Toneladas
PCs	47%	21150
Laptops	3%	1350
Teclados	4%	1800
Celulares	1%	450
Monitores	45%	20250
Total		45000

Tabla 5.1 - RAEEs-TIC por producto. Fuente: Greenpeace Argentina, 2011.

A partir de estos datos, se obtienen los valores para la C.A.B.A. Se utiliza la distribución del parque de PCs como representativo de la distribución de los RAEEs-TIC. Se considera válida esta suposición debido al alto porcentaje que las PCs y sus accesorios (teclados y monitores) representan del total de RAEEs-TIC. De esta manera, se obtienen los siguientes valores por región:

Región	% parque de PCs	RAEEs-TIC Ton/año
CABA	17%	7799
Gran Bs. As.	35%	15854
Resto del País	47%	21150

Tabla 5.2 - RAEEs-TIC por región

5.2.1 Costo en punto de colección

Para la colección de este tipo de RAEEs se propone la instalación de centros de recolección, a los que la gente pueda acercarse para disponer de sus dispositivos eléctricos y electrónicos en forma segura. Se adopta el modelo comúnmente conocido como “drop-off”, en contraste con el “pick-up” que será utilizado para los RAEEs-GE para la comodidad de los usuarios.

Para el diseño de los centros de recolección, se han seguido los lineamientos planteados en la tesis “*The economics of electronics recycling: New approaches to extended producer responsibility*” (Philipp Bohr – Berlin 2007). En cada centro habrá una cantidad determinada de containers de 38 m³ de volumen cada uno, en los que se depositarán los RAEEs acercados al lugar. La razón por la cual se utilizan estos containers es la facilidad que presentan a la hora de transportarlos a la planta de tratamiento, siendo sencilla su maniobrabilidad por los camiones, lo

cual representa menores tiempos totales. Los containers tendrán las dimensiones que se muestran a continuación, ocupando la superficie señalada:

Dimensiones Container 38 m ³	
Longitud (m)	6
Ancho (m)	2,55
Alto (m)	2,65
Superficie/Container	15,3

Tabla 5.2 - Dimensiones del Container

De acuerdo a los estándares utilizados en Europa, se considera que cada container puede albergar 12 toneladas de dispositivos TIC. Utilizando 6 containers por centro, la capacidad de cada centro es de 72 toneladas (se considera que los containers se transportarán una vez al mes a la planta de tratamiento, por lo que este valor corresponde a una capacidad de 72 toneladas mensuales). Teniendo en cuenta que el volumen a tratar de RAEEs-TIC es de 650 ton/mes, se necesitan 9 centros de recolección. Llegado el fin de mes, los containers serán transportados a la planta de tratamiento, vaciados y regresados a los centros de recolección.

Para esto, se adoptan las siguientes hipótesis:

1. La generación de RAEEs-TIC en la Ciudad de Buenos Aires se distribuye uniformemente a lo largo del año (sin estacionalidad).
2. Cada centro procesa el mismo volumen.

Toneladas RAEEs-TIC mensuales	Capacidad de containers (ton)	Containers por centro	Capacidad del centro (ton/mes)	Cantidad de centros
650	12	6	72	9

Tabla 5.3 - Centros necesarios

Por otro lado, se tienen en cuenta los costos más importantes representados por cada uno de los centros:

Costo Mensual Por Centro	
Mano de obra	\$54.000
Alquiler	\$18.087
Costos operativos	\$4.124
Costos infraestructura y mantenimiento	\$6.599
Costo Equipos Manipuleo	\$8.249
Costo Mensual Container (\$/un)	\$200
Costo mensual containers (x6)	\$1.203
Costo Mensual Por Centro	\$92.262

Tabla 5.4 - Costos mensuales por centro

Los costos de mano de obra se calcularon teniendo en cuenta que que trabajan 3 empleados por centro en forma part-time (6 horas diarias), 5 días por semana, cada uno con un sueldo estimado de \$6000/mes. Por otro lado, de acuerdo a las dimensiones de los containers a utilizar, cada uno ocupa unos 15,3 metros cuadrados. Además se han incluido los espacios necesarios para el manejo de los equipos, áreas de carga y descarga y espacios para oficinas. Con todo esto, se estimó la superficie necesaria para cada centro y así se dimensionó el costo del alquiler. Los costos operativos y de infraestructura y mantenimiento se refieren a los servicios necesarios para poder operar normalmente, como agua, energía, y cualquier otro material necesario para mantener en condiciones regulares cada centro. Los costos de equipos de manipuleo se refieren a equipos como forklifts y otros necesarios para el movimiento de materiales. Por último, se calculó un costo mensual para los 6 containers del centro, en base a su valor y a los meses de amortización.

Una vez calculados los costos mensuales por centro, se procede a calcular un costo por kilogramo referido a la recolección de los residuos. Para esto, de acuerdo al costo unitario por centro y teniendo en cuenta que se dispondrá de 9 centros con un total de 650 toneladas por mes, se llega al siguiente costo por kg:

Costo Recolección IT Por Kg	
Costo Mensual (1 centro)	\$92.262
Cantidad de centros	9
Costo Total Mensual	\$830.358
Toneladas Mensuales Recolectadas	650
Costo por kg (\$/kg)	\$1,28

Tabla 5.5 - Costos de Recolección para RAEEs-TIC por kg

5.2.2 Recolección aprovechando infraestructura existente

Se estudia la conveniencia de aprovechar la infraestructura y los programas existentes en la Ciudad de Buenos Aires para mejorar el proyecto.

Actualmente, ésta cuenta con 7 centros verdes dedicados a separar y clasificar los residuos provenientes de los contenedores de sus respectivas zonas y también lo recolectado por los recuperadores de la zona de micro y macro centro.

El lugar permite que los cartoneros, organizados en cooperativas de recuperadores urbanos, realicen la tarea de selección de los residuos reciclables bajo techo y en un espacio apto en materia de condiciones de higiene y de seguridad. Estos puntos verdes se encuentran ubicados en Barracas, Retiro Norte y Villa Pueyrredón, entre otros.

Se pueden aprovechar los recursos disponibles (mano de obra, “know-how”, terrenos) para reducir los costos del proyecto.

Uno de los puntos más importantes a tener en cuenta, es que los cartoneros realizan la separación de los materiales reciclables de los residuos. Se podría también requerirles que identifiquen y separen los aparatos eléctricos y electrónicos para evitar que los mismos sean enviados a rellenos sanitarios junto con el flujo de basura ordinario.

Es una manera directa de atacar el problema de la mezcla de los RAEEs con los residuos sólidos urbanos comunes, una vez cometido el error de disponerlos juntos. Sería una acción de corrección para todos aquellos casos en que no se lograra que la separación se haga en el consumidor final.

Se propone usar como centros de almacenamiento, los centros verdes ya existentes, realizando las modificaciones necesarias. De esta manera, de los 9 centros necesarios, 7 formarán parte de los centros verdes ya existentes, que deberán adaptarse para poder manejar estos residuos.

El costo mensual de estos 7 centros sería inferior al del proyectado en el apartado anterior, principalmente por la disponibilidad del espacio, lo que eliminaría el costo de alquiler, y la mayor disponibilidad de mano de obra a un costo inferior, por el aporte de los cartoneros. Los ahorros por centro pueden estimarse como proporcionales al peso de cada componente (alquiler y mano de obra) en el costo total, con un 20% correspondiente al alquiler y un 58% correspondiente a la mano de obra. Posteriormente, los residuos seguirán el curso descripto anteriormente, siendo transportados hacia la planta de tratamiento ubicada en Quilmes.

Cabe hacer una mención especial para el Centro Verde Móvil. El mismo recorre la Ciudad recogiendo los materiales reciclables separados por los vecinos. Una vez que los recibe, los materiales son pesados por el personal del Centro, que le entrega al vecino un ticket con información sobre la cantidad de material que recicló y un número con el que podrá participar de un sorteo mensual de bicicletas. Luego, es el propio vecino el que deposita cada material en el recipiente correspondiente.

Los materiales que recibe el Centro son llevados a las plantas recicladoras o a los Centros Verdes de la Ciudad para ser reintroducidos como insumos para las diferentes industrias.

Por un lado, se logra llegar a más personas, ya que la disponibilidad y el fácil acceso al centro son ventajas en comparación con los centros fijos que pueden quedar a trasmano. Por otro lado, el centro es en sí mismo un elemento de publicidad constante para las políticas ambientales. Por lo que se explicó previamente acerca de la importancia de la publicidad y la generación de conciencia social para el éxito del programa, es de valor agregado contar con este centro móvil.

Este centro logró recolectar 3 toneladas de material reciclable desde Octubre 2012 hasta la fecha. A continuación se puede ver un desglose de los principales materiales recibidos:

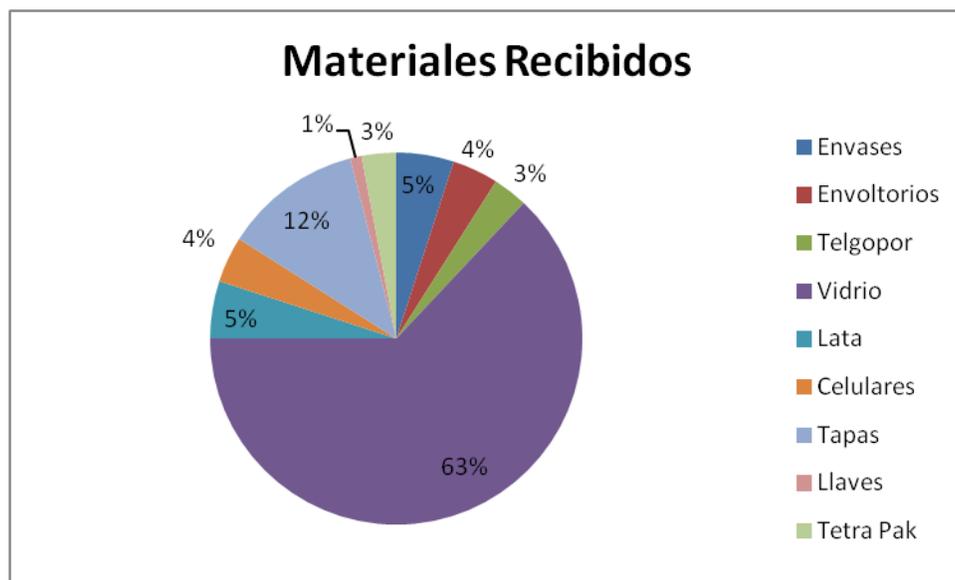


Gráfico 5.2 - Materiales Recibidos en el Centro Verde Móvil

Esta información se encuentra disponible en la página oficial de la Ciudad de Buenos Aires y el principal material recibido es el vidrio con el 67% del kilaje. Le sigue el plástico con un 5% y en tercer puesto los celulares con el 4%.

