

Beneficios Económicos y Ambientales de la Logística Inversa en los RAEE

Edward Lenin Álvarez Galeano
Edward.alvarez00@usc.edu.co

Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Industrial

Resumen

El presente artículo busca describir los principales beneficios económicos y ambientales de la logística, haciendo un recorrido por aspectos de orden: teórico, en la que se desarrollan algunos conceptos como, Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y Logística Inversa (LI), Responsabilidad Extendida al Productor (REP); normatividad a nivel nacional e internacional; los principales retos de la implementación de la logística inversa y como punto central del presente trabajo, la puntualización de los impactos internos y externos en materia económica y ambiental. La metodología empleada consiste en la revisión y análisis de artículos científicos que se obtuvieron mediante consulta de bases de datos como Redalyc, Scielo, Dialnet, World Wide Science, entre otros. Lo anterior, además de señalar la importancia de la logística inversa como estrategia para que las cadenas de suministro y empresas nacionales e internacionales, salvaguarden el medio ambiente y desarrollen procesos cada vez más tecnificados para el retorno de las piezas, con el objetivo de operar eficientemente y recuperar valor a los productos.

Palabras Clave: Logística Inversa, AEE, RAEE.

Abstract

This article seeks to describe the main economic and environmental benefits of logistics, making a journey through aspects of order: theoretical, in which some concepts are developed as Electrical and Electronic Equipment (EEE), Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) and Reverse Logistics (LI), Producer Extended Responsibility (REP); national and international regulations; the main challenges of the implementation of reverse logistics and as a central point of this work, the clarification of internal and external impacts in economic and environmental matters. The methodology used consists of the review and analysis of scientific articles obtained through consultation of databases such as Redalyc, Scielo, Dialnet, World Wide Science, among others. This, in addition to pointing out the importance of reverse logistics as a strategy for supply chains and national and international companies to safeguard the environment and develop increasingly technical processes for the return of parts, in order to operate efficiently and recover value to products.

Keywords: Reverse Logistics, AEE, WEEE.

1. INTRODUCCIÓN

En los países desarrollados y en vía de desarrollo, en el que Colombia tiene una participación importante, se viene gestando una fuerte preocupación por el impacto ambiental, económico y social que generan las empresas en el marco de la producción masiva de artefactos tecnológicos de poca duración que se desarrolla paralelamente con el crecimiento de la población mundial, el ingreso per cápita y las necesidades de comunicación rápida entre individuos (Amato, 2015; Redondo, Ibarra, Monroy & Bermúdez, 2018). Estos artefactos tecnológicos, conocidos como Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), al estar presentes en la vida diaria de los ciudadanos han hecho más cómodas las diferentes actividades por ejemplo: en el hogar, el trabajo y la comunicación interpersonal, entre otros; pero también se ha convertido en una preocupación para actores estatales, ambientalistas, sectores productivos, empresariales y comunidad por la generación masiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE), gracias a la permanencia de la logística tradicional que ha eximido de la responsabilidad a los productores de AEE; siendo las impresoras y celulares los

aparatos de mayor incidencia en Colombia y con una tasa de crecimiento anual del 5% en promedio en países industrializados y no industrializados (Prada, 2011; Balde et al., citado por MinAmbiente, 2017).

La creciente generación y manejo inadecuado de RAEE, el cual responde al actual modelo socioeconómico de producción ilimitada, acompañada del fenómeno del consumismo, ha estado involucrada dentro de las principales problemáticas que hacen parte de la agenda pública tras el “Convenio de Basilea” (adoptado en 1989), la “Declaración Mundial sobre la Constitución de Alianzas para hacer frente a Problema de los Desechos a Nivel Mundial” en el 2008, la aprobación de gran parte de los países de acuerdos de como el de Paris (año 2016), entre otros acuerdos, como lo representa: la salud y vida de los humanos, producto de la generación de residuos y la sostenibilidad ambiental del planeta, por la explotación desmesurada de los recursos naturales y el consumo energético de fuentes fósiles (Obando, 2017; Álvarez, Berrone, Husillos & Lado, 2007). Podría decirse que los avances tecnológicos e innovadores de los AEE es lo que ha provocado que el tratamiento de los RAEE sea complejo desde el punto de vista de la variedad o tipos, como también desde su composición, donde existen materiales que son aprovechables y otros que son tóxicos y requieren de un manejo técnico. Según Martínez (2013, p. 27), “el tipo de elementos estructurales en que se desmontan los RAEE dependen del contenido de elementos peligrosos de los distintos componentes, del valor de mercado para su reutilización y de las opciones de reciclaje y eliminación disponibles”; un problema que se genera cuando se observan prácticas de disposición final en sitios no autorizados en las que Colombia es protagonista por su informalidad.

Sin embargo, la generación acelerada de RAEE ha tenido una mirada diferente a la enfocada en la caracterización de una problemática, también ha sido vista como una oportunidad en el desarrollo social y en la dinamización de la economía mundial (Obando, 2017), y en ese sentido la literatura académica en materia de producción sustentable o verde ha hecho que las empresas adquieran un protagonismo que se transforme en beneficios de orden ambiental y económico para compensar los daños ocasionados por la producción masiva de estos artefactos.

Bajo ese contexto, la Logística Inversa (LI) se ha presentado como la principal solución para mitigar la generación y acumulación masiva de RAEE, pues extiende la responsabilidad al productor como responsable principal y los obliga a promover mejoras ambientales, económicas y sociales, la cual pone en marcha un proceso de retorno de los Productos Fuero de Uso (PFU) o de algunos de sus componentes para su reutilización, conocidos como RAEE, los cuales tienen un valor en el mercado que permite su comercialización, por lo que se han hecho algunos esfuerzos a nivel mundial de ser eficientes ante las expectativas y exigencias de los mercados globales que no solo han tecnificado cada vez más la logística, sino también la de promover acciones de cambio ambiental (Martínez, Mila, Salazar, Barragán, Rodríguez & Vanegas, 2016; Vega, 2018). De manera que las principales discusiones actuales se están desarrollando con el fin de adoptar el principios de la sustentabilidad, entendido como la posibilidad que tienen las organizaciones empresariales de obtener un desempeño superior a nivel económico, social y ambiental, es decir, se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, generando mejoras en el bienestar de la población sin afectar la calidad de vida de las futuras generaciones, y mediante la aplicación de políticas públicas que permita aplicar modelos de gestión eficientes con el medio ambiente y determinar las ventajas que obtienen las empresas cuando dentro de su planeación estratégica, los impactos ambientales, económicos y sociales son pilares (Amato, 2015).

Por lo anterior, el presente artículo busca describir los principales beneficios económicos y ambientales de la logística, haciendo un recorrido por aspectos de orden: teórico, en la que se desarrollan algunos conceptos como, Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE), Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) y Logística Inversa (LI), Responsabilidad Extendida al Productor (REP); normatividad a nivel nacional e internacional; los principales retos de la implementación de la logística inversa y como punto central del presente trabajo, la puntualización de los impactos internos y externos en materia económica y ambiental. La metodología empleada consiste en la revisión y análisis de artículos científicos que se obtuvieron mediante consulta de bases de datos como Redalyc, Scielo, Dialnet, World Wide Science, entre otros. Lo anterior, además de señalar la importancia de la logística inversa como estrategia para que las cadenas de suministro y empresas nacionales e internacionales, salvaguarden el medio ambiente y desarrollen procesos cada vez más tecnificados para el retorno de las piezas, con el objetivo de operar eficientemente y recuperar valor a los productos.

2. LOS AEE Y RAEE: CONCEPTOS Y AVANCES NORMATIVOS

Antes de hablar de los RAEE es importante entender el concepto de AEE, ya que es gracias a este que surgen los residuos que son objeto de preocupación global. Los Aparatos Eléctricos y Electrónicos, por sus siglas en español AEE, y en inglés como Electrical and Electronic Equipment, hace referencia a los aparatos que son usados a nivel doméstico, como también a nivel profesional (Prada, 2011). La Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea (2012), los entienden como:

(...) todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica (...) y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos, y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1 000 voltios en corriente alterna y 1 500 voltios en corriente continua (...) (p. 43)

A nivel nacional, según la Ley 1672 de 2013, consideran como “todos los aparatos que para funcionar necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, así como los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir dichas corrientes” (Vega, 2018, p. 17)

Por su parte, los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, por sus siglas en español RAEE, y en inglés Waste Electrical and Electronic Equipment (WEE), hace alusión según Cerón, Vidal, Peña & Osorio (2015, p. 174), “(...) a cualquier aparato que utilice un suministro de energía eléctrica para su funcionamiento y que haya alcanzado el fin de su vida útil”. La Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea (2012, p. 43), bajo la noción de que los dueños de los aparatos pueden deshacerse de ellos por obligación o intención (artículo 3 de la misma directiva), entienden los RAEE como “(...) todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos (...) este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha (...)”. (p. 43)

Por último, la Ley 1672 de 2013, la define “(...) como los aparatos eléctricos o electrónicos en el momento en que se desechan o se descartan (...)” (Colombia. Congreso de la Republica, 2013, p. 3). Todas las anteriores definiciones, tienen en cuenta las piezas consumibles que tiene un valor en el mercado, a excepción de aquellos subcomponentes que son considerados peligrosos y que requieren de un tratamiento especializado por los elementos químicos peligrosos que la componen (Martínez, 2013; Vega, 2018).

La Unión Europea estableció dos tipos de categorizaciones para los AEE que permite una gestión organizada de los RAEE en términos de su regulación. En el marco de la Directiva 2002/96/UE, puesta en marcha desde el año 2003, se tiene la primera, en la que se presentan 10 categorías conforme su tipología, es decir, una clasificación desde el aparato en si (Ver: Tabla 1). De esta forma, a la primera y segunda categoría se les asignó el color blanco, para el caso de la tercera y cuarta categoría, gris y marrón respectivamente, aunque esta directiva quedó derogada totalmente para el año 2014 (según el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2012) (MinAmbiente, 2017, p. 36; Vega, 2017).

Tabla 1. Clasificación de los RAEE según Directiva Europea 2002/96/CE

Categoría	Ejemplos
1. Grandes electrodomésticos	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, hornos, ventiladores eléctricos, etc.
2. Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, tostadoras, freidoras, molinillos, etc.
3. Equipos de tecnologías de la información y telecomunicaciones	Ordenadores portátiles, impresoras, copiadoras, calculadoras, teléfonos inalámbricos y móviles, etc.
4. Aparatos eléctricos de consumo	Radios, televisores, videocámaras, paneles fotovoltaicos, etc.
5. Equipos de iluminación	Luminarias para lámparas fluorescentes, rectas, compactas, de descarga, de alta intensidad, de sodio de presión, de sodio, etc.
6. Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladradoras, sierras, máquinas de coser, herramientas para tornear, etc.

7. Juegos y equipos deportivos	Trenes eléctricos o coches de carreras en pista eléctrica, consolas portátiles, video juegos, ordenadores para realizar ciclismo, submarinismo, correr, hacer remo, etc.
8. Equipos médicos	Aparatos de radioterapia, de cardiología, de diálisis, ventiladores pulmonares, aparatos de medicina nuclear, etc.
9. Instrumentos de monitoreo y control	Detectores de humos, reguladores de calefacción, termostatos, aparatos de medición, pesaje o reglaje para el hogar o como material de laboratorio, etc.
10. Máquinas dispensadoras	Máquinas expendedoras automáticas de bebidas calientes, de botellas o latas, frías o calientes, de productos sólidos, de dinero, etc.

Fuente: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2003.

La segunda categorización se da a partir de la Directiva 2012/19/UE, la cual empezó a regir desde mediados del 2018 con el objetivo de proteger el medio ambiente y la salud humana, establece 6 categorías bajo un criterio totalmente diferente a la primera: las posibles fracciones de recolección y separación de los RAEE, o sea, desde el punto de vista de su gestión (Ver: Tabla 2) (MinAmbiente, 2017; Vega, 2017), siendo este el marco para el caso de Colombia; directiva que obligan a los Estados a gestionar estos residuos.

