

La gestión de desechos de luminarias, análisis de los casos de Brasil y España. Perspectivas para El Salvador según diagnóstico de uso y disposición. Período 1980 – 2011.

Aparicio Coto, Yanira Elizabeth y Martínez, Astrid Ellen
aparicio.yanira@gmail.com; astrid.mtz@gmail.com
Universidad Don Bosco

Resumen— El presente estudio representa un marco general que identifica los patrones de consumo y disposición final de luminarias en El Salvador; donde se determina el manejo que hacen los usuarios domésticos, comercio, instituciones e industria con las luminarias en desuso; así como identifica las iniciativas que se están llevando a cabo para el tratamiento de luminarias en el país. Además, aborda como referencia la gestión de luminarias en España y Brasil; y finalmente, a partir de las proyecciones de luminarias en desuso, se presenta una propuesta preliminar para la gestión integral de dichas luminarias, que esté en sintonía con la legislación vigente, la recién lanzada Política Nacional de Medio Ambiente, el Programa de Manejo de Desechos Sólidos y las futuras acciones a ser tomadas por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Índice de Términos— AEE (Aparatos Eléctricos y Electrónicos), ANFALUM (Asociación Española de Fabricantes de Aparatos de Alumbrado), AMSS (Área Metropolitana del Gran San Salvador), CAESS (Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador), CIU (Código Industrial Internacional Uniforme), CNE (Consejo Nacional de Energía), CNR (Centro Nacional de Registro), CONACYT (Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología), CONAMYPE (Comisión Nacional de Apoyo a la Micro y Pequeña Empresa), CRT (Centro de Recepción Temporal), DIGESTYC (Dirección General de Estadística y Censo), EDESAL (Empresa Distribuidora Eléctrica Salvadoreña), EPA-TCLP (Environmental Protection Agency-Toxicity Characteristic Leaching Procedure), MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales), MH (Ministerio de Hacienda), MINEC

(Ministerio de Economía), MINSAL (Ministerio de Salud), MYPES (Micro y Pequeñas Empresas), OSARTEC (Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica), PDP (Programa de Desarrollo de Proveedores), RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos), SIG (Sistema Integrado de Gestión), SIGET (Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones), UDB (Universidad Don Bosco).

I. INTRODUCCIÓN

El determinar el ciclo de vida de las luminarias en el país y su manejo actual requirió elaborar un diagnóstico de los patrones de consumo y descarte de las luminarias en los sectores de hogar, comercio, industria y academia del Área Metropolitana del San Salvador. Con este fin se desarrollaron dos instrumentos de recolección de información (encuestas) las cuales se aplicaron por medio de correo electrónico o por cita concertada con las empresas.

Los resultados obtenidos demuestran que la mayoría de usuarios de esta área, están usando cada vez más focos ahorradores de energía, disminuyendo el consumo de focos incandescentes y lámparas fluorescentes, pero más por una visión de ahorro económico que por conciencia ambiental. Sin embargo, el sector comercio, industria y académico, aún utiliza mucho la lámpara fluorescente, siendo una de las mayores contaminantes por su contenido de mercurio y sodio. Ambos sectores desechan las unidades inservibles a la basura común.

Por otra parte, se analizaron dos experiencias de gestión de luminarias en países que han avanzado en el tema, específicamente, España y Brasil.

Ambos países coinciden en la importancia de aplicar la logística inversa en la gestión de desechos sólidos, es decir, retornar la responsabilidad de recuperación, aprovechamiento y disposición final a los productores, importadores y comercializadores de bienes que se transforman en desechos.

Con estos insumos, el presente estudio presenta una propuesta preliminar de la gestión de luminarias en desuso, que comienza por acatar lo establecido en el marco normativo medioambiental, identificar los actores claves de la cadena de valor de este sector, determinar una serie de pasos previos necesarios para establecer un modelo de gestión de unidades de luminarias en desuso que identifique procesos de recolección, aprovechamiento y disposición final, y establecer un flujograma de pasos lógicos a seguir basándose en los datos de usuarios existentes y perspectivas de desecho de unidades en los próximos 24 meses.

Este estudio representa un primer esfuerzo para contextualizar el problema y sus alternativas de solución, que deberán ser retomadas las instancias y actores involucrados para encontrar un modelo sostenible en el tiempo.