El análisis de esta información crea un marco favorable para el desarrollo del proyecto, ya que los principales materiales recibidos pueden ser procesados en la planta de Quilmes. El alto porcentaje de celulares muestra la necesidad de un sistema para tratar este tipo de residuos y muestra una actitud colaborativa por parte de los ciudadanos.

5.2.3 Transporte

Para estimar los costos de transporte desde los 9 centros de recolección hasta la planta de tratamiento ubicada en el parque industrial de Quilmes, se consideró que el servicio será

contratado a una empresa dedicada a este tipo de traslados. Los camiones deben ser aptos para transportar los containers con una carga máxima de 12 toneladas y será necesario que puedan transitar por áreas urbanas de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Para esto, serán necesarios para el transporte camiones de tipo chasis, capaces de soportar la carga indicada.

La distancia promedio estimada entre la planta de tratamiento y cualquiera de los centros de recolección fue de 35 km, valor que se estimó considerando el baricentro poblacional de la C.A.B.A., cuyo cálculo se detalla en el Anexo II. Se consideraron las dimensiones de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, teniendo en cuenta que los centros de recolección estarían distribuidos de forma tal de cumplir con la segunda hipótesis planteada al estimar los costos de los centros (todos los centros tienen la misma demanda). Además, se tuvo en cuenta un *detour factor* (1,2), el cual contempla posibles desvíos o rutas alternativas que el transportista tenga que tomar por causas de fuerza mayor. Por otro lado, consultando a distintas empresas transportistas se obtuvo un costo promedio de \$21/km, como se muestra en la tabla 5.6:

Datos Transporte	
Distancia Promedio (km)	35
Costo por km (\$/km)	21

Tabla 5.6 - Datos para los cálculos de transporte

Como ya se mencionó, se optó por un programa en el que los containers son llevados a la planta todos los meses, por lo que serán necesarios 6 viajes de ida y 6 de vuelta por cada centro, en cada mes. De esta manera, se obtuvieron los costos anuales de transporte mostrados a continuación, los cuales contemplan los costos anuales para los 9 centros. Además, se calculó el costo por kilogramo equivalente, de acuerdo a los volúmenes transportados desde los centros de colección hasta la planta de tratamiento.

Costo Transporte	
Distancia promedio (km)	35
Toneladas transportadas por mes (por centro)	72
Viajes por mes (por centro)	6
Km mensuales recorridos (por centro)	420
Costo mensual por centro	\$8.820
Costo mensual total (9 centros)	\$79.380
Costo Anual Transporte (9 centros)	\$952.560
Costo por Kg	\$0,12

Tabla 5.7 - Costos de transporte para RAEEs-TIC

5.3 Grandes Electrodomésticos

5.3.1 Sistema de Recolección

Tiempo y forma: el usuario solicita la recolección del residuo por teléfono o mediante una página web creada para dicho fin. Se mantiene un registro de los pedidos y se los clasifica por sector geográfico. El camión hace un recorrido cuando se puede llenar con lo recogido en un radio de 10 cuadras (se comienza con este valor y se ajusta dependiendo de la flota y la demanda del servicio, a medida que se implementa el sistema). El vehículo es tripulado por un conductor y un acompañante. Ambos deben tener equipo y entrenamiento para cargar objetos pesados. El precio que debe pagar el consumidor se pacta de antemano, para evitar que los transportistas deban tasarlo (para lo que deberían tener conocimientos al respecto) y para que el consumidor no decida en el momento del traslado que no entregará el objeto.

Los objetos recolectados son llevados directamente al centro de tratamiento. Ya que el camión debe estar lleno (o lo más lleno posible), no tiene sentido pasar por el centro de almacenamiento, porque esto incrementaría el recorrido del residuo, sin agregar ningún valor.

Tecnología (camiones): se usarán camiones simples, del tipo semirremolque. (Peso máximo bruto: 16,5 toneladas). No se podrá aprovechar el peso máximo disponible ya que los grandes electrodomésticos ocupan el volumen de manera menos eficiente que los RAEEs-TIC. Se deben llevar los elementos necesarios para cargas pesadas, como rampas, trabas y elásticos para asegurar la carga. Se debe buscar la mayor eficiencia energética posible, de manera de minimizar el impacto ambiental y los costos de transporte, para lo que se debe capacitar a los conductores en formas de manejo y optimizar los recorridos.

5.3.2 Flota de camiones

Es la flota que se requiere para llevar los RAEEs-GE de cada domicilio particular hasta el centro de tratamiento.

Volumen RAEEs-GE (ton)	15.728
Capacidad de carga del camión (ton)	16,5
Porcentaje de ocupación promedio	0,3
Uso real del camión (toneladas)	4,95
Días hábiles al año	200
Turnos por día por camión	2
Ton. Transportadas por camión por año	1980
Flota necesaria	8 camiones

Tabla 5.8- Flota de camiones necesaria para grandes electrodomésticos

Se considera la capacidad potencial y real de carga del camión y la cantidad de turnos necesarios para manejar el volumen. Considerando que el camión se usa en un 30% del peso (debido a que los objetos son voluminosos y necesitan tiempo para cargarse y descargarse), 200 días hábiles al año y 2 turnos por día por camión, se necesitan 8 camiones para llevar los grandes electrodomésticos al centro de tratamiento.

5.3.3 Costos de transporte

Para transportar los grandes electrodomésticos se consideran los mismos costos por km y distancia que para los RAEE IT, obteniéndose:

Precio por km (\$/km)	21
Distancia baricentro – Quilmes (km)	35
Viajes (8 camiones)	6400
Costos	\$4.704.000
Costo por kg	\$0,3

Tabla 5.9 - Precio por kg para grandes electrodomésticos

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Se puede observar que el costo de transporte de los grandes electrodomésticos es bastante superior al de los RAEEs-TIC. Esto se debe a la gran inutilización de los camiones debido a que son voluminosos y difíciles de manejar.

De esta manera se obtienen los costos totales de transporte, de acuerdo a lo expuesto para RAEEs-TIC como para grandes electrodomésticos:

	Costo de Transporte Total	Costo de Transporte por Kg
Costo de transporte RAEEs-TIC	\$952.560	\$0,12
Costo de transporte RAEEs G.E.	\$4.704.000	\$0,30
Costo total anual	\$5.656.560	\$0,24

Tabla 5.10 - Costo de Transporte del Proyecto

5.4 Localización

Para comenzar el estudio de macro y micro entorno es necesario describir algunos conceptos relacionados con la cultura ecológica del país y las restricciones jurídicas y gubernamentales existentes.

Argentina es uno de los países que en los últimos años ha demostrado mayor interés por mejorar el aspecto ecológico a nivel mundial. Esto se ha dado por distintas causas, entre las cuales se destaca, el calentamiento global y la cercanía existente del agujero de la capa de Ozono actual al territorio Nacional. Recientemente Argentina ha recibido menciones importantes relacionadas al control de emanación de gases contaminantes y tiene entre sus objetivos a corto plazo, continuar elaborando nuevas técnicas y un mayor control de la basura liberada al medio ambiente.

La Ciudad de Buenos Aires, actualmente gobernada por el partido político “Propuesta Republicana” (PRO), ha desarrollado el programa Ciudad Verde, que busca fomentar la cultura del reciclaje y el cuidado del medio ambiente. Las bici-sendas y el alquiler de bicicletas gratuito, los nuevos tachos de basura inviolables y clasificadores y los centros verdes móviles son claros ejemplos de la tendencia actual. Se considera que un programa que se adapte a esta cultura y represente los mismos valores será bien recibido.



Ilustración 5.1 - Políticas ambientales en la C.A.B.A.

5.4.1 Macro-localización

Entre las ventajas que poseen los parques industriales, se pueden mencionar la disponibilidad de terrenos grandes, los servicios públicos (luz, agua, gas, etc.) y los descuentos impositivos.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Los principales parques industriales en las zonas cercanas a la C.A.B.A. están instalados en las zonas de Quilmes, Pilar, Zárate y Campana, en la Provincia de Buenos Aires.

Se debe tener en cuenta que en la planta de tratamiento se desarmarán los RAEEs y por lo tanto los residuos pasarán a ser peligrosos. Entonces, se necesita contar con un espacio en el que se puedan manipular estas sustancias. Por este motivo, se descarta la posibilidad de ubicar el centro de tratamiento en una zona urbana.

Si bien el Parque Industrial de Pilar es el que actualmente se encuentra más desarrollado y el que más empresas eligieron para instalarse, las grandes distancias entre el mismo y los puntos elegidos en la capital como centros de recolección harían los costos de transporte muy altos. Entonces, se decide instalar la futura planta en el Parque Industrial Tecnológico de Quilmes.

A continuación, se muestra ver una imagen satelital del Parque, que cuenta con lotes libres para la compra o alquiler.



Mapa 5.1 - Parque Industrial Tecnológico de Quilmes

5.4.2 Micro-localización

Dentro del análisis de micro-localización, existen distintos criterios que se deben tener en cuenta para determinar el lugar específico en el que se desarrollarán las actividades.

El primero de estos es la disponibilidad de los servicios públicos en las distintas opciones posibles de instalación. La red de servicios públicos en el Parque está diseñada de manera tal que responda sin problemas a las necesidades de los procesos de desarmado y tratamiento. Incluye seguridad privada, seguridad e higiene, agua, electricidad, gas e internet.

Otro punto de análisis está dado por la disponibilidad de la mano de obra existente en la zona y el transporte disponible para aquellos que no vivan cerca de la misma. La mano de obra necesaria en para el proyecto no requiere un alto grado de especialización, por lo que no será de dificultad encontrar gente a emplear y no serán necesarios grandes gastos en viáticos, capacitación, etc.

Con respecto a la accesibilidad de camiones a la zona, hay muchas empresas dedicadas a la logística y producción de bienes que necesitan camiones para transportar la materia prima o productos, que se encuentran instaladas en el lugar, por lo que no sería de mayor problema el acceso de los camiones que lleven los RAEEs desde los puntos de recolección.

Se requiere un predio 2400 metros cuadrados, con una cantidad de 1500 metros cuadrados cubiertos, 2 oficinas y vestuario para los empleados. El valor de este terreno es de 800.000 dólares para la compra o 43.000 pesos mensuales de alquiler.