Tabla 2. Categorización de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) en la UE según Directiva RAEE de 2012

Categoría	AEE considerados en la categoría
1. Aparatos de intercambio de temperatura	Neveras, congeladores, aparatos que suministran automáticamente productos fríos, aparatos de aire acondicionado, equipos de deshumidificación, bombas de calor, radiadores de aceite y otros aparatos de intercambio de temperatura que utilicen fluidos diferentes al agua
2. Monitores, pantallas, y aparatos con pantallas de superficies superior a los 100 cm ²	Pantallas, televisores, marcos digitales para fotos con tecnología LCD, monitores, computadores portátiles, incluidos los de tipo notebook y tabletas.
3. Lámparas	Lámparas fluorescentes rectas, fluorescentes compactas y fluorescentes; lámparas de descarga de alta intensidad
4. Grandes aparatos (con una dimensión exterior superior a 50 cm)	Lavadoras, secadoras, lavavajillas, cocinas, cocinas y hornos eléctricos, hornillos eléctricos, placas de calor eléctricas, luminarias; aparatos de reproducción de sonido o imagen, equipos de música (excepto los órganos de tubo instalados en iglesias), máquinas de hacer punto y tejer, grandes ordenadores, grandes impresoras, copiadoras, grandes máquinas tragamonedas, productos sanitarios de grandes dimensiones, grandes instrumentos de vigilancia y control, grandes aparatos que suministran productos y dinero automáticamente, paneles fotovoltaicos
5. Pequeños aparatos (sin ninguna dimensión exterior superior a 50 cm)	Aspiradoras, máquinas de coser, luminarias, hornos microondas, aparatos de ventilación, planchas, tostadoras, cuchillos eléctricos, hervidores eléctricos, relojes, maquinillas de afeitar eléctricas, básculas, aparatos para el cuidado del pelo y el cuerpo, calculadoras, aparatos de radio, videocámaras, aparatos de grabación de vídeo, cadenas de alta fidelidad, instrumentos musicales, aparatos de reproducción de sonido o imagen, juguetes eléctricos y electrónicos, artículos deportivos, ordenadores para practicar ciclismo, submarinismo, carreras, remo, etc., detectores de humo, reguladores de calefacción, termostatos, pequeñas herramientas eléctricas y electrónicas, pequeños productos sanitarios, pequeños instrumentos de vigilancia y control, pequeños aparatos que suministran productos automáticamente, pequeños aparatos con paneles fotovoltaicos integrados.
6. Herramientas eléctricas y electrónicas	Teléfonos móviles, GPS, calculadoras de bolsillo, encaminadores, ordenadores personales, impresoras, teléfonos.

Fuente: Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea (2012), adaptación del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017)

Por otro lado, siguiendo los estudios realizados por el Instituto para el Estudio Avanzado de la Sostenibilidad de la Universidad de las Naciones Unidas (Baldé, Wang, Kuehr, & Huisman, 2015) citado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017, p. 50), en el plano internacional se dice que aproximadamente para el año 2018 la generación de RAEE estuvo en 49.8 millones de toneladas, con un promedio de crecimiento del 4 o 5% anual (Ver: Tabla 3).

Tabla 3. Generación global de RAEE

Año	RRAE generados (Mt)	Población (Miles de millones)	RAEE generados por cápita (kg/habitante)
2010	33,8	6,8	5,0
2011	35,8	6,9	5,2
2012	37,8	6,9	5,4
2013	39,8	7,0	5,7
2014	41,8	7,1	5,9
2015	43,8	7,2	6,1
2016	45,7	7,3	6,3
2017	47,8	7,4	6,5
2018	49,8	7,4	6,7

Fuente: (Baldé, Wang, Kuehr, & Huisman, 2015), traducido por el MinAmbiente (2017, p. 51).

En el caso de Colombia que cuenta con alrededor de un 17% al 20% en términos de la tasa de aprovechamiento y valorización, dado que ha sido considerado el cuarto país con mayor producción de RAEE en Latinoamérica, teniendo por encima a países como México, Brasil y Argentina (Ver: Tabla 4), se presenta otra problemática que retrasa los avances internacionales para la gestión del RAEE (Obando, 2017, p. 169-170).

Tabla 4. Generación de RAEE América Latina y el Caribe

País	RRAE Per cápita (Kg/hab)	RAEE anual (ktons)	Población	Legislación RAEE a 2013
Belice	6,5	2,3	355 000	No
Costa Rica	7,5	35,8	4 770 000	Si
Guatemala	3,5	55,0	15 870 000	No
Honduras	1,8	1,7	8 546 000	No
México	8,2	957,9	117 181 000	No
Nicaragua	1,7	10,8	6165 000	No
Panamá	8,2	3,2	3 788 000	No
El Salvador	4,8	30,1	6 282 000	No
Argentina	7,0	291,7	41 961 000	No
Bolivia	4,0	44,7	11 246 000	Si
Brasil	7,0	1411,9	201 413 000	No
Chile	9,9	176,9	17 711 000	No
Colombia	5,3	252,2	47 711 000	Si
Ecuador	4,6	72,9	15 699 000	Si
Guyana	6,1	4,7	780 000	No
Perú	4,7	147,6	31 424 000	Si
Paraguay	4,9	34,2	6 930 000	No
Surinam	8,5	4,8	560 000	No
Uruguay	9,5	32,4	3 404 000	No

Fuente: Baldé et al, 2015. Citado por Torres et al. (2016, p. 49)

Gran parte de la población nacional no dimensiona el valor de los RAEE, lo que ha llevado a que estos residuos sean arrojados en rellenos sanitarios mezclándose con la basura tradicional y desconociendo los residuos peligrosos (RESPEL) que pueden llegar a ser más de 500 elementos (Ver: Tabla 5), además la mayoría de los actores que trabajan lo hacen de manera informal y artesanal, sin seguir los requerimientos de seguridad que afecta al directamente involucrado y sectores aledaños a la realización del proceso de recuperación (Martínez, 2013, p. 36; Ramírez, 2010; López et al., 2019; Ylä-Mella et al., 2015). Los sectores que se han encargado del trabajo formal se han centrado en el proceso de reciclaje, donde se hace una “(...) clasificación por tipo y tamaño, testeo, proceso manual de desmantelamiento (...) los materiales férricos se prensan y funden, procesos mecánicos (...) separación de componentes no metálicos, recuperación de metales y disposición final (Fundación ECOTIC, 2011. Citado por Prada, 2011, p. 6).

Tabla 5. Componentes y sustancias de los RAEE - RESPEL

Sustancias	Localización en los RAEE
Compuestos halogenados	
PCB (bifenilos policlorados)	Condensadores, transformadores, interruptores de potencia.
TBBA (tetrabromo bisfenol A)	Retardantes de llama para plásticos (componentes termosplásticos, aislamiento del cable).
PBB (polibromobilfenilos)	
PBDE (éteres de difenilo polibromado)	
Clorofluorocarbonos (CFC)	Unidad de refrigeración, espuma del aislamiento
PVC (policloruro de vinilo)	Aislamiento de cables
Metales pesados y otros metales:	
Arsénico	Pequeñas cantidades en forma de arseniuro de galio en diodos emisores de luz (LED)
Bario	Captadores (getters) en Tubos de Rayos Catódicos (TRC)
Berilio	Fuentes de potencia que contiene rectificadores controlados de silicio y lentes de rayos X
Cadmio	Baterías recargables de NiCd, película fluorescente (pantallas de TRC), tintas de impresoras y tóners, máquinas de fotocopiadoras (tambor de impresión)
Cromo VI	Cintas de datos, discos flexibles
Plomo	Pantallas de TRC, baterías, tarjetas de circuito impreso
Litio	Baterías de litio
Mercurio	Lámparas fluorescentes que proporcionan iluminación en LCD, en algunas pilas alcalinas y mercurio como contacto en interruptores
Níquel	Baterías recargables de NiCd o NiMh, cañón de electrones en los TRC
Tierras raras (litio, europio)	Capa fluorescente (pantalla de los TRC)
Selenio	Máquinas de fotocopiadoras antiguas (foto tambores)
Sulfuro de zinc	Interior de las pantallas de TRC, mezclado con metales de tierras raras
Otros	
Polvo de tóner	Cartuchos de tóner para impresoras láser y copadoras
Sustancias radioactivas	
Americio	Equipos médicos, detectores de fuego, elemento activo de detención de detectores de humo

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017.

De esta forma, las empresas líderes y el Estado Colombiano, intentan dimensionar el potencial de los RAEE en un contexto de devolución de productos y materiales que regresan a las empresas para su reparación, reciclaje y re-fabricación, debido asuntos de orden financiero que las empresas internacionales no pueden costear, siendo importante entonces la aplicación de lo que se conoce como Logística Inversa (LI) para obtener esos beneficios adjuntos a nivel interno, ya que el comercio exterior de los RAEE es cada vez más fuerte (Serrano, Silva & Quintero, 2016, p. 77; Conejo, 2016).

Algunos de los avances normativos (últimos 5 años) más recientes a nivel nacional han sido: el Decreto 284 de 2018 “Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Gestión Integral de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos - RAEE Y se dictan otras disposiciones”; la Resolución 2246 de 2017 “Por el cual se modifica el artículo 10 de la Resolución 1297 de 2010 y se dictan otras disposiciones”; el Decreto 1076 de 2016 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”; el Decreto 1079 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporté”.

3. LOGÍSTICA INVERSA (LI) Y LOS RAEE: RETOS DE SU IMPLEMENTACIÓN

La Logística Inversa (LI), puede ser entendida como “(...) el proceso de planear, implementar y controlar eficiente y eficazmente el costo de los flujos de materias primas, inventario en proceso, bienes terminados (...) desde el punto de consumo al punto de origen con el propósito de recuperar el valor primario (...)”¹, o como “(...) una cadena de suministro que es rediseñada para gestionar eficientemente el flujo de productos destinados al reprocesamiento, la reutilización, el reciclaje o la destrucción, usando correctamente todos sus recursos”². Dos definiciones que en general recogen la lógica de la logística inversa: el máximo aprovechamiento del material o elementos de un AEE o PFU.

¹ Rogers y Tibben-Lembke (1999). Citado por Amato (2015, p. 167).

² Dowlatsahi (1998). Citado por Martínez (2013, p. 42).

En su sustento teórico e histórico, se relaciona con la “administración estratégica y competitiva” en pleno contexto de la crisis del petróleo, la aparición del Management Japonés, entre otros aspectos globales. Por ejemplo, el Management Japonés como visión empresarial que aboga por el control y la calidad de sus procesos a través de la no repetición de los errores eliminándolos de raíz, reconocimiento a la relación gente-dinero-cosas (activos fijos), el funcionamiento eficiente de las maquinarias-equipos de trabajo, y el análisis de mercado para obtener el equilibrio y alcanzar las metas empresariales; esto no solo impuso la idea de focalizar los procesos pensando en el producto y consumidor final, sino también en la necesidad de reinventarse a nivel empresarial para ser mucho más competitivos en un mercado que se hacía más global (Amato, 2015). Estos procesos y visiones empiezan a potenciar la discusión alrededor de no solo apuntar la planeación estratégica en aspectos cuantitativos, sino también la medición del aumento de la calidad de vida, los ingresos per cápita, el nivel de escolaridad, el Producto Interno Bruto, entre otros. (Obando, 2017, p. 172-173). En esa misma dirección, producto de la extracción descontrolada de los recursos naturales a través de la logística tradicional, desde el sector empresarial se tiene como iniciativa garantizar a la población venidera satisfacer sus necesidades (teoría Gaia), es por ello que bajo el concepto de sustentabilidad y económica ecológica se empieza a gestar un proceso mundial para generar un impacto ambiental, económico y social mediante la recuperación de los RAEE; meta apremiante de las sociedades actuales³.

La logística inversa nace entonces como la relación de los procesos de recuperación con la logística de las organizaciones porque se considera que una gestión negativa de la logística tradicional, produce efectos no deseados en materia de sustentabilidad.

La LI hace parte de la logística directa y por ende, de la logística integrada. La primera, bajo el concepto del Consejo de Dirección Logística o Council Logistics Management (CLM), entendida como “(...) parte del proceso de la cadena de suministro que planea, ejecuta y controla el flujo y almacenamiento de bienes y servicios, así como la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo (...)”⁴. Y la segunda “(...) la que integra todas aquellas actividades encaminadas a la planificación, implementación y control de un flujo eficiente de materias primas, recursos y productos finales desde el punto de origen al de consumo”, es decir, la logística de entrada, logística interna y logística de salida (Amato, 2015, p.162). Gracias a estas dos, la LI aplica el principio de las 3-R, Reciclaje, Reutilización o Remanufactura y pone en marcha la extensión de la responsabilidad a las empresas como principio clave para el aprovechamiento de las ventajas competitivas, desde todos los eslabones de la cadena de suministro que deja el cambio de modelo tradicional, orientado a la competitividad en costos bajos, volúmenes de producción, entre otros, a uno que pretende generar un valor de orden ambiental, social y económico (como sus tres pilares) que aumente la reputación y marca de las organizaciones en contexto de las TICs (Tecnologías de la Información y Comunicación) (Amato, 2015, p. 139; Vega, 2018, p. 20).

En el caso de los RAEE, las ventajas competitivas de la aplicación de la logística inversa solo se darán en los casos en que se rescate el valor de los artefactos retornados, por eso las empresas deben ser responsables de las decisiones que toman y que afectan el entorno. Esto permite dar paso a otro tipo de procesos que satisfacen al entorno y al cliente como la “economía verde o ecológica” o “logística verde”, utilizado por primera vez en Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), haciendo referencia al aumento de la calidad de vida de los individuos paralelo a la disminución de la emisión de carbono, el uso eficiente de los recursos, medir el nivel de consumo de energía durante la transportación del producto, la reutilización de contenedores, reciclado de embalajes, minimización de la contaminación del suelo, agua, aire y el rediseño ecológico o Ecodiseño. Este último entendido como la fabricación y refabricación de AEE amigables con el medio ambiente, igual de importantes el tema del coste, calidad, estética, entre otros.