II. DIAGNOSTICO DE CICLO DE VIDA DE LUMINARIAS EN EL SALVADOR

A. Características de las luminarias y su consumo anual

A lo largo del tiempo, la tecnología de las luminarias han venido evolucionando a nivel mundial, y El Salvador no se ha quedado atrás, teniendo actualmente en uso una gran variedad de tipos y tecnologías. Dentro de las más comunes para uso residencial e industrial se encuentran:

1) *Focos incandescentes*, los cuales emiten luz mediante el calentamiento de un filamento metálico por el paso de corriente eléctrica, no poseen ninguna mezcla de químicos; sin embargo, el inconveniente es que son ineficientes en el consumo de energía, es decir, el 80% se convierte en calor y sólo el 15% genera luz [1], aunque su precio es bajo, por lo que están al alcance de cualquier presupuesto familiar, considerando que más del

20% del consumo de energía eléctrica en los hogares proviene de la iluminación. [2] Ver Fig. 1.



Figura 1.
Bombilla o Foco Incandescente

2) *Lámparas Fluorescentes*, poseen una tecnología que utiliza pequeñas cantidades de mercurio. Hasta hace unos años, contenían hasta 40mg de mercurio; hoy en día poseen menos de 10mg de mercurio [3]; su ventaja es que producen más luz sin emitir calor, utilizan balastos para calentar los gases y que éstos emitan luz, son utilizados sobre todo en la industria, instituciones y grandes empresas [1]. Ver Figura 2;



Figura 2.
Lámparas Fluorescentes

3) *Focos ahorradores ó lámparas fluorescentes compactas*, al igual que las lámparas fluorescentes, utilizan pequeñas cantidades de mercurio, en promedio contienen 4mg de mercurio [3] producen más luz sin emitir calor y, sobre todo, no utilizan un balastro especial, lo cual las hace mucho más eficientes y perfecto para el uso doméstico (1 bombillo incandescente 60Watts = Foco ahorrador 15Watts) [1], su uso reduce el consumo de energía; sin embargo, su precio es 14 veces más alto que los focos incandescentes, por lo que no está al alcance de todos los presupuestos. Ver Figura 3. Los costos por tipo de luminaria se observan en la Tabla I.



Figura 3.
Lámparas Fluorescentes Compactas
(Focos Ahorradores)

Tabla I.
Costo de adquisición en El Salvador según el tipo de luminaria.

Tipo de Luminaria	Costo de Adquisición en USD
Focos Incandescentes	\$ 0.35
Lámparas Fluorescentes	\$ 0.95
Focos Ahorradores	\$ 3.75
Focos LED	\$ 20.95

Fuente: Ferretería Vidrí [4]

4) *Lámparas LED*, son nueva tecnología que no utiliza gases como el mercurio para emitir luz, así como tampoco pierde eficiencia en la emisión de calor. Estas lámparas pueden ser de uso doméstico como industrial y público, reduciendo el consumo de energía eléctrica en un 80%; el único inconveniente es su alto precio, dado que es una tecnología nueva (costo de adquisición de 1 lámpara LED = 70 focos incandescentes). [2] Ver Figura 4. Ver Tabla I.



Figura 4.
Lámparas LED

Según los datos obtenidos del Directorio de Empresas de DIGESTYC del 2011 (Dirección General de Estadística y Censo) [5], los actores involucrados en la comercialización de luminarias en El Salvador, según el CIU (Código Industrial Internacional Uniforme) son 1011 [6]. Ver tabla II.

Tabla II.
Clasificación de empresas comercializadoras de luminarias según CIU.

Código CIU	Actividad	Cantidad de empresas
2011	Fabricación de sustancias químicas básicas	22
2310	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	7
2740	Fabricación de equipo eléctrico de iluminación	25
4321	Instalaciones eléctricas	99
4649	Venta al por mayor de otros enseres domésticos	546
4663	Venta al por mayor de materiales de construcción, artículos de ferretería y equipo y materiales de fontanería y calefacción	10
4719	Otras actividades de venta al por menor en comercios no especializados	78
4759	Venta al por menor de aparatos eléctricos de uso doméstico, muebles, equipo de iluminación y otros enseres domésticos en comercios especializados	224
	Total	1011

Fuente: DIGESTYC. Directorio de Empresas 2011

Dentro de los principales actores relacionados con la gestión de luminarias, se encuentran: 1) empresas distribuidoras de Energía Eléctrica, quienes promueven el uso de focos ahorradores. Las empresas que suministran al Área Metropolitana de San Salvador, y que conforman al Grupo AES El Salvador, son: CAESS, DELSUR y EDESAL [7]; 2) usuarios finales que tienen acceso a energía eléctrica, los cuales desde el año 1998 (primer año del que se tienen datos) hasta 2010 han crecido a razón promedio del 3.5% [7]. Estos datos se resumen en la Tabla III.