5.5 Planta de Tratamiento: Lay-out

A continuación se presenta un esquema de layout tentativo para la planta de tratamiento de RAEEs. Para el mismo se consideraron las siguientes áreas o sectores:

- Recepción
- Separación
- Desmantelamiento
- Trituración
- Tratamiento Final
- Depósito Final
- Despacho
- Oficina
- Vestuarios
- Comedor

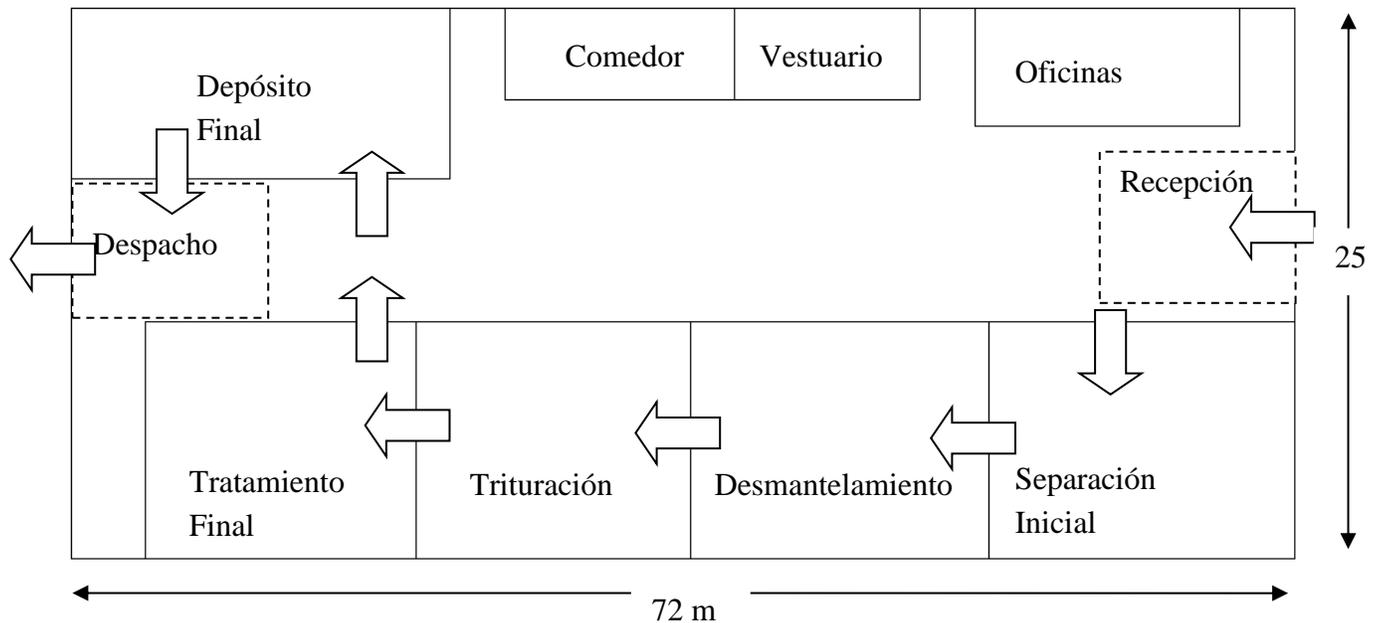


Ilustración 5.2- Layout de la planta de tratamiento.

La disposición de los sectores en la planta se lleva a cabo de forma tal de optimizar el flujo de los materiales a lo largo de los procesos. También se separan las áreas administrativas y de servicios, representadas por las oficinas, vestuario y comedor, del proceso en sí. Debido a los grandes volúmenes de recepción de RAEEs proyectados, es fundamental un área de separación inicial para realizar una organización preliminar de los componentes. Por otro lado, el depósito final también es de primordial importancia para poder mantener controlado el stock de componentes y materiales valorizables extraídos de los residuos, y así facilitar su venta. También se deja suficiente espacio cubierto libre como para habilitar y facilitar la libre circulación de equipos de manipuleo.

La planta cuenta con 1500 m² cubiertos, con las dimensiones indicadas en el layout (25 m x 72 m).

5.6 Costos de la Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento ubicada en el Parque Industrial de Quilmes recibirá mensualmente los RAEEs provenientes de grandes electrodomésticos y los provenientes de los aparatos de TIC. Los primeros son recolectados por camiones puerta a puerta y trasladados directamente hacia la planta y los segundos son acercados a los 9 centros de recolección distribuidos uniformemente en el territorio de la Capital Federal. De esta manera, se estiman los siguientes volúmenes mensuales y anuales en toneladas que serán recibidos en la planta:

Planta de Tratamiento	
Grandes Electrodomésticos (ton/mes)	1311
RAEEs-TIC (ton/mes)	650
Total mensual (ton/mes)	1961
Total anual (ton/año)	23528

Tabla 5.11 - Toneladas a tratar en la planta

Es importante aclarar que estos volúmenes se estimaron para el escenario en que se captaran todos los residuos generados, es decir, con un 100% de efectividad en la recolección de RAEEs. A pesar de ser el mismo un escenario ideal, la planta estará dimensionada para un máximo de capacidad, por lo que podrá operar sin problemas para una demanda menor. Además, al considerar la máxima demanda para dimensionar los distintos costos del sistema de gestión propuesto, se castiga al proyecto por lo que cualquier otro escenario será más favorable que este.

De esta manera, la demanda anual total para la planta sería de 23.528 toneladas, representada en un 67% por grandes electrodomésticos y el restante 33% por los RAEEs-TIC. Antes de realizar una estimación de los costos operativos y de capital necesarios para funcionar correctamente, se procede a describir el proceso llevado a cabo en las instalaciones del predio de Quilmes:

Una vez en la planta de reciclaje, los RAEEs comienzan un proceso que se divide en tres secciones componentes: el desmontaje y descontaminación de los residuos, los tratamientos de transformación física y finalmente extracción de materia prima y componentes reutilizables.

El primer nivel de tratamiento tiene una componente manual importante, ya que requiere del desensamble de los aparatos y la separación de sus partes no deseadas. Las lámparas, baterías, cables y el resto de los componentes eléctricos son eliminados de los aparatos al comienzo del proceso de reciclaje. Posteriormente, se extraen las sustancias consideradas peligrosas como el mercurio de los interruptores, los tubos de rayos catódicos o los condensadores.

Entre otras, esta primera sección de procesamiento consta con las siguientes actividades de descontaminación:

- Eliminación de todos los líquidos y gases.
- Desmantelamiento manual.
- Separación

A la salida de esta etapa, se obtienen por un lado la basura peligrosa como el mercurio, TRC y baterías. Por otro lado se obtiene la basura descontaminada separada que no es peligrosa como el plástico, placas de circuitos electrónicos y cables.

Una vez desensamblados y limpios los aparatos, continúan hacia el segundo nivel del proceso. En el mismo se da la transformación física de los elementos por medio de procesos de trituración y martilleo. Luego de este proceso, se separan los restos en 4 categorías: metales ferrosos, no ferrosos, vidrios y plásticos. A continuación se listan los principales procesos de separación.

- Tratamiento de TRC – separación de embudos y vidrios de la pantalla
- Separación electromagnética
- Separación por corrientes de Foucault
- Separación densa usando aire o agua

Las dos principales tareas de este nivel son el martilleo y trituración, hechas con el fin de reducir el tamaño de los residuos.

En la tercera etapa se contemplan los procedimientos específicos sobre cada tipo de material para poder extraer algunas materias primas finales que van a poder entrar en el mercado de reventa como resultado final del reciclaje. Ninguno de estos procedimientos es realizado en la Argentina a excepción de los tratamientos del plástico. Las placas de circuitos electrónicos, por ejemplo, son clasificadas y enviadas a otros países que cuentan con centros de reciclaje que permiten realizar estos procedimientos con tecnología avanzada.

Los metales, ya sean de hierro o no, pueden reciclarse indefinidamente porque nunca pierden sus propiedades. Los metales de hierro reciclados se usan en la industria del acero. Tras la purificación y fundición de los metales que no son de hierro -cobre, estaño, zinc y los metales preciosos como el oro y la plata- se reciclan y sirven para fabricar cables y nuevos componentes eléctricos.

El vidrio, una vez limpio y triturado, se reutiliza para las pantallas de televisión y ordenador, entre otros usos.

Los plásticos recuperados se transforman en pequeñas partículas que se limpian y secan, y que a su vez se transforman en gránulos que adquieren un nuevo color. Estos materiales se reutilizan para la industria de los muebles y automóviles.

Este proyecto constará solo de las dos primeras etapas del proceso de tratamiento, es decir que se desmantelarán los equipos, se separarán sus elementos utilizables y peligrosos, se triturarán y se separarán los materiales componentes para luego venderlos a las distintas industrias que lo utilicen como materia prima para sus procesos productivos.

En primer lugar, se consideraron los costos operativos necesarios para que la planta funcione correctamente, representados por los de mano de obra, servicios y mantenimiento como se muestra a continuación:

Costos Operativos Mensuales	
Mano de Obra	\$ 853.000
Servicios	\$ 1.976
Mantenimiento	\$ 124.007
Costos Operativos Totales	\$ 978.984
Costo Operativo por Kg	\$0,50

Tabla 5.12 - Costos operativos mensuales de la planta

Para dimensionar la mano de obra se consideraron niveles operativos, técnicos y gerenciales. Es importante destacar que la mano de obra es fundamental en el proceso ya que hay varias etapas que dependen exclusivamente de la cantidad de operarios disponibles. De esta manera, los costos de mano de obra representan más del 87% de los costos operativos mensuales de la planta.

En segundo lugar, se consideraron las inversiones necesarias en capital para llevar adelante el proyecto. Esto incluye la compra del predio ubicado en el Parque Industrial de Quilmes, valuado en USD \$800.000, el cual incluye instalaciones básicas como oficinas y vestuarios para los operarios. En el predio se instalarán las líneas necesarias con las maquinarias adecuadas para desensamblar los RAEEs y tratarlos como corresponde para poder obtener al final del proceso las materias primas separadas para así venderlas. Por otro lado, se consideró la necesidad de emplear maquinaria de manipuleo, especialmente para los containers en los que arriban los RAEEs-TIC. Esto incluye las grúas, apiladoras y manipuladoras telescópicas necesarias para el correcto manejo de los materiales. Por último, se tuvieron en cuenta los costos relacionados a los elementos de oficina necesarios para un normal funcionamiento.

Inversiones en Capital	
Maquinaria	
Inversión Maquinaria	\$ 41.174.000
Período depreciación (años)	10
Depreciación anual instalaciones	\$ 4.117.400
Predio	
Inversión Predio (oficinas, vestuario, galpón)	\$ 4.224.000
Período depreciación (años)	15
Depreciación anual predio	\$ 281.600
Equipo de trabajo	
Equipos de manipulación	\$ 2.367.505
Elementos de oficina	\$ 189.695
Período depreciación (años)	3
Depreciación anual equipos trabajo	\$ 852.400
Inversión Total Planta	\$ 47.955.200
Costos Inversión	
WACC	13%
Costos financieros	\$ 6.234.176
Inversión Anual + Costos Financieros	\$ 11.485.576
Costo de Capital por Kg	\$ 0,49

Tabla 5.13 - Inversiones para la planta de tratamiento

Como se muestra en la tabla 5.13, se considera que el gobierno puede endeudarse a una tasa menor que la promedio del mercado. De esta manera, se llega a una tasa WACC del 13%, la cual genera costos financieros anuales por \$6.234.176. Además, teniendo en cuenta los períodos de depreciación de cada uno de los bienes de capital, se obtiene un costo total anual de \$11.485.576 para tratar las 23.528 toneladas anuales de RAEEs-TIC y grandes electrodomésticos, en el escenario planteado para una recolección del 100% de residuos generados.