El objetivo del ecodiseño es minimizar el impacto ambiental del AEE durante su ciclo de vida que asegura la obtención de un beneficio para los actores involucrados en el proceso de diseño y distribución, como también para el cliente, pensando también en su fácil retorno como RAEE (Reyes et al., 2008; Montoya, 2010; de León et al., 2008; Conejo, 2016). También se habla de conceptos como el de “ecología industrial”, enfocado en el sector económico industrial, el cual aboga por la transferencia de residuos entre empresas, de manera que son vistos como insumos

³ Ver: Chamorro & Rubio (2004); Ceballos & Abreu (2017); Díaz et al. (2019); Peters et al. (2017).

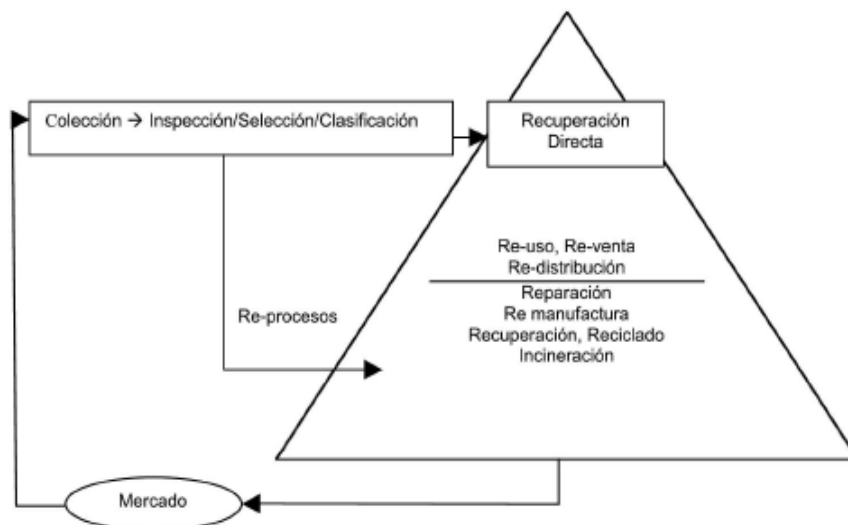
⁴ . Urzelay (2006). Citado por Montoya (2010, p. 65).

aprovechables para el desarrollo de sus cadenas de suministro; por lo que podría existir un sistema productivo basado en leyes ecológicas (Amato, 2015, p.146).

Ahora bien, en palabras de Amato (2015), este sería el proceso regular de la LI (Ver: Figura 1):

(...) **1. Recolección.** (...) puede provenir del consumidor directamente, del canal de distribución, de los scrap o de los recicladores. **2. Inspección.** (...) Aquí se determina si el producto o sus partes pueden ser reutilizadas, remanufacturadas, recicladas o desechadas (...) **3. Remanufactura.** (...) el producto desechado es desarmado (...) luego las partes que puedan utilizarse deben ser limpiadas, restauradas e incluidas en el inventario de la organización (...) **4. Reutilización.** (...) los productos que fueron retornados (...) son utilizados dentro del mismo canal y mercado o en un mercado alternativo (...) **5. Reciclaje.** (...) el producto es desarmado y tratado de manera que sus materiales y partes sean separados (...) Luego son tratados para obtener las cualidades necesarias para su futuro uso. **6. Eliminación.** Algunos productos retornados deben ser eliminados dado que no se los puede procesar dentro de algunos de los mecanismos mencionados anteriormente, aunque también puede ser por razones técnicas o económicas. (...) **7. Redistribución.** (...) relacionada a los productos que han sido comprados en su condición de uso o de remanufactura y se colocan en los mercados originales o en mercados alternativos. (p. 170-171)

Figura 1. Modelo de Logística Inversa (LI)



Fuente: de Brito & Dekker, 2003. Citado por: de León et al., 2008, p. 85

Para el cálculo de los volúmenes de RAEE, siguiendo los planteamientos de Blaser (2009), citado por Cerón et al. (2015, p. 177) se exponen dos métodos de estimación. Para el primer caso se habla del “*método de estimación por suministro de mercado*”, en el cual el RAEE se calcula a partir de datos históricos de fabricación y comercialización (producción y venta) de los grupos de productos, corregidos por las importaciones y exportaciones, presentando la siguiente formula:

$$\text{Generación de RAEE (t)} = \text{Ventas (t)} - \text{VU}$$

Donde “t” hace referencia a los AEE vendidos en un lapso y “VU” a la vida útil de los artefactos que con el tiempo se vuelven residuos. En el caso en que se presenten datos limitados frente al número de ventas, se determina su cálculo o estimación mediante la siguiente formula:

$$\text{Ventas AEE (t)} = \text{Importación (t)} + \text{Producción nacional (t)} - \text{exportaciones (t)}$$

“*El método de estimación por consumo y uso de los aparatos*”, como método alternativo, se calcula tomando 2(...) el número de hogares (h) en un país, la penetración en los hogares (p) por cada aparato (...) el número promedio de aparatos (n) (en los hogares que cuentan con el aparato) y la vida útil (VU) de cada aparato. (Ibíd., p. 177-178). Se presenta de la siguiente forma:

$$h(t) * n(t) * p(t)$$

$$\text{RAEE (t)} = \frac{\text{-----}}{\text{VU(t)}}$$

Ahora bien, en el marco de las ventajas competitivas, en países desarrollados donde coexiste una mayor estructura alrededor de la LI, existen grupos de interés o stakeholders, entendido como “(...) cualquier grupo o individuo que puede afectar o ser afectado por el logro de los objetivos de la empresa (...)”⁵, que puede ir desde los actores principales que están dentro de la cadena de suministro, las empresas encargadas de recuperar los RAEE, los actores especializados que aplican la LI como: transportadores, almacenistas, entre otros, como también actores relacionados de carácter sociopolítico (Estados, ONG, y Ambientalistas), pues han entendido la trazabilidad de estos procesos (Martínez, 2016; López et al., 2019; Chamorro & Rubio, 2004; González & Cueto, 2016). En este sentido, los principales retos que afrontan las organizaciones empresariales en países en vía de desarrollo, incluso algunas en el contexto europeo y anglosajón, para la aplicación de la logística inversa en los RAEE se presentan con la definición de responsabilidades para la recolección y gestión de los residuos, trabajar culturalmente con los distribuidores y comercializadores del papel tan importante que juegan en el proceso de retorno de los RAEE que la REP entendida como “(...) un conjunto de valores o principios que impulsa una organización para convertirse en responsable comprometido con las actividades, indicando especialmente que la logística inversa es una de ellas”⁶, puede ser trabajada de forma individual o colectiva y alcanzar los umbrales de recogida del 65% anual respecto al peso medio de los AEE entrantes al mercado para este año 2019, según Directiva 2012/19/UE de 2012 (MinAmbinete, 2017, p. 36).

Otros retos, particularmente en países en vía de desarrollo, se presentan en el tratamiento de los problemas técnicos, financieros, comerciales y estratégicos, dado que en muchos países europeos y en el contexto anglosajón no se asumen los costos de tratar con este tipo de fenómenos, por lo que asumir la responsabilidad empresarial, como también ambiental, económica y social, por ejemplo en Colombia donde la infraestructura es poca, se vuelve o puede ser vista como una oportunidad aun con los pocos recursos que nivel Latinoamérica cuentan para dicha gestión; siendo importante la cooperación de los stakeholders para salir de la informalidad (de León et al., 2008; Díaz et al., 2019). En la tabla 6 se muestra el % de hogares a nivel nacional con algunos AEE que permite pensarse en las posibilidades que se pueden presentar para desarrollar procesos empresariales para el manejo de los RAEE.

Tabla 6. % de hogares a nivel nacional con alguno de los AEE durante el 2017

AEE	% de hogares a nivel nacional que manifestó poseer alguno de los AEE durante el 2017		
Total	Cabecera	Centros poblados y rural disperso	
Nevera o refrigerador	86,5	90,4	71,5
Máquina lavadora de ropa	63,6	71,6	32,9
Plancha	58,9	65,5	33,7
TV, LCD, Plasma O	52,5	60,0	23,7
LED			
TV a color convencional	52,3	48,9	65,4
Equipo de sonido	49,9	54,3	32,9
Ventilador o abanico	39,9	41,8	32,7
Reproductor de video (DVD - Blue ray, otros)	29,1	32,6 (Cabeza, 2012)	15,5
Computador portátil	28,1	33,3	8,2
Computador de escritorio	23,3	27,9	5,7

Fuente: DANE (2018a). Adaptado por Vega (2018, p. 17)

Así que para sortear los retos, el proceso implica la aplicación de un sistema normativo, las secciones operativas para

⁵ Freeman (1984, p.24). Citado por Amatos (2005, p. 88)

⁶ Hickford y Cherrett (2007). Citado por Amato (2015, p.153)

la recolección y procesamiento de los RAEE, el proceso de financiación y la forma como se debe llevar el control de flujo de los RAEE, debe existir quienes se encarguen de coordinar las acciones operativas y un actor que vele por el cumplimiento de las reglas de juego; normalmente termina siendo el Estado a través de las políticas públicas y marcos regulatorios (MinAmbiente, 2017, p. 31-33; Serrano et al., 2017).

4. BENEFICIOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LA LOGÍSTICA INVERSA EN LOS RAEE

De acuerdo a lo planteado por Elkington (1994) a través de su Triple Botton Line (TBL) y en el marco de la sustentabilidad, se expone que los tres pilares fundamentales de la logística inversa son el económico, ambiental y social, que se logra a través del conocimiento a profundidad y de la mirada integral de la cadena productiva, la cual dirige todas las acciones empresariales a la generación de valor y productividad en términos cuantitativos y cualitativos, permitiendo el cumplimiento de los pilares mencionados en un contexto que aboga por la gestión de los AEE como producción verde y el aprovechamiento de los RAEE, puesto que hay una mayor probabilidad de su retorno, una oportunidad de negocio para muchos años y una pronta respuesta a las demandas por productos más ecológicos (Amatos, 2015; 110-11). Los incentivos que se obtienen de la aplicación de procesos integrales en la cadena de suministro, tienen injerencia al interior y exterior de las organizaciones, pero requieren inversión e implementación de tecnologías que no son accesibles para los países en vía de desarrollo, no están disponibles y algunas no van a la vanguardia respecto a los patrones de consumo actuales; partiendo de una base de 1.900 millones habitantes para el 2009 se espera que para el 2030 sean alrededor de 4.900 millones de habitantes clase media con poder adquisitivo (Ver: Tabla No. 7), traducido en el aumento del flujo de residuos que no serán tratados y generan todo tipo de externalidades (Peeters et al., 2013. Citado por Peters et al., 2017). De manera que aunque no se cuente con la aplicación de la LI y exista una obligación de las organización con y sin fines de lucro para con el planeta y la sociedad, se presentan algunos de los beneficios económicos y ambientales que se obtienen de la aplicación de la LI en los RAEE.