Tabla III.
Crecimiento de usuarios finales con energía eléctrica. El Salvador. Período 1998 - 2010

Año	Clientes	% de Crecimiento Anual
1998	982,945	
1999	1,030,153	4.80%
2000	1,086,803	5.50%
2001	1,128,757	3.86%
2002	1,162,071	2.95%
2003	1,218,455	4.85%
2004	1,257,125	3.17%
2005	1,293,270	2.88%
2006	1,335,806	3.29%
2007	1,375,793	2.99%
2008	1,412,749	2.69%
2009	1,444,178	2.22%
2010	1,483,581	2.73%

Fuente: SIGET. Boletín de Estadísticas Eléctricas, 2010. (no incluye luminarias de alumbrado público)

B. Diagnóstico sobre el ciclo de vida de luminarias en el Área Metropolitana de San Salvador

Con el fin de determinar el manejo actual de las luminarias que realizan tanto en el sector industrial como sector residencial, partiendo desde su consumo hasta su disposición final, se realizó una encuesta a una muestra no probabilística de 300, la cual se derivó en 86% hogares y 14% empresas, ambos pertenecientes al AMSS como requisito principal, discriminando nivel educativo y socio-económico para hogares y para empresas se intentó cubrir distintos rubros: hoteles, bancos, instituciones de educación superior y básica, instituciones gubernamentales y consumo masivo obteniendo un total de 258 hogares y 51 empresas (siendo un total de 309 encuestas) del AMSS, en el período de febrero a mayo del 2012.

El 56% de los entrevistados fueron hombres y el 44% mujeres. El 94% de los encuestados tiene un nivel de educación universitario. El 74% oscila en edades entre 26 a 50 años.

Del total de 258 entrevistados, los datos demuestran que el 52% de usuarios finales utilizan focos ahorradores (ver figura 5), con un rango promedio de 6 a 10 unidades por vivienda; en segundo lugar, se ubican con 25% los focos incandescentes, con un rango promedio de 1 a 5 unidades por vivienda; en tercer lugar, las lámparas fluorescentes con 15% de aceptación, con un rango promedio de 1 a 5 unidades por vivienda, lo que se traduce en un 67% de usuarios finales que utilizan luminarias que contienen mercurio, los cuales son reemplazados en un periodo mayor a un año. Ver Tabla IV.

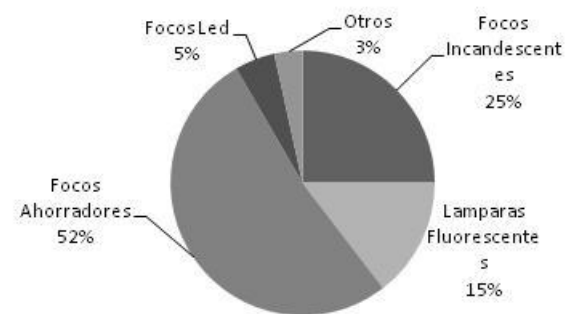


Figura 5.
Consumo por tipo de luminarias en hogares del AMSS

Tabla IV.
Frecuencia de cambio por tipo de luminaria en viviendas del AMSS

Tipo de Luminaria	Frecuencia de cambio
Focos Incandescentes	3 a 6 meses
Lámparas Fluorescentes	más de 1 año
Focos Ahorradores	más de 1 año
Focos LED	más de 1 año

Fuente: Encuesta sobre ciclo de vida de luminarias, febrero a mayo de 2012.

Asimismo, el 52% de los hogares adquieren las luminarias en ferreterías, seguido de un 33% que los adquieren en supermercados. Ver Figura 6.