Por último, se tienen en cuenta una serie de costos que pueden ser agrupados bajo la denominación de “Costos Varios” y son esenciales para concientizar a la población y, de esta manera, aumentar la participación en el programa. También se incluyen costos de investigación y desarrollo para tener conocimiento y acceso a las últimas tecnologías y sistemas relacionados a este tipo de residuos.

Costos Varios	
Administración	\$ 3.685.191
I+D	\$ 3.070.993
Publicidad	\$ 3.685.191
Legales	\$ 1.842.596
Total Anual	\$ 12.283.971
Costo por Kg	\$ 0,52

Tabla 5.14 - Otros costos

Como se puede ver, se ha puesto especial foco en la publicidad y la investigación. Ambas son fundamentales para el futuro de estos residuos ya que la cooperación de la gente sumada a un conocimiento profundo y detallado, serán las bases para la solución de esta problemática, como lo es en Europa.

Finalmente, se llega a un costo total anual y costo por kilogramo para la gestión completa de los residuos de TIC y grandes electrodomésticos, considerando las etapas mencionadas anteriormente, de acuerdo a los costos estimados para cada una de ellas, en el escenario ideal de captación total de residuos.

Costos	Costo	Costo por kg
Costo Recolección	\$ 9.964.295	\$ 1,28
Costo Transporte	\$ 5.656.560	\$ 0,42
Costo de Capital	\$ 11.485.576	\$ 0,49
Costo de Operación	\$ 11.747.803	\$ 0,50
Costos Varios	\$ 12.283.971	\$ 0,52
Costo Total Anual	\$ 51.138.205	\$ 3,21

Tabla 5.15 - Costos totales

Como se puede observar en la tabla 5.15, el costo anual para el sistema de gestión de RAEEs asciende a alrededor de 50 millones de pesos. Los costos más significativos son los de operación y representan el 30% del costo total. Esto se debe a que la mano de obra tiene alta influencia en la planta, especialmente en el desensamblado. Por otro lado, los costos de recolección son los menos influyentes, representando el 11% de los costos totales. Estos costos se refieren exclusivamente a los generados para captar los RAEEs-TIC, mediante los distintos centros de recolección ubicados en la Capital Federal. Los costos de transporte se refieren al transporte de los RAEEs-TIC desde los centros de colección hasta la planta en Quilmes y el transporte de los grandes electrodomésticos, puerta a puerta, hasta la planta de tratamiento. Los costos varios,

como se explicó, incluyen investigación y desarrollo y publicidad que son fundamentales para el futuro de los residuos en el país. Por último, los costos de capital incluyen los costos financieros tomando una tasa WACC del 13% para las financiar las inversiones de capital y las depreciaciones correspondientes de los bienes. Es fundamental para el proyecto la posibilidad del gobierno de endeudarse a una tasa relativamente baja ya que esto tiene un impacto directo en los costos totales del proyecto, lo cual puede poner en peligro su viabilidad.

5.7 Ingresos

Son las ganancias debido a la venta de materiales separados: metales ferrosos y no ferrosos, plástico, vidrio y las placas de circuitos. Esta sección está dedicada al análisis de los volúmenes generados y su comercialización en el mercado actual.

Para realizar el análisis se siguió la misma división de RAEEs que se tomó para dimensionar el sistema de recolección: residuos TIC y electrodomésticos. La siguiente tabla muestra el porcentaje de composición en peso de los materiales que se piensan vender.

Material	Porcentaje de composición	
	Electrodomésticos	TIC
Aluminio	14%	5%
Plata	0,0000077%	0,0012%
Cobre	9%	4%
Plásticos	19%	12%
Vidrio	0,017%	0,30%
Placas	4%	5%

Tabla 5.16 - Composición de RAEEs del proyecto

Si bien el aluminio y el plástico son los principales componentes de ambos tipos, como veremos a continuación su valor de venta no representan el ingreso más importante para el proyecto.

Los valores de venta del mercado actual se consiguieron de la fuente *Recycler's World* y de recicladores locales. Los montos por kilogramo son los siguientes:

Material	Precio venta AR\$/kg
Aluminio	2,25
Plata	3500
Cobre	30
Plásticos	1,2
Vidrio	1,5
Placas	5,3

Tabla 5.17 - Precios de venta de los materiales recuperables

La combinación de precio y porcentaje de cada tipo de material hace que el cobre sea el más la mayor fuente de ingresos del proyecto. Si bien su porcentaje de composición no es el mayor, su precio de venta lo hace imprescindible para la viabilidad económica. Todo el cableado de los residuos contiene este metal por lo que su presencia en la planta recicladora no se verá comprometida y su obtención y limpieza es uno de los procesos más simples.

A partir de los volúmenes proyectados anuales de RAEEs-TIC y electrodomésticos, se calculó la cantidad en kilogramos de cada material componente y se lo afectó por su precio de venta para obtener los ingresos generados por el reciclaje. Si bien los costos de dimensionamiento del sistema se realizaron para una captación del 100% de los residuos generados en la C.A.B.A., al proyectar costos reales y también ganancias se consideró un crecimiento gradual de “*market share*” captado que comienza en 20% y crece hasta el 50% en un período de 5 años. A partir del quinto año los ingresos y costos se consideran constantes.

Se muestra a continuación los ingresos que se obtendrían por la venta de los materiales componentes si se abarcara el 100% de lo generado.

Material	Ingresos AR\$	
	Electrodomésticos	TIC
Aluminio	4.954.320	877.500
Plata	4.239	327.600
Cobre	42.465.600	9.360.000
Plásticos	3.585.984	1.123.200
Vidrio	4.011	35.100
Placas	3.334.336	2.067.000
Ingreso Anual	54.348.489	13.790.400
Ingreso Anual Total	68.138.889	

Tabla 5.18 - Ingresos del programa

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

A partir de este número, se calcula el ingreso por ventas anual, teniendo en cuenta el porcentaje de RAEEs alcanzado. Los costos totales anuales también fueron afectados por este porcentaje y a partir de la diferencia de ambos totales se calculó la ganancia esperada.

Porcentaje de Alcance	20%	30%	40%	45%	50%
Costos	\$23.674.877	\$26.607.121	\$29.683.154	\$31.275.093	\$32.902.979
Ingresos por Ventas	\$13.627.778	\$20.441.667	\$27.255.556	\$30.662.500	\$34.069.445
Ganancia AR\$	\$-10.047.099	\$ -6.165.454	\$ -2.427.599	\$ -612.593	\$ 1.166.466

Tabla 5.19 - Ganancia según alcance

Como se puede observar en la tabla 5.19, es imprescindible lograr alcanzar como mínimo un 50% de los residuos generados en la Ciudad de Buenos Aires. Si no se lograra esto, el proyecto devolvería una constante necesidad de inversión por parte del Gobierno y no es el objetivo del programa.

Por este motivo se hizo hincapié en la importancia del programa de concientización y la necesidad de la inversión en Marketing y Publicidad, que asciende al 7% de los costos totales anuales.

Una vez alcanzado este nivel de residuos recolectados, el programa no solo hará una mejora a la sociedad sino que también será beneficioso y traerá aportes económicos. Se debe lograr mantener una política de desarrollo que no se vea afectada por el importante nivel de inversión y pérdida que darán los primeros años del proyecto sino que mantenga el foco en el doble beneficio que se obtendrá una vez que el programa esté instalado y forme parte de la conciencia social.

Como se puede apreciar a partir del análisis realizado, el proyecto, que fue propuesto como uno de carácter ambiental y de salud, con el objetivo de brindar un servicio a los habitantes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ha demostrado ser un proyecto rentable a largo plazo. A pesar de que los primeros años no se llegan a cubrir los costos totales del sistema de gestión de RAEEs, en el quinto año captando solamente el 50% de los RAEEs, se llega a un ingreso estable de más de 2 millones de pesos. Esto es evidencia clara que los residuos eléctricos y electrónicos esconden grandes volúmenes de materiales altamente valorizables en el mercado, los cuales son desechados como si su valor fuera cero en la actualidad. Es recomendable, de todas formas, que todos los ingresos generados por el sistema de gestión de residuos sean reinvertidos tanto en instalaciones como en campañas de concientización de la población y en investigación y desarrollo para no perderle el paso al vertiginoso crecimiento de los RAEEs.

5.8 Aplicación del Proceso

A continuación, se da un ejemplo de los costos e ingresos para los RAEEs-TIC y para los RAEEs-GE.

5.8.1 RAEEs-TIC

En la primera categoría los costos ascienden a 2,91 AR\$/Kg y los mismos se detallan a continuación:

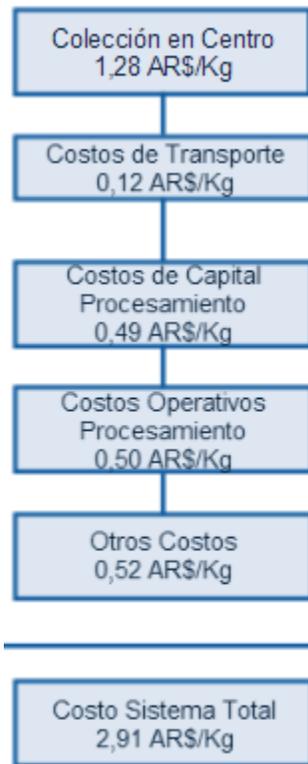


Gráfico 5.3 - Costos de Gestión de los RAEEs-TIC

Como residuo representativo, se toma una laptop estimando su peso en 2kg. A partir de lo previamente expuesto el costo de reciclaje sería 5,82 AR\$/Kg. A continuación se muestra la valorización de los materiales extraídos y reciclados de la misma:



Material	AR\$
Aluminio	0,225
Plata	0,084
Cobre	2,4
Plásticos	0,288
Vidrio	0,009
Placas	0,53
Ingreso	3,536

Tabla 5.20 - Valorización de materiales de los RAEEs-TIC

Se concluye que el transporte y reciclaje de los materiales de una laptop de 2kg trae aparejada una pérdida de 2,28 AR\$. La principal causa de esta figura es el alto costo de los centros de colección que representan casi el 50% del costo total.