Tabla 7. Número y proporción de la clase media mundial (2009, 2020 Y 2030)

(En millones y porcentajes)

Región	Número (2009)	Proporción (2009)	Número (2020)	Proporción (2020)	Número (2030)	Proporción (2030)
América del Norte	338	18	333	10	332	7
Europa	664	36	703	22	680	14
Centroamérica y América del Sur	181	10	251	8	313	6
Asia y el Pacífico	525	28	1740	54	3228	66
África Subsahariana	32	2	57	2	107	2
Oriente Medio y Norte de África	105	6	165	5	234	5
Mundo	1845	100	3249	100	4884	100

Fuente: Kharas, Homi (2010), "The Emerging Middle Class in Developing Countries", Working Paper, N° 285, Centro de Desarrollo de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), (2010, p. 28)

Los beneficios económicos son uno de los más llamativos, pero el sector empresarial y la ciudadanía también deben apuntar al respeto del medio ambiente y la equidad social:

a) Genera entre 5 y 7 veces más empleos formales si se aplica con los requerirnos de ley y técnicos, dado que a nivel mundial se presenta una tasa de producción anual del 4% al 5% de RAEE que genera alrededor de 30 a 50 millones de toneladas (MinAmbinete, 2017, p. 43-44; Transel 2017, Singh et al., 2016, Kumar et al., 2017 citado por Vega, 2018, p. 13); b) la recuperación del valor de los RAEE mejora el capital de inversión y abre mercados para los bienes retornados; c) la oferta de productos verdes permite atesorar clientes conscientes ambientalmente y disminuir responsabilidades en el tema, al igual que tarifas de seguros y costos en disposición que pagan los compradores; d) del retorno de los artefactos se obtienen datos específicos sobre la eficacia de la mercadotecnia, el funcionamiento del producto, los intereses del cliente y la rentabilidad de la cadena de suministro; e) mejora la imagen corporativa a través del marketing ecológico; f) facilita a

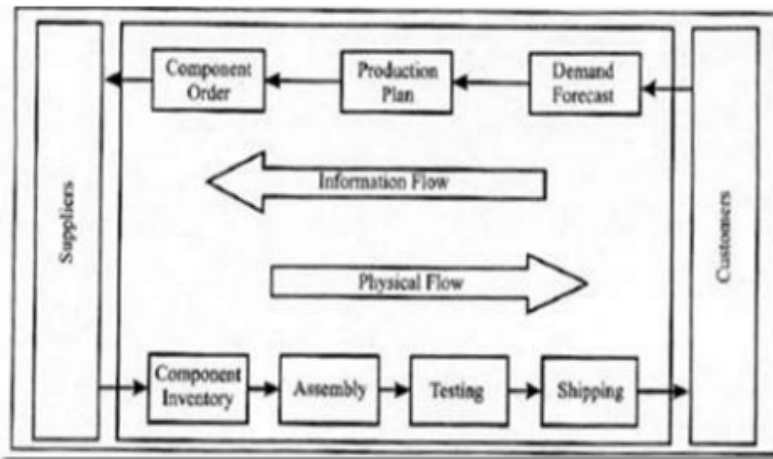
comerciantes y proveedores la oportunidad de obtener datos importantes sobre el producto devuelto; g) provee la oportunidad de medir la reacción, opinión y satisfacción del cliente con relación al producto; h) generar innovaciones que compensan el daño ocasionado; i) minimizar la generación de RAEE; j) ahorro y disminución en los costos de fabricación y el precio del artículo final; k) cumplimiento de la normativa vigente. Todas vistas como ventajas competitivas, ya que tienen un carácter íntimamente estratégicas que se acompaña del aporte social a través de los conceptos de Responsabilidad Social (RS) y REP por la presencia de grupos de interés. (Villamizar, 2012, p. 13. Citado por: Amato, 2015, p. 141; Conejo, 2016. Citado: por Vega, 2018, p. 24; Chamorro & Rubio, 2004, p. 61-62; Stock et al., 2002. Citado por: Álvarez et al., 2007; Serrano et al., 2016, p. 59)

Por consiguiente los beneficios ambientales tomados como externalidades, generan: a) reducción en el uso de materias primas no renovables a través de energías limpias para la generación de AEE; b) aporte a la reducción del fenómeno del calentamiento global; c) la protección del agua, suelo y aire; d) reducción de enfermedades respiratorias; e) disminución de muertes ocasionadas por manejos inadecuados de RAEE, f) protección del ecosistema (fauna y flora). (Obando, 2017; Amato, 2015; Amato, 2015a). Impactos que generan un cambio generalizado en la calidad de vida de todos los elementos vivos que hacen parte del planeta.

Por último, algunas experiencias a nivel internacional punteras en el tema se realizan en empresas como, Xerox, IBM y Hewlett Packard (HP). En el caso de las experiencias nacionales, se cuenta en Bogotá con una alianza público-privada con la Sec. Distrital de Ambiente, en la que se promueve la entrega voluntaria de RAEE en algunos puntos fijos de la ciudad, que desde el año 2011 al 2015 logro recolectar alrededor de 72.4 toneladas en cuanto a televisores, radios, computadores, planchas, etc., lo mismo que a través del programa nacional “Computadores para Educar” en los cuales se recogieron 3.880 toneladas en ordenadores para instituciones oficiales en el periodo 2007-2013, a través del CENARE (Centro Nacional de Aprovechamiento de Residuos Electrónicos) (MinAmbinete, 2017, p. 57). También se cuenta con la participación de Belmont Trading, empresa que tiene su sede principal en Bogotá y en países como Perú, Chile y Ecuador, dedicada al acopio y exportación de RAEE provenientes de equipos celulares. EcoCómputo, creada como iniciativa del gobierno nacional como colectivo de empresas que vigila la recolección y gestión ambiental de ordenadores y residuos periféricos en la ciudad de Barranquilla, Cali, Bogotá y Medellín. Lito S.A., Ecyclus S.A.S., C.I. Recyclables S.A.S., ASEI Ltda., Empresas MAC., son otras de las experiencias en el país (Martínez, 2016, p. 59-60). A continuación se presentan otros casos exitosos:

De acuerdo a lo expuesto por Frías (2014, p. 68) donde se estudia el caso de NEC Computers International (Nec-Ci), creado en 1999, es una empresa ubicada en Francia, la cual trabaja con PCs (la cual cuenta con 60 puestos de trabajo y una línea semiautomática), portátiles (con capacidad para 20.000 unidades por mes) y servidores de negocios fuera de Estados Unidos y Japón (con una línea de ensamblaje adaptada a los sistemas). Para el caso de los computadores de los portátiles y servidores, la empresa cuenta con una Unidad de Negocio de Notebooks y Servidores (BUNS) con sistema computarizado que permite seguir el proceso de control y producción de inventario hasta el ensamblaje y control de calidad (Ver: Figura 2) (Frías, 2014, p. 68)

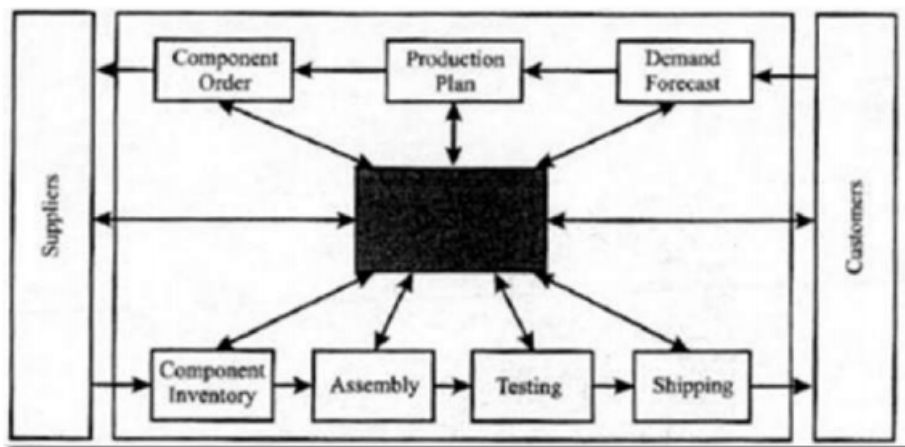
Figura 2. Flujo físico y de información en la cadena de suministro de BUNS



Fuente: Frías, 2014, p. 69.

El ciclo del producto de la empresa es relativamente corto, debido a nuevos procesadores que aparecen en el mercado, es decir, una rápida obsolescencia que trae consecuencia a nivel de costos en activos que se pueden volver, rápidamente en pasivos; contando además que las empresas en el proceso de ensamblaje también tiene un porcentaje de error que retrasa la salida de un procesador, lo mismo que devoluciones por fallas, entre otros. Para evitar estos inconvenientes, dentro de la misma unidad se crea una denominada Notebook Server Recovery (NRS) (ver: Figura 3) para gestionar todo el proceso de retorno de los aparatos por fallas por parte de los clientes para ser reparados o recuperar lo que se pudiese de cada unidad, bajo el criterio que si en 24 horas no podía ser reparado por la unidad normal, sería enviado a la NRS y tratar de producir con un nueva etiqueta los procesadores; llamado Return Material Authorization (RMA) (Ibíd., p. 71).

Figura 3. NSR como captador de información de la cadena de suministro de BUNS



Fuente: Frías, 2014, p. 73.

De esta forma, la importancia de la NSR permitió recopilar información relacionada con las devoluciones, reparaciones, la opinión de los clientes, información sobre frecuencia y naturaleza de los fallos, vida útil de los procesadores, etc., que dio paso a un monitoreo riguroso de las unidades encargadas de fabricación del producto.

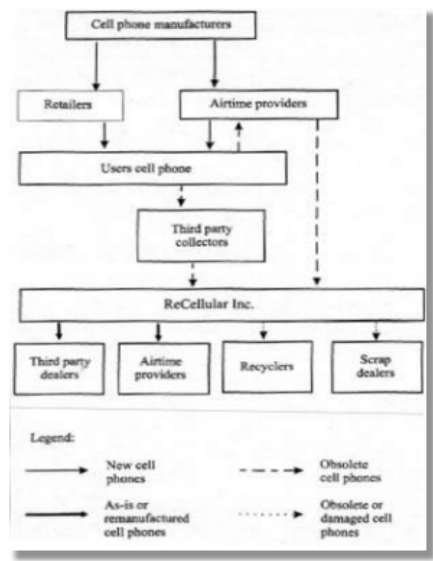
Uno de los sistemas de remanufactura más ampliamente reportados es el de Xerox Corporation, una compañía global que ofrece productos y servicios para imprimir, publicar, copiar, almacenar y compartir documentos. Xerox ha recuperado equipos usados desde la década de 1960, pero desarrolló un sistema de remanufactura más formal a fines de la década de 1980 y principios de la década de 1990 para maximizar la rentabilidad de las operaciones de remanufactura. Hoy en día, Xerox tiene programas de remanufactura para fotocopiadoras usadas y cartuchos de impresión y tóner de todo el mundo. Cuenta con instalaciones de remanufactura en los Estados Unidos de América (EE. UU.), El Reino Unido, los Países Bajos, Australia, México, Brasil y Japón. Al remanufacturar fotocopiadoras usadas, Xerox ha ahorrado millones de dólares en costos de materia prima y eliminación de residuos. La remanufactura también ha ayudado a Xerox a mejorar su imagen como una empresa con conciencia ambiental.

Algunos analistas afirman que el éxito de Xerox se debe al hecho de que sus productos son robustos, grandes, fáciles de desmontar y valiosos cuando se remanufacturan. Aunque el éxito de Xerox puede depender en última instancia de estos factores, la compañía ha tenido que invertir sustancialmente en los últimos diez años para garantizar la viabilidad de sus procesos de remanufactura. La integración de la remanufactura en la estrategia comercial general de la compañía también ha sido fundamental para el éxito de Xerox. (Kerr & Ryan, 2001, p. 75-81)

Para el autor Frías, (2014, p. 75), donde se revisa el caso Whirlpool Netherland Bauknecht e Igns. Empresa encargada de la venta, distribución de electrodomésticos con sede en Estados Unidos, Holanda y Bélgica; estos dos últimos como sitios de distribución. Igualmente, su centro de ensamblaje se encuentra en Italia. Las piezas que requieren ser reemplazadas se hacen a través de los ingenieros de la empresa o independientes sin costo alguno, lo mismo que el embalaje utilizado. Las piezas recuperadas por la empresa se hacen bajo los criterios de evitar consultas con agentes externos, reparaciones con personas no especializadas y tener un control de calidad de los elementos retornados a los productores, pues algunas piezas siendo reparadas pueden ser reutilizadas, mientras que otras no, por lo que es necesario analizarlas antes de asumir ciertos costos (Ibíd., p. 75). De manera que el proceso funciona con la notificación del cliente a su proveedor directo, el cual extiende comunicación con la central de servicio al cliente de la empresa y este último determina la solución pertinente, de acuerdo a su cultura empresarial en Breda.

El sistema de la empresa funciona a nivel online y presencial, donde el ingeniero especializado después de su proceso entrega factura y formulación de satisfacción del servicio al cliente; información que sirve para mejorar los procesos. Este juega un papel muy trascendental, no solo se encarga de proporcionar las piezas por garantía o instalar las piezas que el usuario quiera asumir el costo, sino también de clasificar la piezas que reemplazo para saber si pueden ser reutilizadas. Posteriormente, dichas piezas son enviadas a Italia donde son nuevamente analizadas y determinar su reutilización, minimizando el uso de materias primas. En este sentido, la logística de la empresa está en manos de los ingenieros como principal filtro de la gestión empresarial de satisfacción del cliente a través de respuestas inmediatas por garantía y en la aplicación de la logística inversa por la recuperación, de primera mano, de los artículos defectuosos de sus productos.

Por otra parte para Frías, (2014, p. 78), donde trata el caso de Recellular Inc. Que es una empresa de origen estadounidense que trabaja con teléfonos celulares usados y re-fabricados, que inicialmente tenía como actividad el alquiler de estos aparatos que en sus inicios era muy costoso, incluso para el mercado de los re-fabricados. La empresa, mejorando la calidad de los teléfonos re-fabricados, vio una oportunidad amplia en ese mercado, tanto que en la actualidad opera en el continente africano, el oeste europeo, y el medio oriente, siendo una de las empresas líderes. Sin embargo, para llegar a ser una muy bien ocasionada, a Charles Newman como fundador y su equipo de trabajo, toco sortear tres situaciones relacionadas con la cadena de suministro: (1) el no tener tecnología estándar, limitaba la comercialización de los teléfonos móviles, pues en algunas zonas los celulares funcionaban con otras frecuencias; (2) comercializar lo más rápido posible los teléfonos re-fabricados, dado que su vida útil era muy rápida convirtiéndolo en un artefacto viejo; (3) existía una limitación en el número de tecnologías soportadas en los sistemas por parte de los proveedores, limitando de paso el potencial para alguno celulares usados. (Ibíd., p. 78). En la figura 4 se muestra todo el proceso de la cadena de suministro, como también de los proveedores de cobertura a los clientes de celulares.