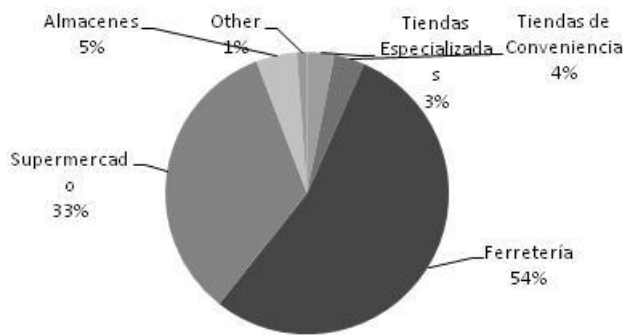


Figura 6
Lugar donde se adquieren las luminarias en el Área Metropolitana de San Salvador

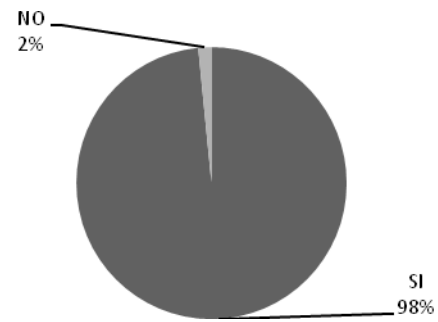


Figura. 8
Opinión de encuestados en hogares respecto a si las luminarias deberían reciclarse o no

De igual manera, se les consulto a los encuestados cuál es su recomendación para el desecho de las luminarias; de los 258 encuestados, el 52% respondió que recomienda botar a la basura las luminarias que ya no utiliza. Dicha razón es que no saben qué hacer con ellas, ya que no existen opciones diferentes. Por otro lado, el 48% que respondió que no recomienda botarlas a la basura tiene un argumento diferente, debido que son conocedores que dichas luminarias poseen alto contenido tóxico y, por ende, contaminan. Ver fig. 7.

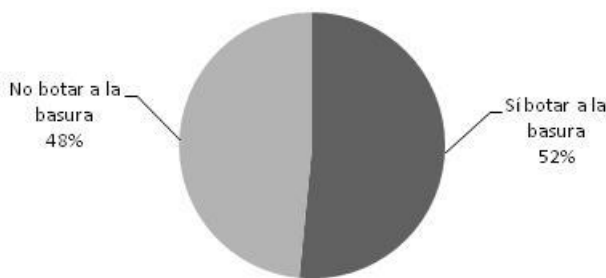


Figura 7.
Recomendación de los encuestados respecto a botar las luminarias en la basura

Sin embargo, el 98% está dispuesto a tomar una acción para recuperarlas y, posteriormente, reciclarlas. Ver Figura 8.

Respecto a la recuperación, las acciones propuestas a los encuestados fueron: vender o donar las luminarias, ante esto el 76% respondió que donaría las luminarias en desuso; y la forma en que la población encuestada lo haría es: el 58% se la entregaría a un recolector autorizado, mientras que el 34% las llevaría a un establecimiento autorizado, el cual podría ser ferreterías o supermercados. Sin embargo, el 88% considera que el canje de luminarias es una buena opción para la recolección. Ver Figura 9.

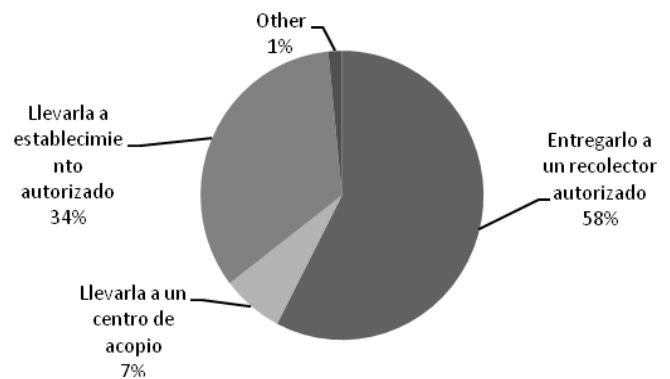


Figura 9
Acciones a tomar por los usuarios finales de haber opciones para el tratamiento de luminarias

La población salvadoreña que tiene acceso a la energía eléctrica está creciendo a razón de 3.5% por año posee una tendencia marcada a la migración de focos incandescentes a focos ahorradores, con los cuales el consumo de energía eléctrica disminuiría en gran medida ya que estos son mucho más eficientes y necesitan menor cantidad de KW para

emitir los mismos lúmenes que un foco incandescente, los cuales en la factura de energía eléctrica representan el 20% del consumo.