5.8.2 Grandes Electrodomésticos

Por el sector de electrodomésticos se utiliza a modo de referencia una heladera, cuyo peso promedio es de 50 kilogramos. Su costo total asciende a 1,81 AR\$/Kg y se detalla a continuación:



Gráfico 5.4 - Costos de Gestión de los grandes electrodomésticos

A partir del peso del aparato, se calcula el ingreso estimado por la venta de los materiales reciclados del mismo:



Material	AR\$
Aluminio	15,75
Plata	0,013
Cobre	135
Plásticos	11,4
Vidrio	0,013
Placas	10,6
Ingreso	172,8

Tabla 5.21 - Valorización de materiales de los grandes electrodomésticos

El costo total de reciclaje será de 90,5 AR\$ y el Ingreso 172 AR\$. Se puede deducir que por un electrodoméstico promedio, se ganarían 81 AR\$. Aunque los costos de transporte sean más que el doble que el de los RAEEs-TIC, la eliminación de centros de recolección para este tipo de residuos los hace muy redituables. Su alto porcentaje de cobre los hace básicos para el éxito económico del proyecto y sus ingresos pueden cubrir las pérdidas de los RAEEs-TIC y apalancar el programa

5.9 La Minería y la Minería Urbana

La minería en Argentina es una actividad que ha crecido sustancialmente en los últimos años y no dejará de hacerlo, debido a las grandes inversiones en exploración. Estas empresas, generalmente de capitales extranjeros, cuentan con increíbles beneficios fiscales, otorgados a partir de la década de los 90. Dependiendo de la empresa, los materiales que se buscan extraer son:



Fuente / Source: Rojas & Asociados. 2012.

Gráfico 5.5 - Objetivos de las empresas mineras.

Sin embargo, los metales preciosos explotados (como el oro) se destinan principalmente a los sectores de joyería y monedas (lingotes) y sólo un 10% se destina a productos industriales.⁴¹

La recuperación de recursos minerales a partir de los RAEEs (o minería urbana) tiene dos grandes ventajas para el ambiente: permite reducir el impacto que se generaría al intentar obtener estos recursos en la forma usual y permite detener el impacto que estos residuos generan en la salud y el medio ambiente. Además, esta actividad puede ser altamente beneficiosa, tanto ambiental como económicamente.

Material	Extracción anual (Millones de dólares) ⁴²	Minería urbana de RAEEs (Millones de dólares) ⁴³	Porcentaje de recuperación
Oro	2481,27	12,46	0,5%
Plata	1578,99	1,85	0,11%
Cobre	1428,61	0,66	0,0005%

Tabla 5.22 - Volúmenes de Extracción vs. Minería Urbana

La cantidad de recursos que es posible recuperar es muy pequeña con respecto a la extracción total en el territorio nacional. Sin embargo, si se tiene en cuenta que aproximadamente un 80%⁴⁴

del total se exporta y que mucho no es utilizado para la industria, se puede concluir que la minería no es un negocio motivado por el abastecimiento del mercado interno de productos industriales, sino que busca abastecer las demandas internacionales de metales preciosos (de los cuales la gran mayoría se destina a joyería y lingotería) y de materias primas para las industrias de otros países (a las que se le podrían agregar más valor localmente).

A modo de conclusión sobre la minería urbana, se puede decir que aunque los volúmenes que se pueden recuperar son muy pequeños en comparación con la extracción, esta actividad puede resultar económicamente rentable (además de contribuir al ambiente), si se utiliza la escala y tecnología adecuada. Lamentablemente, hoy, la mejor opción es exportar (a países con tecnología avanzada) los metales preciosos incluidos en los RAEEs para que puedan ser extraídos aprovechando las economías de escala creciente, que disminuyen el costo unitario de producción.

5.10 Riesgos

Aunque el objetivo no es obtener una compensación económica directa, se debe considerar que reducir los costos aumenta las posibilidades de que el proyecto sea financiado y llevado a cabo, a la hora de ser evaluado por Gobernantes. Entonces, se deben evaluar las condiciones y las variables que no se pueden controlar para prever las modificaciones en los costos del proyecto.

El verdadero objetivo del proyecto será alcanzado a largo plazo, a partir de las mejoras al medioambiente y la salud de las personas involucradas en los circuitos de los RAEEs, pero este beneficio es muy difícil de cuantificar monetariamente.

Un riesgo es una situación en la que existe un peligro (situación externa) y el proyecto es vulnerable (situación interna) al mismo.

5.10.1 Condiciones que afectan la viabilidad del proyecto

Se refiere a las dinámicas políticas, económicas, sociales y tecnológicas que se desarrollan a nivel de la Ciudad y la Nación que modifican las posibilidades de éxito del proyecto.

- Conciencia ambiental de los ciudadanos
- Agenda ambiental de los políticos
- Responsabilidad extendida del productor
- Legislación
- Impuestos
- Avances tecnológicos disponibles

5.10.1.1 Conciencia ambiental de los ciudadanos

El nivel de conciencia ambiental afecta, por un lado, la cantidad de RAEEs que se vuelcan al circuito formal y, por el otro, la agenda ambiental de los políticos, ya que si los ciudadanos tienen más en cuenta este aspecto, votarán y respaldarán a gobernantes que también los tengan en cuenta.

Los programas de concientización ambiental son un método para aumentar no sólo la cantidad de personas que se preocupa por el ambiente, sino también la información que estas tienen para llevar a cabo acciones que lo beneficien.

Se genera un círculo virtuoso, cuando las campañas llevan a la gente a tomar conciencia y elegir gobernantes que también la posean, realizando éstos últimos más campañas de concientización.

También es fundamental que los consumidores demanden a las empresas que se hagan cargo de los productos que generan, dejando en claro cuáles son las formas de disposición luego del uso. El peligro que se corre es que los ciudadanos no le den el debido interés al medioambiente y que el problema de los RAEEs no sea tenido en cuenta con el cuidado que merece.

5.10.1.2 Agenda ambiental de los políticos

La Ciudad de Buenos Aires tiene varios proyectos y programas destinados a la disminución de la contaminación (promoción del uso de las bicicletas, campañas de concientización, contenedores de residuos inviolables, etc.), siendo este uno de los motivos para la elección de la misma para implementar el proyecto. Sin embargo, los recursos son limitados, y mientras existan problemas más urgentes (sean estos más o menos importantes que el expuesto en este trabajo), este aspecto será siempre de segunda importancia.

Esta agenda estará afectada por las preocupaciones y demandas de los ciudadanos. Se considera fundamental su participación en forma, primero, de ciudadanos, votando y peticionando a las autoridades con los medios de los que dispone la ley y segundo, de actores ambientales concientes, minimizando su impacto ecológico y participando en los programas propuestos.

5.10.1.3 Responsabilidad extendida del productor

Ya sea como resultado de una ley nacional o como iniciativa de la empresa, juega un rol fundamental en el volumen a manejar de desechos. Extender la responsabilidad del productor significará mayor volumen de RAEEs en el circuito formal. Esto puede afectar al proyecto aumentando la cantidad a procesar (si se coordinan esfuerzos con las empresas) o disminuyéndola (si estas deciden usar otros métodos de procesamiento de RAEEs).

La mayoría de las empresas productoras de AEEs en la Argentina son empresas internacionales, y muchas tienen políticas para hacerse cargo de los productos que fabrican, ya sea por la legislación vigente en otros países donde se encuentran, por las posibilidades de su reutilización, por el cuidado del ambiente o por publicidad.

5.10.2 Legislación

Esta variable afecta de manera importante el volumen de RAEEs recolectados. Si la ley no regula su disposición, haciendo responsable al fabricante y/o usuario, los consumidores encontrarán otras maneras de deshacerse de ellos (dependiendo de la conciencia ambiental que tengan), aumentando los volúmenes del circuito informal.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Las REP que funcionan en la Argentina corresponden más a políticas de empresas multinacionales que a demandas de los consumidores. Una ley de tratamiento que incluya las REP alertaría a los consumidores de la importancia de este tema.

De la sección “Lecciones Aprendidas” en E.E.U.U., se pueden deducir medidas generales que deben aplicarse a estas leyes, como el deber de transparencia y registros públicos de las empresas gestoras y los volúmenes que manejan, conveniencia y cercanía de los programas, objetivos altos pero alcanzables, prohibición de ciertos productos en rellenos sanitarios, etc.

5.10.2.1 Impuestos

Los impuestos son la fuente de ingreso principal de los Estados. Este proyecto depende en gran medida de los ingresos disponibles para realizarlo. Se analizó agregar un impuesto directo a las compras de RAEEs (un aumento de precio que sirviera para cubrir los gastos de disposición y a la vez incentivara el alargamiento de la vida útil de los equipos). Sin embargo, se determinó que esta opción tendría fuerte oposición tanto de parte de las empresas como de parte de los consumidores.

5.10.2.2 Avances tecnológicos disponibles

A medida que la tecnología de las maquinarias de procesamiento avanza, también se reducen los costos unitarios de disposición de residuos (aunque el avance tecnológico es también el que provoca el impulso en el consumo y, por lo tanto, aumento de los volúmenes recolectados). Además, se busca mejorar la eficiencia energética y aumentar al máximo el volumen de material que es posible reutilizar.

5.10.3 Variables que afectan la viabilidad del proyecto

Se refiere a los cambios de precios, cantidades, tiempos o porcentajes que influyen en los costos del proyecto. Estos incluyen:

- Presupuesto destinado a Ecología
- Precio de la maquinaria
- Costos de depósitos y alquileres
- Costos de logística
- Costos de combustibles y energía eléctrica
- Aumentos de salarios
- Plazo promedio de cobro
- Plazo promedio de pago
- Tasa de cambio

- Cambios en la cantidad de RAEEs generados (por diversas causas)
- Inflación (incluye aumentos de sueldo)
- Posibles imprevistos: indemnizaciones

Cabe destacar que la inflación llevará a un aumento generalizado de todos los costos, que debió ser previsto en el presupuesto de la Ciudad de Buenos Aires. Entonces, se considerará que existe aumento de costos cuando estos lo hagan por sobre la tasa de inflación para la cual se estableció este presupuesto.

5.10.3.1 Presupuesto destinado a proyectos ambientales y cuidado del medio ambiente.

En 2013, la Ciudad de Buenos Aires planea destinar 812.947.543 al área de Ecología⁴⁵, lo que equivale a un 2% del presupuesto (40.549.912.585). Esta variable, que depende de forma directa del interés de los gobernantes en el medio ambiente y de forma indirecta del interés de los ciudadanos, determinará si existen recursos económicos suficientes para realizar el proyecto. Conociendo esta variable, se puede estimar los costos que serían aceptables para el Gobierno.

5.10.3.2 Precio de la maquinaria

Ya que el proyecto requiere de maquinaria avanzada para el procesamiento, su precio será elevado. El riesgo es el aumento de precio, que repercutirá negativamente en las posibilidades de éxito del proyecto, aumentando los gastos necesarios.