Figura 4. Red de Recellular Inc incluyendo los flujos de teléfonos móviles nuevos

Fuente: Frías, 2014, p. 78.

La empresa no era la encargada, de primera mano, de recolectar los celulares al consumidor final, lo hacía a través de fundaciones caritativas, los mismos proveedores de cobertura y otras fuentes, de manera que estos últimos eran los encargados directamente de hacer el proceso de recolección de los artefactos. De las principales estrategias empleadas por Recellular Inc era el establecimiento de relaciones de fidelidad para garantizar el suministro de los teléfonos, de manera que el siguiente proceso era:

Cuando ReCellular obtenía los teléfonos móviles usados, estos eran seleccionados y clasificados por estándar de calidad: los que se vendían sin ser modificados o los refabricados por los proveedores de cobertura, los third party collectors y por las distribuidoras que trabajaban con los proveedores de cobertura. Los móviles que estaban obsoletos, dañados o de difícil recuperación, eran vendidos a recicladores o chatarreros. Los recicladores recuperaban los polímeros, otros materiales en los móviles como embalajes y materiales base de las baterías. Los chatarreros separaban los móviles por materiales y partes individuales para la reutilización de estas dándoles otras aplicaciones. (Ibíd., p. 79)

Este proceso permitía desarrollar a la empresa un modelo para los celulares, la adquisición de teléfonos de calidad y las ganancias cada vez mayores, en un contexto en el que las Tecnologías de la Información y la Comunicación cobraban fuerza y, por ende, la ampliación de los mercados para su comercialización ya que el número de teléfonos re-fabricados iba en constante aumento. Esto le permitió, no solo convertirse en una de las empresas más importantes a nivel mundial, también le significó promover aportes a las externalidades ocasionadas por la masiva aparición de RAEE a nivel global. De esta forma, realizó aportes al medio ambiente a través de la reducción de estos residuos en la industria secundaria de Wireless, pues establecieron como parte de su planeación estratégica que ninguno de los elementos que eran parte estructural de los celulares, terminaran siendo residuos en vertederos tradicionales o vistos como chatarra. (Ibíd., p. 80)

Dentro del proceso que realiza Recellular Inc., se destaca el hecho de incorporar una escala de seis puntos con precios vinculados a todos los tipos de celulares adquiridos, de manera que se pudiera ser controlada la calidad, tiempos y precios de estos aparatos, pues podían afectar las metas empresariales, dado que la principal herramienta de la empresa es el precio que paga por obtener el teléfono móvil. Adicionalmente, la empresa realizó inversión en recolección, transporte, almacenaje y re-fabricación, es decir, en logística en un contexto en el que el transporte aéreo era barato, lo que le significaba una práctica eficiente en costos (Ibíd.). Esto permitió potencializar la gestión empresarial de Recellular Inc., mediante la promoción de procedimientos inteligentes y estandarizados, especialmente en materia de clasificación de

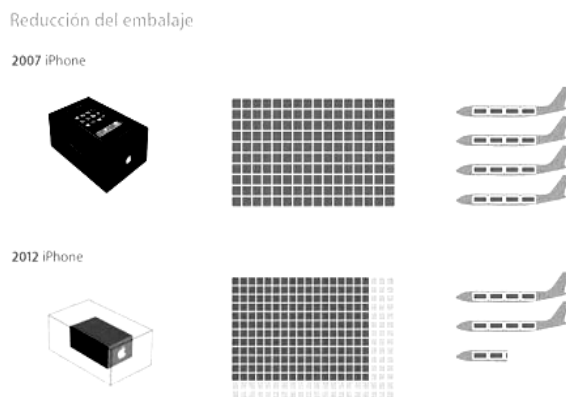
celulares usados.

Los teléfonos móviles por lo general, tienen una vida corta y a menudo, se descartan antes del final de su vida funcional. Más allá de la necesidad de corregir este comportamiento, también es necesario idear formas de motivar a los ciudadanos para que recolecten sus teléfonos adicionales no utilizados del almacenamiento y los devuelvan para su reciclaje. Se argumenta que los consumidores deben ser conscientes de que todavía hay un valor en el producto que podría recuperarse a través de la reutilización, restauración o recuperación de materiales y en segundo lugar, que se les debe ofrecer una compensación para proporcionar suficiente Motivación para la acción. Por lo tanto proporcionar un reembolso podría ser un recordatorio suficiente y un incentivo para devolver los teléfonos viejos para reciclarlos. (Ylä, Keiski, Pongrácz, 2015)

Cabe destacar el caso de Apple, mencionado por Frías, (2014, p. 89), que siendo una de las empresas líderes en el tema de telefonía móvil, portátiles, ordenadores de mesa, y tabletas electrónicas, sus productos generan alrededor del 98% de impacto ambiental negativo en cuanto a la emisión de carbono. Sus principales estrategias han estado enfocadas, no solo en el reciclaje, sino también en la minimización de algunos materiales gracias a nuevas formas de soldadura, la exclusión de elementos peligrosos como el PVC y los BFR de algunos componentes de hardware y el uso de pantallas LED sin mercurio y arsénico; productos menos perecederos (Ibíd., p. 89).

La empresa cuenta con un Código de Conducta para Proveedores, en el que se somete a vigilancia el proceso de fabricación, ya que tiene como pilar la elaboración de productos con, por ejemplo, plásticos, papel reciclado, biopolímeros, tintas de origen vegetal, ente otros. Asimismo, “(...) para el transporte cuentan con un equipo de expertos ingenieros que diseñan y desarrollan embalajes cada vez más ligeros, compactos y resistentes. De esta manera (...) cabe más producto y (...) se necesitan menos aviones y barcos” (Ibíd., p. 89) (Ver: Ilustración 1).

Ilustración 1. Reducción de embalaje, Apple



Fuente: web corporativa, Apple. En: Frías (2014, p. 89)

En el caso de los RAEE, estos son recolectados a través de personal de la empresa y voluntarios en cada uno de los países donde se comercializan los productos, lo mismo que de dirigirse a las tiendas para depositar los RAEE y que sean los empleados quienes hacen el proceso de reciclaje; residuos que son comparados con el total comercializado. Algunos productos como el iMac, se construye con un 30% de RAEE reciclado. De manera que, el proceso logístico para el retorno de los aparatos fuera de uso o sus elementos por individual se realizan a través de puntos específicos establecidos por la empresa alrededor del mundo. (Ibíd., p. 90)

A continuación revisaremos el caso con relación a las red holandesa en el documento tratado por Frías, (2014, p. 81-82), que habla de recolección y procesado de grandes electrodomésticos de línea blanca y marrón que están en fuera de

uso o su vida útil ha llegado a su final. Este ejemplo fue replicado en otros estados miembros de la Unión Europea, además porque en este país se establece un marco normativo que obliga a tomar cartas en el asunto, sobre estos productos para mitigar sus efectos en el medio ambiente, particularmente de aparatos que contengan (H)CFC. Esta apuesta legislativa responsabilizó a los productores de los proceso de retorno o recogida de los artefactos terminada su vida útil, de manera que les solicito una estrategia para establecer el proceso logístico de retorno de los RAEE, entre los que se debían mencionar el proceso de recolección, el porcentaje recolectado reutilizable y disponible para otros aspectos medioambientalmente sostenibles, el proceso de transporte, procesado de los productos, monitoreo y su financiación. Algunas de las organizaciones de trabajo en el tema son la Organización de Aparatos de Hogares en Holanda (VLEHAN), la Organización Holandesa de Productores, Importadores y Distribuidores de componentes electrónicos (FIAR) y la Asociación Holandesa de Residuos y Gestión de Limpieza (NVRD). (Ibíd., p. 81-82)

El trabajo de recolección y procesamiento de los elementos es de carácter descentralizado. El primero se realiza en algunos municipios aledaños a la capital de Holanda y estaciones de tren regionales, mientras que el segundo bajo la metodología o procesadores “trae-recoger” desde dichas estaciones de tren de los procesadores o puntos establecidos a dirigidos a través de contenedores. Es decir, el proceso de recolección-procesado empieza con los propietarios de los aparatos, después el cliente solicita retirar el RAEE (cuando son productos grandes, se hace paralelo a su sustitución por uno nuevo) o llevarlos al punto establecido a nivel municipal. De hecho, los depósitos hacen parte de las estaciones de tren regionales. (Ibíd., p. 84)

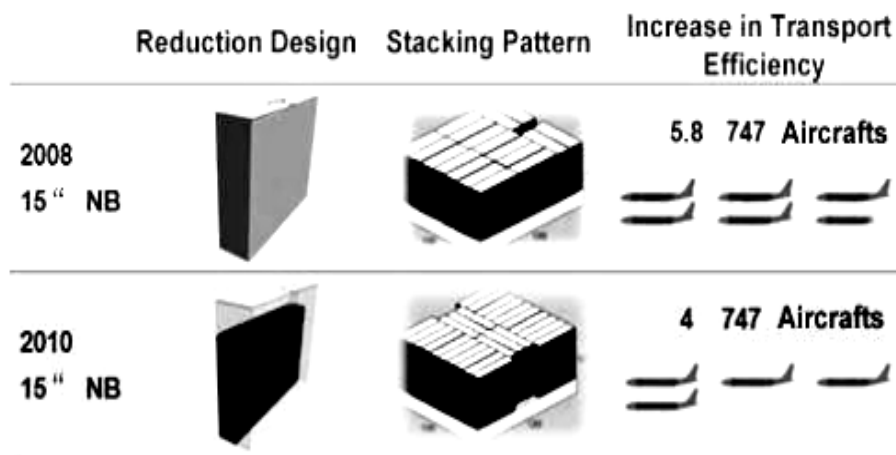
Respecto a la planificación y control, se pueden distinguir dos niveles: el nivel de completar la red y el nivel de las partes individuales involucradas en la red. Esencialmente, la red completa es una red push: las entradas son entregadas más o menos de manera autónoma en un determinado momento y una cantidad establecida. En este nivel no hay planificación y control, a parte de la planificación requerida para los recursos por tiempos de ejecución de las diferentes actividades, por la recolección y el procesado. El transporte entre las diferentes partes lo planifica el transportista basándose en acuerdos con respecto a las cantidades mínimas y máximas que podrían ser recogidas durante una visita, y el tiempo de respuesta para las peticiones de recogida. (Ibíd., p. 84)

Por último, los procesos desarrollados por estas organizaciones empresariales son asumidos por los usuarios cuando compran los electrodomésticos de línea blanca (por ser los más grandes) y no bajo una tasa por los productos desechados, puesto que impulsaría al dueño del RAEE realizar la disposición final en sitios no autorizados.

Con respecto a la Responsabilidad Social Corporativa, la empresa Asus según Frias (2014, p. 92) trabaja en diferentes frentes: “(...) las políticas (...) la gestión de los sistemas y los procedimientos, (...) los derechos humanos (...) la cadena de suministros (...) la actuación ambiental (...) y social (...)” (Ibíd., p. 92). Todos son elementos que están interconectados a través de la fabricación de ecoproductos y el reciclaje de los productos fuera de uso o que cumplieron con su vida útil. En este sentido, su trabajo se efectúa en una escala medioambiental para trabajar sobre los gases de efecto invernadero siguiendo los requerimientos de la Directiva 2005/32/EC y los objetivos del Convenio de Basilea.

La empresa, dentro de su cultura empresarial impulsa un proceso adecuado en cuanto a la gestión de las sustancias químicas que son peligrosas, también en el uso de plataformas eGreen, es decir, con contenidos que puedan cautivar a los proveedores, impulso del ecodiseño pensando en el proceso de reciclado de los RAEE y desembalaje (Ver: Ilustración 2). Asimismo, profundizan continuamente en la minimización del consumo energético a través del “Inventario del Ciclo de Vida” donde se determina el consumo energético en el ejercicio de obtención de las materias primas, de la producción, de la distribución, del uso y del desguace de cada uno de sus productos (Ibíd., p. 93). Por consiguiente, Asus pone énfasis en la mejora de su hardware y software para minimizar el consumo energético, mejoramiento en el diseño del embalaje y la aplicación de cuestionarios a proveedores para recoger información valiosa para innovar los procesos, así como en la utilización de materiales responsables con el medioambiente, apoyado económicamente por Taiwán.