En cuanto al sector empresarial, se tuvo una muestra de 51 entre instituciones y empresas encuestadas en la zona Metropolitana de San Salvador. Es importante recalcar que algunas instituciones o empresas fueron reacias a contestar la encuesta, especialmente el sector bancario (no se obtuvo respuesta de ninguno), a pesar de que se contactó directamente a los responsables de la División Ambiental de los Bancos Comerciales, y se presentó la carta de respaldo del MARN; la mayoría manifestó que ese tipo de datos no podían revelarlos. Asimismo, los supermercados no proporcionaron información, con excepción de una sucursal, cuya encuesta fue completada por el supervisor.

La mayoría de encuestas fue contestada por instituciones gubernamentales (Ministerios, Autónomas), alcaldías, hoteles e instituciones educativas, arrojando la siguiente información: la luminaria de uso frecuente para uso de oficina es la Lámpara Fluorescente, con 26% de aceptación y un consumo promedio de 200 unidades, seguida por los Focos Ahorradores con un 22%. Ver Figura 9.

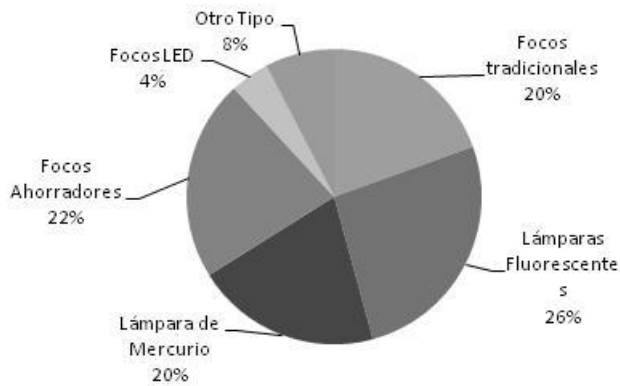


Figura 9.
Consumo de tipo de luminarias en empresas del AMSS

El lugar de compra preferido para este sector son las tiendas especializadas con 44% de aceptación. Ver Figura 10.

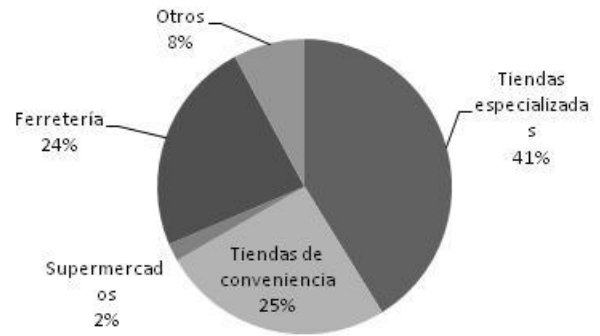


Figura 10.
Lugar comercial donde las empresas adquieren luminarias en la zona del AMSS

De las empresas encuestadas, el 80% no subcontrata el servicio de instalación y mantenimiento de luminarias, por lo que cada empresa se encarga de la gestión de compra, sustitución y disposición final de las mismas. Ver Figura 11.

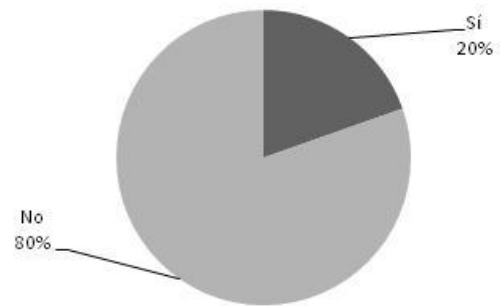


Figura 11.
Empresas que subcontratan el servicio de instalación de luminarias en la zona del AMSS

El 79% de las empresas encuestadas no se rige por una política de compras de luminarias, sino más bien, por el precio de adquisición, es decir, las luminarias se compran en el establecimiento que ofrezca mejor precio. Ver Figura 12.

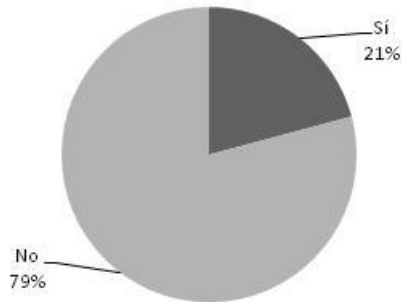


Figura 12.