Una forma de mitigarlo es basándose más en mano de obra y menos en maquinarias (disminuyendo la automatización del proyecto). Sin embargo, en caso de optar por esta segunda opción, se corre el riesgo de aumento de salarios o de tener que realizar indemnizaciones y/o despidos.

5.10.3.3 Costos de depósitos y alquileres

Se debe optar entre comprar los terrenos donde se ubicarán el depósito y las plantas o alquilarlos. La primera opción tiene como ventaja no estar sujeto a cambios en los costos variables originados por las leyes de mercado, una vez que el contrato de alquiler deba ser renegociado. La segunda tiene como ventaja una menor inversión inicial y mayor facilidad para abandonar el proyecto si este no funcionara de la forma que se previó o se quisiera modificar la ubicación de la planta o centro de almacenamiento.

5.10.3.4 Costos de logística

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

Se incluyen los costos de los conductores (salarios), combustibles y camiones (alquilados o comprados). Cualquiera de estos factores puede aumentar el costo logístico, del que depende fuertemente el costo total del proyecto.

Para disminuir este riesgo se debe trabajar en forma conjunta en reducir los posibles aumentos de precios de cada parte que forma este costo.

5.10.3.5 Costos de combustibles y energía eléctrica

Estos costos variables (dependen del nivel de actividad del proyecto) pueden modificarse por políticas nacionales (como pueden ser las retenciones a exportaciones de petróleo, las políticas de generación de energía eléctrica, las inversiones realizadas en años anteriores, etc.).

La mejor manera de mitigar este riesgo es, también, una manera de ser más ecológicos en la ejecución del proyecto: reducir los consumos y ser eficientes en el manejo de los recursos. Algunas acciones que podrían servir para esto son: usar las rutas más cortas disponibles, enseñar a los conductores cómo reducir el uso de combustible, usar vehículos y maquinarias eficientes energéticamente, implementando sistemas de gestión ambiental que se encarguen de mejorar continuamente estos aspectos y no descuidarlos, etc.

5.10.3.6 Aumento de salarios

Dependerá del poder de negociación del gremio o sindicato correspondiente. De nuevo, se debe tener en cuenta la inflación para determinar qué tan afectado se verá el proyecto por este aumento.

Este riesgo sólo puede reducirse a nivel Nacional, mediante negociaciones colectivas.

5.10.3.7 Plazo promedio de cobro y pago (Ciclo de negocio)

Se refiere al proyecto en régimen (sin tener en cuenta la inversión inicial). El pago corresponde a los servicios y gastos y los cobros a la venta de los materiales separados. También, si se tarda en recibir el dinero necesario por parte del gobierno (falta de fondos o liquidez), se puede perjudicar la operación del programa.

Pagar pronto y tardar mucho en recibir los fondos, puede desabastecer de recursos económicos al proyecto, poniendo en juego su continuidad. Para evitar esto se deben cuidar los períodos de pago y cobro y asegurarse de emprender el proyecto en calidad y cantidad que se puede abastecer.

5.10.3.8 Tasa de cambio

Muchos de los costos asociados al proyecto, como el precio del combustible y el de las maquinarias, están dolarizados (dependen fuertemente de precios internacionales). Un aumento en la tasa de cambio medida en \$/dólar, hará más difícil pagar las maquinarias y el combustible.

Para cubrirse ante un posible cambio en la tasa, se debe pesificar todos los contratos posibles y, en los que no sea esto posible, incluir cláusulas que reduzcan la variabilidad de los gastos en estos rubros.

5.10.3.9 Cambios en la cantidad de RAEEs generados

Esto se puede deber a diversas causas:

- Un aumento en los programas de entrega voluntaria por parte de las empresas productoras, disminuiría el volumen a manejar por el proyecto, ya que los RAEEs serían tratados por gestores contratados por estas empresas. A menos que las empresas productoras elijan (o sean obligadas) a formar parte del programa propuesto, en cuyo caso aumentarían los volúmenes a tratar.
- Un aumento en la conciencia ambiental de los ciudadanos provocaría un aumento en los RAEEs volcados al circuito formal.
- La sanción de leyes que prohíban o limiten la disposición de RAEEs en las vías informales y en las vías de residuos habituales, aumentaría el volumen de residuos a tratar por el proyecto.

Ante un aumento de volumen a tratar, se deberá tener en cuenta la capacidad de tratamiento actual y evaluar las opciones para expandir el programa o derivar corrientes de RAEEs a otros gestores.

Ante una disminución, se generará capacidad ociosa, disminuyendo la eficiencia y aumentando los costos por tonelada de RAEE. Entonces, se deben evaluar las opciones para aumentar la cantidad de RAEEs procesados, teniendo en cuenta también las posibilidades de reducción o abandono del proyecto.

Cabe destacar que, aunque desde un punto de vista operativo, el aumento de los RAEEs tratados es bueno para el proyecto, esto se puede deber a una disminución en la vida útil de los artículos, lo que juega en contra del objetivo buscado (se busca, por un lado, aumentar el porcentaje de los RAEEs en el circuito formal y, por el otro, disminuir el volumen total de RAEEs).

5.10.3.10 Inflación

Se debe tener en cuenta la relación entre la proyectada y la real. Si sube por encima de la proyectada, se encarecerá toda la operación. Una respuesta a este problema podría ser la de emprender un proyecto de menor escala y menos ambicioso.

Viabilidad de un Sistema de Gestión de R.A.E.E. en la C.A.B.A.

La inflación también afectará la cantidad de impuestos recaudados, permitiendo que haya más fondos disponibles para ejecutar el proyecto.

5.10.3.11 Imprevistos: máquinas rotas, indemnizaciones, etc.

La forma de cubrir el proyecto de estas eventualidades es realizar correctas prácticas de administración, dirección y control, como realizar mantenimiento preventivo y correctivo, asegurarse el correcto desempeño y seguridad de los empleados, etc.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

6.1.1 Estados Unidos

Se determinó que el desarrollo económico de un país trae mayores tasas de consumo y menor vida útil. Sin embargo, la conciencia ambiental, con acciones coordinadas y controladas por medio de leyes apropiadas, puede hacer que este problema sea mínimo.

La situación es mucho más grave en países menos desarrollados ya que, a pesar de las menores tasas de consumo, las corrientes informales son las que generan los mayores problemas (daños a la salud y contaminación ambiental).

Una gran parte de los RAEEs que se generan en este país se exportan a países de tercer mundo. Esto alerta de la necesidad de existencia de organizaciones, alianzas y mecanismos para coordinar esfuerzos a nivel internacional para controlar el tráfico de los RAEEs. Mientras que los trabajadores en la cadena de los RAEEs en E.E.U.U. ejercen su labor en condiciones dignas, el mismo empleo en los países subdesarrollados equivale a exponerse a un gran número de riesgos para la salud.

El federalismo es más marcado que el de la Argentina. Por un lado, permite a los estados con conciencia ambiental implementar leyes en menor tiempo y combatir el problema. Sin embargo, al no existir leyes nacionales que regulen estos residuos, se generan los problemas relacionados con éstos. Además, esta situación se presta para el tráfico interestatal de residuos.

El EPI (Environmental Performance Index) de E.E.U.U. es similar al de Argentina, por lo que se pueden aplicar, tomando los recaudos necesarios y considerando las diferencias apropiadas, algunas de las conclusiones de los manejos de RAEEs en este país a un programa para la Argentina.

Los programas de “takeback”, aunque importantes, tienen un poder limitado. La mayoría de los productores harán sólo que la ley solicite.

Se debe tener una variedad de recolectores. En la Argentina, sólo existen unos pocos privados, por lo que es recomendable que el gobierno complemente esta actividad.

La ley debe cubrir los costos de recolección, en especial cuando no existe suficiente conciencia ambiental, para que los RAEEs no terminen en rellenos sanitarios. La normativa también debe tener objetivos de recupero y recolección altos pero alcanzables, incluir prohibiciones de rellenos sanitarios, ser transparente y de acceso público e incluir métodos rápidos para su actualización (por ejemplo, haciéndola depender de un Órgano Administrativo de Control).

6.1.2 Circuitos de los RAEEs en Argentina

Siempre que se pueda, se debe reusar un AEE. Si no, recuperar materia prima mediante el reciclaje y sólo en último caso, debe quemarse para obtener energía. De esta manera se minimiza el valor perdido.

El circuito informal es predominante. Mayor porcentaje de RAEEs-TIC que de grandes electrodomésticos termina en el circuito formal, debido a que estos poseen más valor por kg y, al ser más pequeños, son más fáciles de transportar.

Aunque algunos actores del circuito informal (como chatarreros y cartoneros) pueden ver perjudicada su economía a corto plazo, estos son también los más beneficiados, ya que hasta ahora han estado expuestos a riesgos desde cortaduras hasta intoxicación.

Los mercados informales de RAEEs en Argentina son ineficientes, contaminantes y económicamente insostenibles. De allí la importancia formalizarlos. Existen varias iniciativas privadas, con o sin fines de lucro, que son conscientes del problema y proponen acciones positivas de mejora.

El usuario corporativo es fácil de regular mediante legislación. Se debe hacer énfasis en el consumidor privado.

6.1.3 Proyecto

La Ciudad de Buenos Aires es un buen ámbito para desarrollar el proyecto. El gobierno ha impulsado, en los últimos años, iniciativas ambientales, lo que muestra que existe una agenda ambiental.

Se debe tener en cuenta que, si no existen leyes apropiadas y no hay el nivel suficiente de conciencia ambiental, el programa no será exitoso en disponer de forma apropiada de estos residuos.

Si la tasa de adhesión es alta, este programa podría, además de minimizar los impactos a la salud y ambientales de los RAEEs (su objetivo principal), ser económicamente rentable.

6.1.4 Marco legal

Actualmente Argentina se encuentra por detrás de los líderes en legislación de residuos eléctricos y electrónicos. Claramente, la Unión Europea se encuentra un paso más arriba que el resto del mundo, dictando cantidades mínimas de reciclaje y extendiendo parte de la responsabilidad al productor. Por su lado, Argentina intentó en varias ocasiones crear leyes que rijan este tipo de residuos, pero hoy no hay ninguna Ley que los distinga y trate de manera diferencial. Si bien los intentos fueron fallidos, es probable que pronto el tema atraiga la atención general de los consumidores y usuarios y se dicte una Ley que contemple la responsabilidad de los productores y también la manera correcta de transportar, reciclar y disponer de estos residuos.

Es necesario un marco que contemple los presupuestos mínimos para la recolección, transporte y reciclaje de RAEEs para que el sistema formal tome importancia en el país y se cree la conciencia social necesaria en este creciente tipo de residuos. Es de suma importancia que se los trate como un residuo único debido a sus características de transición de residuo urbano a peligroso en el momento de su desensamble.