Ilustración 2. Reducción de embalaje, Asus



Fuente: web corporativa, Asus. En: Frias (2014, p. 89)

Otra de las empresas líderes a nivel tecnológico es Hewlett Packard, Frias (2014, p. 95) esta vez en el campo de las impresoras y cartuchos, que ha basado su política empresarial en el mejoramiento continuo de los canales de comunicación en la cadena de suministro, la aplicación un sistema de responsabilidad social en el que se responden a todo tipo de inquietudes en el marco de los derechos humanos y el medio ambiente (interesado en la minimización de la huella de carbono que tiene la empresa) y el retorno y reciclaje de productos apuntando al sostenible que promueven. En cuanto a la cadena de suministros, estableció parámetros o lineamientos para ayudar a proveedores en materia de impactos económicos, sociales y ambientales desde la obtención de materias primas (Ibíd., p. 95). Lo que ha conducido a mejorar la inversión para la innovación y en la creación de productos ecológicos más eficientes

En referencia al reciclaje y retorno de productos, punto que nos interesa por la naturaleza del presente documento, Hewlett Packard le permite al usuario entregar el RAEE vía donación o recibiendo algún tipo de dinero, aunque esto varía según la empresa, región o país. De todas formas, el proceso formal de retorno de los artefactos o sus componentes, se realiza a partir de la recogida del dispositivo en el lugar donde está ubicado el usuario, seguido de su transferencia a un sitio especializado definido por la empresa en donde se hace su clasificación, reciclaje y recuperación. Este proceso de logística y la cadena de reciclaje están totalmente controlados aplicando normativas internas de la empresa y las directivas frente al manejo de los RAEE según la Unión Europea (Ibíd., p. 96). Los productos que no son reutilizados son eliminados y la empresa emite certificación al respecto que corrobora dicho proceso.

Para Frias (2014, p. 99) el caso de Toshiba que trabaja desde la responsabilidad social corporativa, la empresa promueve prácticas que se focalizan en los impactos ambientales a través de lo que han denominado Factor T, es decir, un indicador de ecoeficiencia que se realiza por cada uno de los productos que fabrica respecto a la emisión de gases de efecto invernadero. La visión empresarial, frente a lo anterior, se evidencia en la Ilustración 3. De manera que el caso de Toshiba es trascendental pues dentro de la logística ha implementado los principios de sustentabilidad y la logística verde, en donde se promueve la reducción del peso de los productos y el embalaje.

Por ejemplo, una de las innovaciones aplicadas por la empresa fueron las mejoras del material de protección de los equipos provenientes de China (gracias al Centro de Tecnología y Servicios) mejoró el material de protección de los equipos que se enviaban desde una fábrica en China. Dicho material, además de proteger el dispositivo (ordenadores), permitía su reutilización porque fue diseñado pensando en el aprovechamiento de los componentes que AEE. (Ibíd., p. 98)

La empresa, entonces, ha podido mejorar su proceso logístico y la reducción de 377 toneladas de CO₂, lo mismo que la disminución del tamaño del embalaje para los portátiles; acompañado de la reducción de papel que tradicionalmente se

utilizaba para los manuales, pues terminaron siendo enviados vías electrónica. (Ibíd., p. 99)

Ilustración 3: Eficiencia ecológica, Toshiba



Fuente: web corporativa, Toshiba. En: Frías (2014, p. 99)

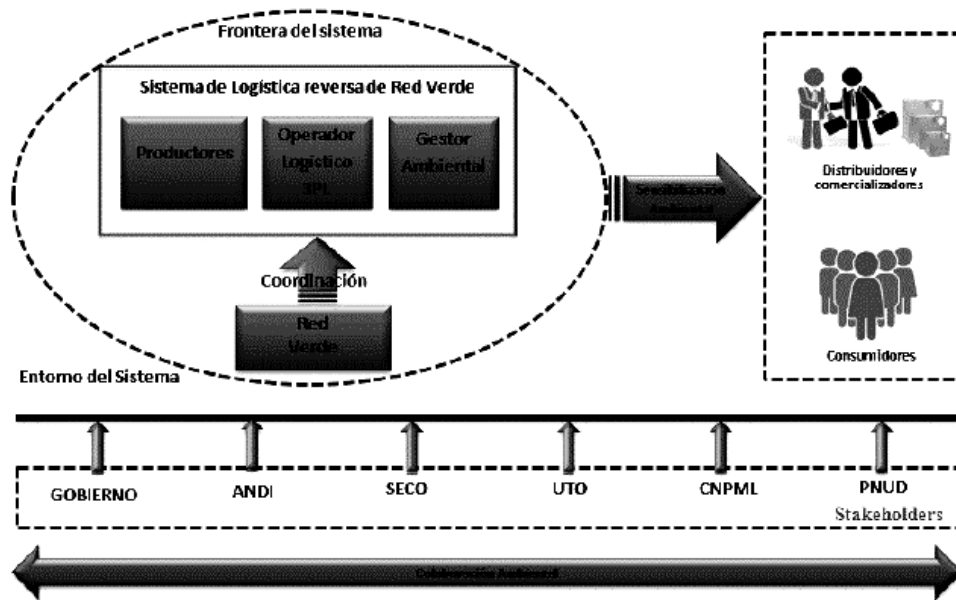
Acerca del caso de Acer, según lo expuesto por Frías, (2014, p. 100), la empresa tiene diferentes frentes de acción que complementan el trabajo de reciclaje de los RAEEs bajo la lógica de la Responsabilidad Individual del Productor, o sea, la mitigación del impacto ambiental en todas las etapas de la cadena de suministro. El primero de ellos apunta a desarrollo de un sistema sostenible de ahorro energético. Segundo, una política de ecodiseño dirigido a la fabricación de dispositivos que puedan tener un mantenimiento rápido y concreto, desarmado fácil y clasificación de sus elementos fácilmente; la mayor parte del dispositivo se elabora con un mismo tipo de plástico, ciertos tipos de pegantes y soldaduras según la ISO 11469 o la ISO 1043. Segundo, siguiendo la “Política de Papel Sostenible y Embalaje”, Hacer ha implementado un diseño de embalaje muy sostenible siempre regidos a la norma por parte de los proveedores que proporcionan las materias primas (igual que la reducción de papel relacionado con fibra virgen de madera) (Ibíd., p. 100). Por último, y la que responde a nuestras necesidades académicas, ha centrado su cultura empresarial en la recuperación de RAEE, siguiendo las directivas de la Unión Europea como Responsabilidad Individual del Productor, de manera que

(...) Integran sus canales de reciclaje con los sistemas locales para garantizar a los usuarios que sus productos Acer van a ser reciclados correctamente. De esta manera, muchas de las ramas europeas de Acer se han unido a canales de reciclado y ofrecen en su página web un enlace con la información correspondiente a cada país en referencia a que canal de reciclado debe acudir. (Ibíd., p. 101)

Con respecto al caso de Red Verde citado por Rojas, (2018, p. 100), se entiende como un “sistema de recolección selectiva y gestión ambiental” creada para trabajar en el proceso de disposición final de los AEE, en este caso neveras, terminado su ciclo de vida o este fuera de uso según el marco del Protocolo de Montreal, el cual apunta a la mitigación de sustancias que afectan la capa de ozono y desde el punto de vista de que el productor es responsable ante el mundo de dichos efectos. Es un proyecto apoyado por la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia) en el que se impulsó la aplicación de la logística inversa para mitigar los efectos de elementos químicos como el clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y el hidrofluorocarbonos (HFC), los cuales están en las neveras (Rojas, 2018, p. 69-70). De manera que en Colombia la Red verde se convierte en la primera iniciativa posconsumo de electrodomésticos, no solo desde el ámbito de la entrega voluntario de estos aparatos, sino también bajo la necesidad de renovarlos en consonancia con el medio ambiente; productos verdes.

Además del componente ambiental, es decir, razones con enfoque regulatorio, de sostenibilidad y protección de la comunidad, se evidencian razones de orden empresarial, en la cual los productores vieron en la innovación tecnológica una ventaja competitiva frente a otras organizaciones. La Red Verde, entonces, se rodeó de actores como el gobierno nacional, los productores, comercializadores y distribuidores, los consumidores y, en especial, del operador logística (agente 3PL) como el encargado de proceso de recolección y movilización de las neveras que están fuera de uso o ya terminaron su ciclo de vida (Ver: Ilustración 4). Este último, “(...) cumple un papel determinante dentro del sistema, ya que es el encargado de llevar a cabo la planeación, ejecución y control eficiente del flujo físico, así como los servicios e información asociados buscando satisfacer los requerimientos establecidos”⁷. Igualmente de los gestores ambientales, encargados del proceso de almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los RAEE a cargo de este colectivo (Ibíd., p. 78).

Ilustración 4. Logística Inversa de Red verde



Fuente: Rojas, (2018, p. 80)

El proceso de logística inversa aplicado por la Red Verde, inicia con lo que llamaron “Canal Business to Business (B2B)” como canal de comunicación que cualquier persona jurídica puede realizar para iniciar el proceso para una adecuada disposición de las neveras, seguido del el “Canal Business to Consumer (B2C)” directamente establecido para personas naturales, es decir, electrodomésticos que están en el hogar a través de la web o telefonía fija. Asimismo, el colectivo dispuso de puntos de recolección fijos en ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Barranquilla y Pereira. Proceso que también se complementó con campañas de recolección conjuntamente con otros programas posconsumo de recolección selectiva. Posteriormente, lo que se hace es:

(...) identificar los gases refrigerantes que pueden ser clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) e hidrofluorocarbonos (HFCs), se extraen y se envían para ser incinerados o regenerados, posteriormente se identifica el tipo de espuma que tiene la nevera y se inicia el proceso de desensamble, realizando paralelamente la separación y clasificación. En su mayoría, se obtiene plástico que generalmente es poliestireno o ABS que pasa a un proceso de aprovechamiento y metal ferroso que se usa en empresas siderúrgicas. La espuma se compacta para ser enviada a proceso de incineración, las que contienen ciclopentanos, se están enviando a los hornos cementeros por el poder calorífico que

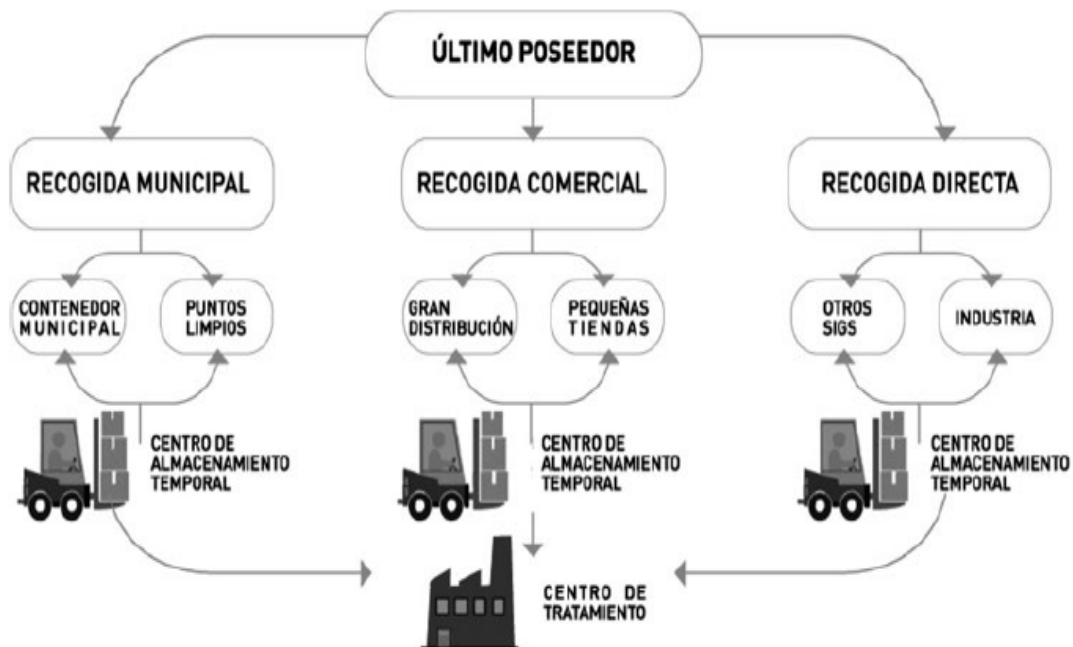
⁷ Rojas (2018, p. 77-78)

contienen. El realizar una disposición final diferenciada de cada uno de los componentes evita daños sobre el medio ambiente.

Las principales barreras que se presentaron en la Red Verde se dieron a nivel económico, organizacional y con el mercado, relacionados con los costos de operación para la gestión de los RAEE, conocimiento sobre el tema ambiental y la volatilidad frente a las cantidades recolectadas de RAEE para hacer sostenible el proyecto respectivamente. Por último, La Red Verde es financiada por el conglomerado de productores que hacían parte del mismo y con el apoyo del convenio con la Unidad Técnica Ozono (UTO) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (Ibíd., p. 81-82).