Empresas que poseen políticas de compra de luminarias en la zona del AMSS

Asimismo, se les consultó a las empresas si tenían luminarias en desuso almacenadas, el 27% respondió afirmativamente, mientras que el 47% opta por descartarlas en la basura común. Ver Figura 13.

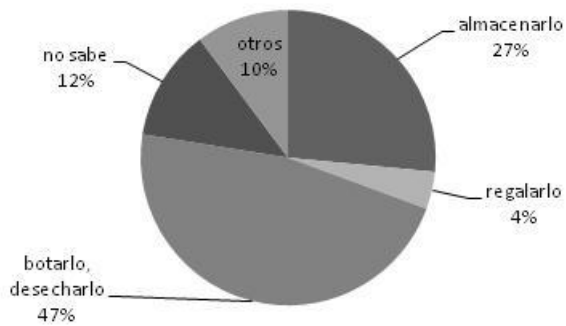


Figura 13.

Disposición actual de las luminarias en desuso en las empresas del AMSS

El 88% de las empresas recomiendan no botar las luminarias a la basura, ya que, a diferencia de los usuarios individuales, si conocen los riesgos y elementos altamente contaminantes que poseen las luminarias; sin embargo, el 80% de estas empresas desconoce si existe alguna técnica para el reciclaje de las mismas.

Además, se consultó si estarían dispuestas a entregar las luminarias a una empresa ó institución especializada para que fuesen reciclados, pregunta a la cual el 94% respondió afirmativamente, mientras

que el 6% respondió que no entregaría las luminarias. De la misma forma, se les preguntó si estarían dispuestas a donar o vender las luminarias que ya no utilizan, el 59% respondió que donarían, mientras que el 41% las vendería. Ver Figura 14.

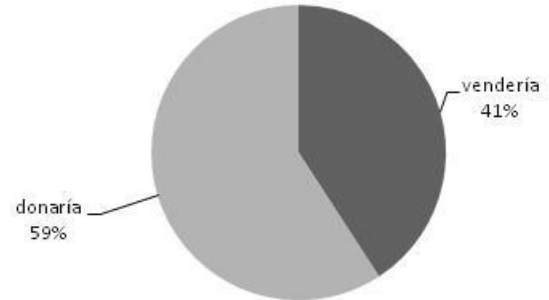


Figura 14.

Opinión de empresas encuestadas respecto a donar o vender luminarias en desuso en la zona del AMSS

Otro dato interesante es que el 37% de las empresas encuestadas desconocen si existe dentro de su empresa alguna política que prohíba la donación de las luminarias. Ver Figura 15.

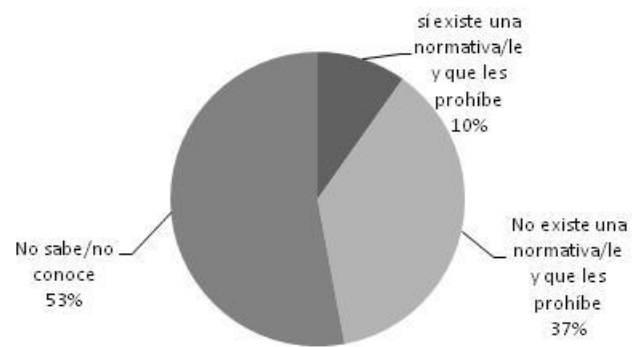


Figura 15.

Existencia de política en empresas que prohíba la donación de luminarias en desuso en la zona del AMSS

En conclusión, actualmente no se están haciendo muchos esfuerzos por disponer las luminarias en desuso de manera adecuada por parte de los usuarios finales ni de las empresas, aún cuando más del 90% está consciente que no deben botarse a la basura común. Por otro lado, la gran mayoría

empresas por su parte no ha definido una política sobre qué hacer con las luminarias en desuso.

Un dato importante es que la mayoría de usuarios finales, empresas e instituciones adquiere sus luminarias en ferreterías, supermercados y tiendas especializadas, por lo que deben considerarse a futuro al plantear una gestión integral para su tratamiento y disposición.