La legislación Nacional ayudaría a conseguir los porcentajes de reciclado proyectados y facilitaría el desarrollo del programa en general.

6.1.5 Sistema

Una de las mayores fortalezas del sistema de gestión propuesto es la posibilidad de integrar las distintas etapas que actualmente se realizan en forma informal, desorganizada y desarticulada en un sistema uniforme que controle el flujo de RAEEs. Este sistema tiene por objetivo captar la mayor cantidad de residuos para así disminuir los volúmenes que entran a circuitos informales y terminan siendo incorrectamente depositados en rellenos sanitarios o siendo incinerados por actores ilegales. De esta manera, se ataca la problemática de una mala disposición de residuos, lo cual implica una posible disminución en impacto ambiental y riesgos para todos los seres vivos que se vean expuestos a los componentes tóxicos de los RAEEs.

6.1.6 Costos

Para una recolección del 100% de los residuos, los costos más importantes son los operativos, en particular los de mano de obra. Esto se debe a la necesidad de contar con operarios para el desensamble en la planta de tratamiento. La mayor fortaleza del proyecto es que la mayoría de los costos involucrados son variables, por lo que en caso de presentarse niveles de captación de residuos bajos, los costos también serán bajos. La única excepción se presenta con las inversiones de capital, las cuales no dependen de los volúmenes ya que se ha decidido invertir para un máximo de capacidad, de modo que todos los años se deberá responder por los costos financieros y depreciaciones generadas.

6.1.7 Ingresos

Si bien el proyecto está atado a diferentes variables de riesgo explicadas en la sección correspondiente, se concluye que los ingresos son principalmente dependientes de la cantidad de cobre reciclado y vendido. Su porcentaje de composición los RAEEs varía entre el 4% y el 9% y su precio de venta alcanza los 30 pesos por kilogramo. Esta combinación lo hace el principal participante de los ingresos por venta ya que representa el 76% de los ingresos adquiridos.

Si bien su cantidad no está en riesgo debido a que todos los cables de los aparatos están hechos de este elemento, la variación del precio de venta generará fuertes impactos en el resultado del proyecto. Si bien se tomó un precio de venta un poco menor al precio del mercado actual para crear una seguridad extra para el programa, se recomienda contratar una prima de seguros en el mercado de commodities para congelar el precio, o bien, realizar contratos de venta que fijen el precio de antemano para evitar esta variabilidad.

6.2 Recomendaciones

- Desarrollar un sistema de recolección que esté centrado en cada comuna de la ciudad. Si se lograra que este sistema esté respaldado por el gobierno se financiaría gran parte del costo y se podrían alcanzar volúmenes mayores de reciclaje.
- Al ver el gran impacto que tiene la recuperación del cobre, el desarrollo de tecnología nacional para poder reciclar las placas de circuitos en Argentina y recuperar así el oro y la plata, traería un beneficio asociado muy significativo debido al precio de venta de estos metales.
- Darle primordial importancia a la campaña de marketing y publicidad ya que el principal actor en este sistema son los generadores de residuos. De su conciencia y conocimiento del tema depende el éxito del proyecto. Promover el reciclaje de estos aparatos es clave.
- Mantener un registro de los residuos tratados en la Ciudad para poder hacer análisis de comparación versus los países Europeos más desarrollados y para definir objetivos y estándares de reciclaje.
- Direccionar esfuerzos en la creación de una legislación que trate a estos residuos en particular, definiendo los presupuestos mínimos necesarios para el proceso completo de reciclaje.
- Impulsar la creación y consolidación de un mercado secundario suficientemente competente para reducir los volúmenes generados y promover el re-uso.

ANEXO I: UNIÓN EUROPEA

	Estado Miembro	AEEs puestas en mercado (Ton) 2006	PBI 2006 (M Euros)
EU-15	Finlandia	135000	167062
	Francia	1465000	1791953
	España	783000	976189
	UK	1483000	1906358
Nuevos EM	Estonia	6000	13073,5
	Hungría	85000	89883,9
	Lituania	33000	23746,4
	Eslovaquia	48000	43945,4
	Eslovenia	28000	29741,8
	Totales	4066000	5041953

Tabla 6.1 - Toneladas de AEEs puestas en el mercado del 2006 por los 9 países que cuentan con registros nacionales y su correspondiente PBI.

Toneladas de AEEs volcadas al mercado

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Austria	203.328	207.802	212.373	217.045	221.820	226.701	231.688	236.785
Bélgica	247.627	253.074	258.642	264.332	270.148	276.091	282.165	288.372
Dinamarca	173.578	177.397	181.300	185.288	189.365	193.531	197.788	202.140
Finlandia	135.000	137.970	141.005	144.107	147.278	150.518	153.829	157.214
Francia	1.465.000	1.497.230	1.530.169	1.563.833	1.598.237	1.633.398	1.669.333	1.706.058
Alemania	1.820.515	1.860.566	1.901.498	1.943.331	1.986.085	2.029.779	2.074.434	2.120.071
Grecia	153.908	157.294	160.754	164.291	167.905	171.599	175.374	179.232
Irlanda	138.598	141.647	144.763	147.948	151.203	154.529	157.929	161.404
Italia	1.163.219	1.188.810	1.214.964	1.241.693	1.269.011	1.296.929	1.325.461	1.354.621
Luxemburgo	26.061	26.634	27.220	27.819	28.431	29.056	29.696	30.349
Países Bajos	416.214	425.370	434.728	444.292	454.067	464.056	474.266	484.699
Portugal	122.373	125.066	127.817	130.629	133.503	136.440	139.442	142.509
España	783.000	800.226	817.831	835.823	854.211	873.004	892.210	911.839
Suecia	241.245	246.552	251.976	257.520	263.185	268.975	274.893	280.940
Reino Unido	1.483.000	1.515.626	1.548.970	1.583.047	1.617.874	1.653.467	1.689.844	1.727.020
Chipre	15.862	16.718	17.621	18.573	19.576	20.633	21.747	22.921
República Checa	124.484	131.207	138.292	145.760	153.631	161.927	170.671	179.887
Estonia	14.280	15.051	15.864	16.720	17.623	18.575	19.578	20.635
Hungría	85.000	89.590	94.428	99.527	104.901	110.566	116.537	122.830
Letonia	17.673	18.627	19.633	20.694	21.811	22.989	24.230	25.539
Lituania	33.000	34.782	36.660	38.640	40.726	42.926	45.244	47.687
Malta	5.566	5.867	6.184	6.517	6.869	7.240	7.631	8.043
Polonia	296.582	312.598	329.478	347.270	366.022	385.788	406.620	428.578
Eslovaquia	48.000	50.592	53.324	56.203	59.238	62.437	65.809	69.363
Eslovenia	28.000	29.512	31.106	32.785	34.556	36.422	38.389	40.462
Bulgaria	27.416	28.896	30.457	32.101	33.835	35.662	37.588	39.617
Rumania	106.078	111.806	117.844	124.207	130.915	137.984	145.435	153.289
Totales	9.374.607	9.606.510	9.844.901	10.089.998	10.342.025	10.601.221	10.867.828	11.142.104

Toneladas de AEEs volcadas al mercado

País	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Austria	241.994	247.318	252.759	258.320	264.003	269.811	275.747
Bélgica	294.717	301.200	307.827	314.599	321.520	328.594	335.823
Dinamarca	206.587	211.132	215.776	220.523	225.375	230.333	235.401
Finlandia	160.672	164.207	167.820	171.512	175.285	179.141	183.082
Francia	1.743.592	1.781.951	1.821.154	1.861.219	1.902.166	1.944.013	1.986.782
Alemania	2.166.713	2.214.381	2.263.097	2.312.885	2.363.768	2.415.771	2.468.918
Grecia	183.175	187.205	191.324	195.533	199.835	204.231	208.724
Irlanda	164.954	168.583	172.292	176.083	179.956	183.916	187.962
Italia	1.384.423	1.414.880	1.446.008	1.477.820	1.510.332	1.543.559	1.577.517
Luxemburgo	31.017	31.699	32.396	33.109	33.837	34.582	35.343
Países Bajos	495.363	506.261	517.399	528.781	540.415	552.304	564.454
Portugal	145.645	148.849	152.124	155.470	158.891	162.386	165.959
España	931.899	952.401	973.354	994.768	1.016.652	1.039.019	1.061.877
Suecia	287.121	293.437	299.893	306.491	313.234	320.125	327.167
Reino Unido	1.765.015	1.803.845	1.843.530	1.884.087	1.925.537	1.967.899	2.011.193
Chipre	24.159	25.464	26.839	28.288	29.815	31.425	33.122
República Checa	189.601	199.839	210.631	222.005	233.993	246.628	259.946
Estonia	21.749	22.924	24.162	25.466	26.841	28.291	29.819
Hungría	129.462	136.453	143.822	151.588	159.774	168.402	177.496
Letonia	26.918	28.371	29.903	31.518	33.220	35.014	36.905
Lituania	50.262	52.976	55.837	58.852	62.030	65.380	68.910
Malta	8.478	8.936	9.418	9.927	10.463	11.028	11.623
Polonia	451.721	476.114	501.824	528.922	557.484	587.588	619.318
Eslovaquia	73.108	77.056	81.217	85.603	90.225	95.098	100.233
Eslovenia	42.646	44.949	47.377	49.935	52.631	55.474	58.469
Bulgaria	41.757	44.011	46.388	48.893	51.533	54.316	57.249
Rumania	161.566	170.291	179.487	189.179	199.394	210.162	221.511
Totales	11.424.313	11.714.734	12.013.654	12.321.375	12.638.211	12.964.489	13.300.549

Tabla 6.2 - Toneladas de AEEs volcadas al mercado de acuerdo a registros nacionales de 9 países y extrapolación para el resto a partir del PBI.