Por consiguiente el caso de pilas y baterías en España expuesto por González, (2016, p. 80). Recypilas, UTE Vilomara, Recybérica, Recilec y Vaersa son algunas de las organizaciones registradas ante el Registro Nacional de Productores de Pilas y Acumuladores que aplican el proceso de logística inversa en diferentes ciudades de España. En el caso de la recogida de pilas y baterías, de acuerdo al sistema político en ese país, las Comunidades Autónomas y Administraciones Locales, con el apoyo de órganos del ejecutivo establecen un proceso de comunicación interna en materia de los residuos generados y cantidades recolectadas para la generación de informes alrededor del rema. Estas organizaciones mencionadas deben suscribirse a alguna de ellas para trabajar con esa información y aplicar sus procesos operativos, al igual que los productores ya que estos son los que producen los RAEE (González, 2016, p. 80). La aplicación del modelo de logística inversa, en este caso, inicia con el cliente final, por lo que la recogida de los dispositivos se puede hacer de forma directa, comercial y municipal. La primera sea pensada a nivel industrial, la segunda centros comerciales y la tercera para personas naturales a través de contenedores municipales. Posteriormente, se inicia el trabajo del operador logístico subcontratado para el transporte de los aparatos en un almacén intermedio o Centro de Almacenamiento Temporal (CAT).

Ilustración 5. La logística inversa y la recogida capilar de residuos de pilas y acumuladores



Fuente: Ecopilas. En: González (2016, p. 81)

La actividad siguiente consiste en el almacenamiento de los residuos, también bajo la responsabilidad del operador logístico, para la consolidación de los residuos recogidos previamente en las plantas de tratamiento. La idea es que, en el proceso de transporte a la planta de tratamiento, los RAEE sean almacenados en puntos o almacenes intermedios en los municipios para eliminar residuos que no sean importantes antes de enviar la carga consolidada a las plantas centrales.

Igualmente, el operador subcontratado que se hace a nivel de economía de escala para la reducción de los costes por tonelada. Por último, se realiza el trabajo de tratamiento (Ver: Ilustración 5).

Además se destaca un caso similar en la industria Colombiana en Baterías MAC, donde hace presencia la LI por medio de un programa llamado Ecosteps, que consiste en responder al compromiso social de JOHNSON CONTROLS con la protección del medio ambiente. Donde se garantiza en el territorio Colombiano el servicio de recolección y la adecuada disposición de las baterías usadas de plomo-ácido al final de su vida útil. Cuenta con moderna planta de reciclaje, convirtiéndolas en materia prima para la fabricación de nuevas baterías. Este programa permite cerrar el ciclo de vida del producto, evitando que estos residuos generen impactos ambientales o afecten la salud de las personas. (JOHNSON CONTROLS COLOMBIA S.A.S., 2019)

En la propuesta escrita por Cabeza (2012, p. 13) que tiene que ver con la creación de la Fundación Ecotic, que nace de una visión, del objetivo común asumido por un grupo de empresas del sector de la electrónica de consumo, compartido por todas y cada una de las personas que formamos inicialmente parte de esta entidad: cumplir con la ley, con la responsabilidad del productor, con la defensa del medio ambiente y desarrollo sostenible. Para ello, plantearon la creación de un sistema integrado de gestión (SIG) que permitiera dar una óptima respuesta a la correcta gestión de los RAEE.

Se partió de una base de negocio diferente al habitual de venta de productos o servicios. Más bien se parece a una empresa de servicios, con la salvedad de que esta presentación consiste en retirar, transportar o reciclar un equipo eléctrico o electrónico fuera de uso, con su correspondiente financiación. Se tuvo que organizar la operación de la logística de recogida desde los puntos habilitados para tal fin por los municipios o los establecimientos comerciales, con lo que se puso en marcha un aspecto de la *logística inversa*: con consiste en el aprovechamiento de uno de los flujos de ida para transportar el residuo de vuelta (Cabeza, 2012). Los retos a los que se enfrenta esta propuesta de la fundación Ecotic, radica en la incertidumbre respecto la logística directa en comparación con la logística inversa, (Ver: Tabla No. 8)

Tabla No. 8 Diferencias entre Logística directa e Inversa. Aspectos Esenciales

Logística directa	Logística inversa
Estimación de demanda relativamente cierta	Estimación de demanda más compleja
Transporte de uno a muchos, generalmente	Transporte de uno a muchos, generalmente
Calidad del producto uniforme	Calidad del producto no uniforme
Envase uniforme del producto	Envase a menudo dañado o inexistente
Precio relativamente uniforme	Precio en función de muchos factores
Reconocida importancia a la rapidez de entrega	Poca importancia, en general de la rapidez de entrega
Costos definidos y monitorizados por sistemas de contabilidad	Costo menos visibles y rara vez contabilizados
Gestión de inventario relativamente sencilla	Gestión de inventario muy compleja
Ciclo de vida del producto gestionable	Ciclo de vida del producto más complejo
Métodos de marketing bien conocidos	Marketing complejo por varios factores

Fuente: Cabeza (2012 p. 34)

También es importante destacar el proyecto desarrollado Ceca et al, (2008) que tiene como objetivo contribuir a la minimización de los problemas ambientales derivados de los residuos de una tipología de producto particular: los cepillos dentales eléctricos. Estos productos, al estar incluidos entre los productos eléctricos, llevan a perjuicios tales como la degradación de la atmósfera, el impacto directo en la salud humana y la disminución de los recursos naturales. A lo largo

del proyecto se ha hecho uso de las técnicas de Diseño para el Desmontaje Los cepillos dentales eléctricos se encuentran incluidos en la categoría de pequeños electrodomésticos, según el Anexo I del Real Decreto. Esto supone: - una valorización de los mismos de un 70% en peso, y dentro de éste - un 50% en peso que será reutilizado o reciclado. Esto conlleva una necesidad de diseñar para la rápida obtención de estos porcentajes. (Bastante-Ceca, Collado-Ruiz, Ruescas-Nicolau, Viñoles-Cebolla, & Pacheco-Blanco, 2008)

En este caso se realizó una valoración de los materiales que forman cada pieza y su proporción en el valor total del peso del producto. Los valores promedio encontrados fueron:

**Tabla 9. Promedio de los materiales de los cepillos dentales eléctricos.
Proporción del total del peso del producto.**

Material	Peso (gramos)	Peso (%)
Acero	24	2,75%
Plástico1 + varios	48	5,50%
Plástico1	239	27,38%
Material eléctrico/Electrónico	562	64,37%
TOTAL	873	100%

Fuente: Bastante-Ceca, Collado-Ruiz, Ruescas-Nicolau, Viñoles-Cebolla, & Pacheco-Blanco, (2008 p. 509)

En la tabla podemos observar que un gran porcentaje de los materiales con la adecuada separación, pueden ser reciclados para otros procesos.

5. DISCUSIÓN

Los diferentes casos mencionados presentan los principales aspectos que caracterizan a la logística inversa en la cadena de suministro orientados a la gestión de residuos tecnológicos. Estas organizaciones han entendido que se tiene una responsabilidad social, ambiental y económica con el planeta y sus habitantes, por lo que es indispensable desarrollar métodos enfocados al aprovechamiento de los diferentes productos fuera de uso y de los elementos que contiene los dispositivos cuando termina su ciclo de vida. Las organizaciones han comprendido que el impulso del trabajo individual o colectivo permite minimizar la informalidad para el tratamiento de los RAEE, puesto que el marco regulatorio nacional e internacional así lo exige. Por lo tanto la aplicación de la LI con medidas de seguridad y buenas prácticas son requerimientos que no se pueden negociar.

De esta forma se identifica la informalidad del reciclaje para este tipo de residuos como un gran reto, dado el valor económico que se puede obtener a partir de la recolección y el factor social implicado como sustento de familias que sobreviven de estos recursos. De igual forma el constante flujo de desechos electrónicos promovidos por la obsolescencia programada de compañías y la tendencia en la adquisición de dispositivos tecnológicos de última generación, hacen que los sectores formales y autorizados no sean capaces de captar y procesar la cantidad disponible residuos de equipos aparatos eléctricos y electrónicos en el mercado. Cuando convergen estos factores con la sensibilidad del mercado para el aprovechamiento de materiales, se genera la oportunidad para aplicar Logística Inversa y obtener los diversos beneficios que se han tratado en este documento.

La aplicación del principio de sustentabilidad, también se presenta como un denominador común, puesto que ha

permitido dar paso a nuevos procesos de producción amigables con el medio ambiente; donde la reducción del consumo energético, de los gases de efecto invernadero, entre otros, son algunos de los factores relevantes para el cambio de la logística tradicional por uno de carácter inverso. Sin embargo, una de las aplicaciones de mayor peso es la utilización de materias primas no renovables que generan incertidumbre a las generaciones futuras, porque se espera que estas también puedan ser aprovechadas y su vida útil se prolongue. Así que el reciclaje se convierte en una de las prácticas más desarrolladas por las empresas, porque se convierte en parte integral de las materias primas para la fabricación de nuevos productos.

Entonces existe una oportunidad frente a la meta de una buena gestión de los residuos y a la reducción de residuos tecnológicos con agentes peligrosos, dispuestos en los rellenos sanitarios tradicionales que no emplean un adecuado tratamiento en la disposición final, estos pueden generar problemas de contaminación ambiental; además de afectar la salud de forma directa para quienes trabajan en estas zonas. Aunque los estados como ente regulador con los decretos y legislaciones, deben ser los promotores de las buenas prácticas y los principales promotores de logística inversa.

Ahora bien, es evidente que en los casos se presentan diferencias en la aplicación de la LI, ya que hay una sensación de que algunas empresas tienden a ser mucho más operativas que otras. Dentro de las principales variaciones que se dan podría pensarse en la subcontratación y el uso de voluntarios, este último como en el caso de las empresas que trabajan con productos como ordenadores, teléfonos móviles, portátiles, tabletas electrónicas, neveras, y demás electrodomésticos, tal vez bajo el criterio económico que es el que permite determinar el costo de asumir dichas responsabilidades; puesto que la disposición final que hace el usuario para el retorno del dispositivo se hace, en la mayoría de los casos, de manera gratuita. También las redes de las que disponen para la gestión de estos residuos, muestra que se desarrollan con apoyo estatal tiene, quizás no una mejor infraestructura, pero si puntos más descentralizados que le permiten al usuario final estar más cerca de esa noción de cambio ambiental. Por ende, algunas de las empresas se encargan de todo el proceso y no de establecer lineamientos a los usuarios sobre cómo hacer un debido reciclaje para que estos puedan ser aprovechados, es decir, se observan diferencias en términos de responsabilidad directa. Dejando claro una variable relacionada con los deberes de la sociedad y la responsabilidad extendida al adquirir un producto que puede ser susceptible de aprovechamiento y por diversos factores no se logra cerrar el ciclo. La responsabilidad directa si es del productor, sin embargo la sociedad no puede ser ajena a la problemática en crecimiento y se debe garantizar la sostenibilidad de nuestro entorno para que futuras generación tengan la misma oportunidad de goce y satisfacción con la naturaleza que estas generaciones están teniendo.

6. CONCLUSIONES

Los RAEE, como una problemática mundial que afecta a países desarrollados y en vía de desarrollo, se presenta como un reto trascendental para los países, organizaciones ambientalistas y otros grupos de interés, como para sus partes responsables: el sector empresarial productivo y ciudadanía en general que requiere de un manejo en cultura ciudadana intensivo, particularmente en países en vía de desarrollo donde estos asuntos son muy poco trabajados desde los gobiernos de turno. Asimismo, la apuesta por la puesta en marcha de un sistema de logística inversa para el tratamiento de los RAEE, pone en la agenda pública la necesidad de dar respuestas a las externalidades que la producción ilimitada de AEE genera en un contexto de amplia dependencia a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs). De manera que se plantea una hoja de ruta que ya tiene experiencias exitosas a nivel mundial y que muestra cual es el camino que deben seguir las organizaciones empresariales y productivas, para realizar transformación que aporte directamente a lo económico, ambiental y social que requiere el planeta y la humanidad.

El éxito para la adopción de estas nuevas tendencias, verde o ecológico, inicia desde la planeación estratégica de los sectores directamente involucrados con la generación de RAEE, convocándolos a invertir en un proceso de retorno del material residual que se traduce en sitios autorizados con instalaciones adecuadas que cumplan con las especificaciones respecto al marco normativo o regulatorio ambiental que rijan a cada región o país. Como se ha mencionado en todo el desarrollo del texto, aunque se depende de factores internos y externos, lo que se puede controlar y lo que no se puede controlar, las empresas al adoptar este tipo de alternativas, lo convierten en ventajas competitivas frente a otras organizaciones, aportando a la recuperación del medio ambiente, la salud pública y la calidad de vida de los ciudadanos.

Por ende, el reconocimiento del valor de los RAEE en un contexto en el que su comercio es cada vez más amplio, es uno de los primeros pasos para potenciar el concepto de sustentabilidad, como elemento principal que dio pie a la aceleración de los sistemas de LI para el manejo adecuado de compuestos y subcompuestos que estructuran a los AEE.