PBI Estimado (M de Euros)

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Austria	257.897	263.571	269.369	275.296	281.352	287.542	293.868	300.333
Bélgica	314.084	320.994	328.056	335.273	342.649	350.187	357.891	365.765
Dinamarca	220.163	225.006	229.956	235.015	240.186	245.470	250.870	256.389
Finlandia	167.062	170.737	174.494	178.332	182.256	186.265	190.363	194.551
Francia	1.791.953	1.831.376	1.871.666	1.912.843	1.954.925	1.997.934	2.041.888	2.086.810
Alemania	2.309.100	2.359.900	2.411.818	2.464.878	2.519.105	2.574.526	2.631.165	2.689.051
Grecia	195.213	199.508	203.897	208.383	212.967	217.652	222.441	227.334
Irlanda	175.795	179.662	183.615	187.654	191.782	196.002	200.314	204.721
Italia	1.475.401	1.507.860	1.541.033	1.574.936	1.609.584	1.644.995	1.681.185	1.718.171
Luxemburgo	33.055	33.782	34.525	35.285	36.061	36.854	37.665	38.494
Países Bajos	527.916	539.530	551.400	563.531	575.928	588.599	601.548	614.782
Portugal	155.216	158.631	162.120	165.687	169.332	173.057	176.865	180.756
España	976.189	997.665	1.019.614	1.042.045	1.064.970	1.088.400	1.112.344	1.136.816
Suecia	305.989	312.721	319.601	326.632	333.818	341.162	348.668	356.338
Reino Unido	1.906.359	1.948.299	1.991.161	2.034.967	2.079.736	2.125.490	2.172.251	2.220.041
República Checa	14.522	15.306	16.133	17.004	17.922	18.890	19.910	20.985
Estonia	113.969	120.124	126.610	133.447	140.654	148.249	156.254	164.692
Hungría	13.074	13.779	14.524	15.308	16.134	17.006	17.924	18.892
Letonia	89.884	94.738	99.853	105.246	110.929	116.919	123.233	129.887
Lituania	16.180	17.054	17.975	18.946	19.969	21.047	22.184	23.381
Malta	23.746	25.029	26.380	27.805	29.306	30.889	32.557	34.315
Polonia	5.096	5.371	5.661	5.967	6.289	6.629	6.987	7.364
Eslovaquia	271.530	286.193	301.647	317.936	335.105	353.201	372.273	392.376
Eslovenia	43.945	46.318	48.820	51.456	54.235	57.163	60.250	63.504
Bulgaria	29.742	31.348	33.041	34.825	36.705	38.687	40.777	42.979
Rumania	25.100	26.455	27.884	29.390	30.977	32.650	34.413	36.271
Totales	97.118	102.362	107.890	113.716	119.856	126.329	133.150	140.341

PBI Estimado (M de Euros)							
País	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Austria	306.940	313.693	320.594	327.647	334.855	342.222	349.751
Bélgica	373.812	382.036	390.441	399.030	407.809	416.781	425.950
Dinamarca	262.030	267.794	273.686	279.707	285.861	292.150	298.577
Finlandia	198.831	203.206	207.676	212.245	216.914	221.687	226.564
Francia	2.132.720	2.179.640	2.227.592	2.276.599	2.326.684	2.377.871	2.430.184
Alemania	2.748.210	2.808.671	2.870.461	2.933.611	2.998.151	3.064.110	3.131.521
Grecia	232.336	237.447	242.671	248.010	253.466	259.042	264.741
Irlanda	209.224	213.827	218.532	223.339	228.253	233.274	238.406
Italia	1.755.971	1.794.602	1.834.084	1.874.434	1.915.671	1.957.816	2.000.888
Luxemburgo	39.341	40.206	41.091	41.995	42.919	43.863	44.828
Países Bajos	628.307	642.130	656.257	670.694	685.450	700.530	715.941
Portugal	184.732	188.797	192.950	197.195	201.533	205.967	210.498
España	1.161.826	1.187.386	1.213.509	1.240.206	1.267.490	1.295.375	1.323.873
Suecia	364.178	372.190	380.378	388.746	397.298	406.039	414.972
Reino Unido	2.268.881	2.318.797	2.369.810	2.421.946	2.475.229	2.529.684	2.585.337
República Checa	22.118	23.313	24.572	25.898	27.297	28.771	30.325
Estonia	173.585	182.959	192.839	203.252	214.228	225.796	237.989
Hungría	19.912	20.987	22.121	23.315	24.574	25.901	27.300
Letonia	136.901	144.294	152.086	160.298	168.954	178.078	187.694
Lituania	24.644	25.975	27.377	28.856	30.414	32.056	33.787
Malta	36.168	38.121	40.179	42.349	44.636	47.046	49.587
Polonia	7.762	8.181	8.623	9.088	9.579	10.096	10.641
Eslovaquia	413.564	435.897	459.435	484.245	510.394	537.955	567.005
Eslovenia	66.933	70.547	74.357	78.372	82.604	87.065	91.766
Bulgaria	45.299	47.746	50.324	53.041	55.906	58.924	62.106
Rumania	38.229	40.294	42.470	44.763	47.180	49.728	52.413
Totales	147.919	155.907	164.325	173.199	182.552	192.410	202.800

Tabla 6.3 - Estimación del PBI por país tomando tasas constantes de crecimiento del 2,2% para países EU-15 y del 5,4% para nuevos Estados Miembro

ANEXO II: BARICENTRO POBLACIONAL DE LA C.A.B.A.

#	Nombre	Total	Superficie (km ²)	Densidad (hab/km ²)	Coord. X	Coord. Y	% Población	Coord. X ponderada	Coord. Y ponderada
1	Constitución - Montserrat - Puerto Madero - Retiro - San Nicolás - San Telmo	199.230	17,4	11.450	-34.593.085	-58.386.555	6,53%	-2.259.126	-3.812.976
2	Recoleta	186.587	6,1	30.588	-34.587.432	-58.389.645	6,12%	-2.115.418	-3.571.196
3	Balvanera - San Cristóbal	207.456	6,4	32.415	-34.610.394	-58.396.797	6,80%	-2.353.580	-3.971.107
4	Barracas - Boca - Nueva Pompeya - Parque Patricios	243.276	21,6	11.263	-34.648.743	-58.381.691	7,97%	-2.763.015	-4.655.566
5	Almagro - Boedo	187.547	6,7	27.992	-34.623.179	-58.393.278	6,15%	-2.128.500	-3.589.794
6	Caballito	183.705	6,8	27.015	-34.616.186	-58.448.911	6,02%	-2.084.475	-3.519.605
7	Flores - Parque Chacabuco	216.117	12,4	17.429	-34.629.818	-58.464.832	7,08%	-2.453.215	-4.141.714
8	Villa Lugano - Villa Riachuelo - Villa Soldati	186.788	21,9	8.529	-34.680.652	-58.450.069	6,12%	-2.123.405	-3.578.743
9	Liniers - Mataderos - Parque Avellaneda	166.102	16,8	9.887	-34.659.899	-58.502.913	5,44%	-1.887.116	-3.185.289
10	Floresta - Monte Castro - Vélez Sársfield - Versalles - Villa Luro - Villa Real	172.827	12,7	13.608	-34.626.428	-58.485.432	5,67%	-1.961.624	-3.313.262
11	Villa del Parque - Villa Devoto - Villa General Mitre - Villa Santa Rita	198.683	14,1	14.091	-34.608.769	-58.513.384	6,51%	-2.253.945	-3.810.767
12	Coghlan - Saavedra - Villa Pueyrredón - Villa Urquiza	200.248	15,6	12.836	-34.568.210	-58.481.283	6,56%	-2.269.037	-3.838.677
13	Belgrano - Colegiales - Núñez	251.066	14,6	17.196	-34.553.720	-58.462.901	8,23%	-2.843.670	-4.811.326
14	Palermo	254.378	15,8	16.100	-34.587.362	-58.408.484	8,34%	-2.883.988	-4.870.258

15	Agronomía - Chacarita - Parque Chas - Paternal - Villa Crespo - Villa Ortúzar	196.718	14,3	13.757	-34.599.585	-58.447.666	6,45%	-2.231.061	-3.768.841
Total		3.050.728	203,2	15.013				-34.611.177	-58.439.122

Tabla 6.4 - Baricentro poblacional de la C.A.B.A.

7 BIBLIOGRAFÍA

¹ Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.

² EPA – “Electronic Waste Management in the United States Through 2009”. Se debe destacar que este informe se centra en los aparatos electrónicos, sin tener en cuenta la línea blanca (heladeras, lavarropas, etc.)

³ <http://epi.yale.edu/>

⁴ EPI – Summary for Policy Makers

⁵ <http://www.epa.gov/osw/hazard/international/basel3.htm>

⁶ <http://www.electronicstakeback.com/global-e-waste-dumping/>

⁷ <http://www.ce.org/>

⁸ <http://www.isri.org/>

⁹ <http://www.step-initiative.org/index.php/Home.html>

¹⁰ <http://www.americanerecycling.org/memberlisting.html>

¹¹ <http://www.epa.gov/regulations/laws/rcra.html>

¹² <http://www.americanerecycling.org/memberlisting.html>

¹³ <http://www.electronicstakeback.com/about-us/>

¹⁴ <http://www.epa.gov/epawaste/consERVE/materials/ecycling/certification.htm>

¹⁵ <http://www.r2solutions.org/>

¹⁶ <http://e-stewards.org/>

¹⁷ <http://www.liquidtechnology.net/computer-e-waste-recycling-disposal.php>

¹⁸ Youtube.com: E-Waste Management and Processing Techniques – Southeastern Data

¹⁹ Youtube.com: E-Scrap Recycling (Electronic Waste) - Garb

²⁰ EPA – Municipal Solid Waste 2010 - Factsheet

²¹ Appliance Recycling – Requirements for Recyclers – Minnesota Pollution Control Agency

²² EPA – Safe Disposal Brochure for Household Appliances that Use Refrigerants

²³ Greenpeace Argentina.

²⁴ “Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, Gustavo Fernández Protomastro, 2007.

²⁵ “Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, Gustavo Fernández Protomastro, 2007.

²⁶ “Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, Gustavo Fernández Protomastro, 2007.

-
- ²⁷ “Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, Gustavo Fernández Protomastro, 2007.
- ²⁸ www.silkers.com.ar
- ²⁹ www.dalafer.com.ar
- ³⁰ http://www.everydayrealestate.com.ar/asesores/green_building/scrapex-recuperador-de-la-basura-electronica/
- ³¹ www.unicoreargentina.com
- ³² “Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, Gustavo Fernández Protomastro, 2007.
- ³³ www.esrap.com.ar
- ³⁴ <http://elceiborsu.blogspot.com.ar/>
- ³⁵ http://www.buenosaires.gob.ar/areas/des_social/ter_sector/?menu_id=12910
- ³⁶ e-basura.linti.unlp.edu.ar
- ³⁷ www.camoca.com.ar
- ³⁸ “Estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en Argentina”, Gustavo Fernández Protomastro, 2007.
- ³⁹ www.buenosaires.gob.ar/ciudad-verde
- ⁴⁰ <http://www.buenosaires.gob.ar/ciudad-verde/energia/residuos>
- ⁴¹ Greenpeace, Minería y Basura Electrónica.
- ⁴² Dirección de Oferta Exportable. Dirección General de Estrategias de Comercio Exterior. Subsecretaría de Comercio Internacional. Informe Sector de Minería 2010. La producción se estimó en base al crecimiento. A partir de la producción y la participación de las empresas se estimó la producción por material.
- ⁴³ Greenpeace, Minería y Basura Electrónica, 2012.
- ⁴⁴ Informe Sector de Minería 2010.
- ⁴⁵ <http://www.buenosaires.gob.ar/areas/hacienda/presupuesto2013/>