En el caso de las experiencias mencionadas, podemos decir que la LI se puede trabajar de forma individual o colectiva y pueden tener efectos positivos a nivel interno y externo en materia de beneficios económicos, ambientales y sociales. Todos los casos de organizaciones mencionadas, gestionan y aplican las directivas internacionales y nacionales desde diferentes tipos de RAEE, lo que permite tener una mirada integral, haciendo especial énfasis sobre la sustentabilidad, como principio impulsor de la planeación estratégica de los productores e incluso de los ciudadanos voluntarios que son consumidores conscientes ecológicamente y que realizan su aporte a través de los sistemas dispuestos por las empresas del sector privado, los gobiernos o incluso por la iniciativa de algunos ciudadanos. Es importante pensar que no solo las grandes organizaciones son capaces de la implementación de la logística inversa, también a nivel local se pueden promover proyectos aterrizados según las condiciones socioeconómicas y ambientales del territorio, convirtiéndose en un factor que permita el desarrollo exitoso de las iniciativas de cambio para conservación de los recursos no renovables y el aumento de la calidad de vida con el fin de brindar oportunidad a las futuras generaciones.

La proyección y percepción a futuro, puede radicar en que todas las empresas estén sujetas a las normas internacionales y nacionales existentes. Esto se puede lograr con un acompañamiento, compromiso y sensibilización de los entes involucrados, especialmente del estado y los ciudadanos que son participantes activos en alguna parte del ciclo de vida de los productos. Un gobierno comprometido debe promover planes efectivos de recolección para la separación y segregación de RAEE y compartirlos a todos los involucrados en el proceso, sea por medio de publicidad y campañas de fácil entendimiento para todas las clases sociales, especialmente las nuevas generaciones, con el fin de promover la sensibilización, entendiendo que nuestras conductas son responsables del impacto positivo o negativo al medio ambiente. El gobierno debe ser uno de los entes más interesados para que estos procesos de concientización e implementación de LI, se adopten espacios para que la segregación sea adecuada cuando los productos quedan fuera de uso. La responsabilidad con el medio ambiente es de todos, si bien las empresas productoras son importantes para el impulsar la economía de un país, no podemos dejar de lado los impactos negativos que estos pueden ocasionar al medio ambiente, si no se trabaja de una manera ambientalmente responsable.

Para el caso de las empresas, el compromiso debe ser aún mayor porque son uno de los principales responsables del deterioro ambiental, por lo tanto y en esencia de la LI, se deben impulsar estrategias o metodologías para que puedan reivindicarse a través de la REP, para el tratamiento de los RAEE y también la puesta en marcha de productos ecológicos, ecodiseñados con el fin de ser amigables con el medio ambiente, en el cual se integren en procesos de retorno para que la segregación y desensamble de las piezas sea cada vez más fácil y se pueda obtener un alto porcentaje de aprovechamiento de los elementos que componen a los AEE.

7. REFERENCIAS

- Álvarez-Gil, M. J., Berrone, P., Husillos, F. J., & Lado, N. (2007). Reverse logistics, stakeholders' influence, organizational slack, and managers' posture. *Journal of business research*, 60(5), 463-473. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0148296306002359>
- Amato, C. N. (2015). La logística inversa como estrategia para el logro de un desempeño superior (económico, social y ambiental). Estudio de casos de empresas embotelladoras de gaseosas en Argentina. Recuperado de: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2176>
- Amato, C. N. (2015a). Relación entre logística inversa y desempeño. Estudio de casos en Córdoba, Argentina. *Cuadernos de Administración*, 31(53), 85-96. Recuperado de: http://poligramas.univalle.edu.co/index.php/cuadernos_de_administracion/article/view/19
- Bastante-Ceca, M. J., Collado-Ruiz, D., Ruescas-Nicolau, A., Viñoles-Cebolla, R., & Pacheco-Blanco, B. (2008). DESIGN FOR END-OF-LIFE OF SMALL ELECTRICAL. *DYNA*, Vol. 83, n° 8: 507-515.
- Cabeza, D. (2012). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro*. Barcelona: MARGE BOOKS. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=hoQK2KBHhZQC&dq=casos+de+aplicaci%C3%B3n+de+log%C3%ADsti>

ca+Inversa+en+los+RAEE&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

- Cerón, K., Vidal, C. J., Peña, C. C., & Osorio, J. C. (2015). Priorización multicriterio de un residuo de aparato eléctrico y electrónico. *Ingeniería y Desarrollo*, 172-197. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/html/852/85241628003/>
- Cevallos-Muñoz, O., & Abreu-Ledón, R. (2017). Evaluación de la sostenibilidad de una cadena de suministro inversa en Ecuador. *Ciencias Holguín*, 23(3). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181552082006.pdf>
- Chamorro Mera, A., & Rubio Lacoba, S. (2004). Los sistemas de distribución inversa para la recuperación de residuos: su desarrollo en España. *Distribución y consumo*, (76), 59-73. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/28279748_Los_sistemas_dedistribucion_inversa_para_la_recuperacion_de_residuos_su_desarrollo_en_Espana
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Lineamientos técnicos para el manejo de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Bogotá, D.C. Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Centro Nacional de Producción más Limpia 2009. Recuperado de: http://www.residuoselectronicos.net/wp-content/uploads/2012/03/Guia_RAEE_MADS_2011-reducida.pdf
- Conejo, G. R. (2016). La logística inversa y el cambio climático. *Revista Ingeniería*, 26(1), 43-48. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5538023>
- Congreso de la Republica. (19 de julio de 2013). Ley 1672 de 2013. Por la cual se establecen los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), y se dictan otras disposiciones. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/leyes/2013/ley_1672_2013.pdf
- De León, V. R., Rio, D. Z., & Choy, J. G. (2008). Una revisión del proceso de la logística inversa y su relación con la logística verde. *Revista Ingeniería Industrial*, 7(2), 8. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5010389>
- De Oliveira Neto, G. C., Correia, A. D. J. C., & Schroeder, A. M. (2017). Economic and environmental assessment of recycling and reuse of electronic waste: Multiple case studies in Brazil and Switzerland. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 42-55. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302501>
- Díaz-Parra, O., Fuentes-Penna, A., Lezama-León, E., Lezama-León, M., Ruiz-Jaimes, M. A., Barrera-Cámara, R. A., & Ruiz-Vanoye, J. A. (2019). Editorial for Volume 10 Number 2: Surveying the Transportation of the E-Waste. *International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics*, 10(2), 1-7. Recuperado de: <https://ijcopi.org/index.php/ojs/article/view/117>
- Europea, U. (2012). Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 4 de julio de 2012 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L197, 38-71. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5605340>
- Frías, B. M. (2014). La logística inversa: gestión de RAEEs (Doctoral dissertation). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/38908/TFC%20Martí%20Frías%20Blanca.pdf?sequence=1>
- González, J. A., & Cueto, E. P. (2016). La logística inversa y la recogida capilar de residuos de pilas y acumuladores. *Economía Industrial*, 400, 77-86. Recuperado de: <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/400/JA%20GONZALEZ%20y%20EVA%20PONCE.pdf>
- Jenni Ylä-Mella, Riitta L. Keiski, Eva Pongrácz, Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones, *Waste Management*, Volume 45, 2015, Pages 374-384, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.031>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1501348>)
- JOHNSON CONTROLS COLOMBIA S.A.S. (14 de 02 de 2019). *Baterias MAC*. Obtenido de Baterias MAC : <https://www.bateriasmac.com/es-co/ambiental>
- Kharas, Homi (2010), "The Emerging Middle Class in Developing Countries", Working Paper, N° 285, Centro Desarrollo de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), [en línea] <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5kmm8lncnrsen.pdf?expires=1550029357&id=id&accname=guest&checksum=92CF8E436AB>

BA73439AE2A74DF12D981

- López, C. F. V., Díaz, L. J., & Vargas, J. O. (2019). Análisis de la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEES). Estudio de caso en la ciudad de Neiva. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1). Recuperado de: <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/riaa/article/view/2295>
- Bastante-Ceca, M. J., Collado-Ruiz, D., Ruescas-Nicolau, A., Viñoles-Cebolla, R., & Pacheco-Blanco, B. (2008). DESIGN FOR END-OF-LIFE OF SMALL ELECTRICAL. *DYNA*, Vol. 83, n° 8: 507-515.
- Cabeza, D. (2012). *Logística inversa en la gestión de la cadena de suministro*. Barcelona: MARGE BOOKS. Obtenido de https://books.google.es/books?id=hoQK2KBHhzQC&dq=casos+de+aplicaci%C3%B3n+de+log%C3%ADstica+Inversa+en+los+RAEE&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Martínez, O. P. (2013). Situación e Impacto de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) Caso de Estudio: los Ordenadores. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/41810649.pdf>
- Meneses, C. R., Martínez, D. S. C., Mila, I. L. G., Salazar, O., Barragán, J. G., Rodr (Bastante-Ceca, Collado-Ruiz, Ruescas-Nicolau, Viñoles-Cebolla, & Pacheco-Blanco, 2008)íguez, J., & Vanegas, J. L. (2016). Aplicación de la logística inversa en la administración eficiente del retorno de llantas fuera de uso de las empresas de transporte de carga terrestre en la ciudad de Bogotá DC. *Vía innova: Revista de Divulgación Científica*, (3), 50-58. Recuperado de: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/RVI/article/view/473/505>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2017). Política nacional gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/e-book_rae_/Politica_RAEE.pdf
- Montoya, R. A. G. (2010). Logística inversa un proceso de impacto ambiental y productividad. *Inverse logistics a process with environmental and productivity impacts*. (English), 5(2), 1-14. Recuperado de: <http://lasallista.edu.co/fxcul/media/pdf//revistalimpia/vol5n2/63-76.pdf>
- Obando, J. F. R. (2017). Gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) en el municipio de Armenia, Quindío. *Libre Empresa*, 14(1 Enero-Ju), 167-187. Recuperado de: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/libreempresa/article/view/817>
- Peeters, J. R., Vanegas, P., Dewulf, W., & Duflou, J. R. (2017). Economic and environmental evaluation of design for active disassembly. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1182-1193. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616316419>
- Prada Rico, A. (2011). Diagnóstico del manejo de residuos de computadores, periféricos y cartuchos de impresión, en la facultad de ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana Bogotá (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias). Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8746/tesis684.pdf?sequence=1>
- Ramírez, A. M. (2010). Nuevos beneficios de la logística inversa para empresas europeas y colombianas. *Universidad & Empresa*, 9(12), 48-61. Recuperado de: <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/empresa/article/view/965>
- Rojas Chaparro, A. M. *Caracterización de un sistema de Logística Reversa con intermediación 3PL: Estudio de caso en Red Verde Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/70185/1/Caracterizacio%CC%81n%20de%20un%20sistema%20de%20Logistica%20Reversa%20con%20intermediacio%CC%81n%203PL.pdf>
- Redondo, J. M., Ibarra-Vega, D., Monroy, L., & Bermúdez, J. (2018). Assessment strategies for the integral management of waste electrical and electronic equipment-WEEE. *Dyna*, 85(205), 319-327. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532018000200319
- Serrano, M. Y. S., Silva, J. L. T., & Quintero, P. A. T. (2016). Causas de la poca recuperación de valor de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Bogotá. *Revista de Investigación*, 9(2), 55-68. Recuperado de: <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/rinv/article/view/54>
- Serrano, M. Y. S., Silva, J. L. T., Alejandra, P., & Quintero, T. (2017). Diseño de un modelo de logística inversa para los RAEE tipo III. In *Congreso Internacional en Administración de Negocios Internacionales.: CIANI 2017* (pp. 627-642). Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de: <http://ciani.bucaramanga.upb.edu.co/wp->

<content/uploads/2017/10/MonicaYinette.pdf>

Torres et al., (2016). Gestión sostenible de residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en América Latina. UIT, Convenio de Basilea, CRBAS- Centro Regional Basilea para América del Sur, UNESCO, OMS, ONUDI, OMPI, CEPAL. Recuperado de: https://www.unclearn.org/sites/default/files/inventory/raee_gestion_integral_y Eliminacion-395429-normal-s.pdf

Ueberschaar, M., Geiping, J., Zamzow, M., Flamme, S., & Rotter, V. S. (2017). Assessment of element-specific recycling efficiency in WEEE pre-processing. *Resources, Conservation and Recycling*, 124, 25-41. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917300964>

Vega Hernández, G. E. (2018). Lineamientos para la gestión de RAEE de audio y video, a partir de la implementación de logística inversa, como herramienta de la responsabilidad extendida del productor. Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/38154>

Wendy Kerr, Chris Ryan, Eco-efficiency gains from remanufacturing: A case study of photocopier remanufacturing at Fuji Xerox Australia, *Journal of Cleaner Production*, Volume 9, Issue 1, 2001, Pages 75-81, ISSN 0959-6526, [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(00\)00032-9](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(00)00032-9). (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652600000329>)

Ylä-Mella, J., Keiski, R. L., & Pongrácz, E. (2015). Electronic waste recovery in Finland: Consumers' perceptions towards recycling and re-use of mobile phones. *Waste management*, 45, 374-384. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15001348>