C. Avances en materia de gestión de residuos a nivel nacional

Algunas empresas están realizando acciones de sustitución de luminarias, en apoyo a la coyuntura de eficiencia energética que se está desarrollando en el país. Es así como empresas generadoras de energía eléctrica han venido impulsando acciones encaminadas al ahorro energético; y además, conocen los riesgos y elementos contaminantes que contienen las luminarias fluorescentes o ahorradoras de energía.

Algunas de las medidas que CEL (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa), está realizando son:

1. Desde hace 10 años ha almacenado las luminarias que se encuentran en desuso, totalizando alrededor de 1.93 toneladas a Junio de 2012, entre lámparas fluorescentes, ahorradores y halógenos; de las cuales 0.13 toneladas han sido almacenadas en las instalaciones de CEL El Guajoyo;
2. Desde el año 2005, se implementó la política de “Evaluación de peligrosidad”, con la cual se compran luminarias ahorradoras con etiqueta verde, es decir, productos que se encuentran avalados por la EPA-TCLP, que no posean más de 0.2mg/l. [8]
3. CEL realiza revisión de sus luminarias cada 3 meses, reemplazando las que hayan llegado al fin de su vida útil, el cual en promedio es de 3 meses.

4. CEL está en la búsqueda constante de posibles métodos de reciclaje, por lo que de existir una empresa que ejecute tal actividad, donaría las luminarias que posee. [9].

Otra empresa de la industria generadora de energía eléctrica realiza las siguientes acciones:

1. Sustitución de luminarias que contienen mercurio por iluminación LED de diferentes tecnologías, según sea el requerimiento de iluminación;
2. Adquisición de máquina comercializada por la empresa estadounidense Aircycle llamada Bulb Eater <http://www.aircycle.com/bulb-eater-premium/>, la cual se encarga de triturar la luminaria obteniendo el vidrio, mercurio y metal mezclado y almacenado en un barril sellado, con esto se reduce el espacio utilizado para su almacenaje. Ver Figura 17.

Si bien es cierto que el Bulb Eater disminuye el espacio utilizado para el almacenaje de las lámparas, no resuelve el problema de raíz, dado que en El Salvador no existe ninguna entidad que posea la tecnología ni permisos para el tratamiento de sustancias peligrosas como el mercurio, por lo que el barril sellado, debe ser exportado hacia Estados Unidos para su posterior aprovechamiento; situación que hasta la fecha debe no se ha regulado. Otras iniciativas de empresas que no están vinculadas directamente con el sector energético, es el caso de ASIPLASTIC, quienes están realizando medidas como:

1. Sustitución de luminarias que contienen mercurio por placas LED; sin embargo, por el alto costo que estas representan no existen de momento reemplazos masivos [10]; y
2. Las luminarias sustituidas son almacenadas en contenedores, los cuales envían a Biológicos y Contaminados S.A.S. en Costa Rica (filial de SAS Colombia) <http://biologicos.net/web/>, quienes se

encargan del transporte, separación y envío de los componentes separados a Estados Unidos. Esta empresa está certificada para el tratamiento de residuos peligrosos según el decreto 1609 del año 2012 y con Licencia Ambiental Gestión de Luminarias en el año 2010. [11]

D. Conclusiones

A nivel nacional existen varias iniciativas para el trato correcto de las luminarias, sin embargo estas son muy limitadas debido a la inexistencia de una entidad que procese y exporte las luminarias y sus componentes en donde se aprovechen los materiales para procesos de reciclaje.

Otro factor importante que Estados Unidos de América no está adscrito al Convenio de Basilea, por lo que actualmente no se pueden exportar los desechos de luminarias, lo que representa una limitante para cerrar el ciclo de vida de las luminarias, con el reciclaje total de sus componentes.

III. GESTION DE LUMINARIAS EN ESPAÑA

A. Legislación vigente en España

El 28 de febrero del 2005 se emitió el Decreto Real 208/2005 [12] referente a los AEE y la disposición de sus residuos. Este decreto faculta al gobierno a establecer normas relativas a la fabricación y su correcta gestión ambiental cuando devenga residuo.

La mejora en la interrelación de todos los agentes que intervienen en el ciclo de vida de los AEE (productores, distribuidores, usuarios y empresas dedicadas a la gestión de residuos) es uno de sus principales objetivos.

El Decreto Real determina cómo gestionar los AEE, incluyendo las luminarias, con especial consideración los procedentes de hogares, ya que representan el mayor porcentaje de residuos AEE en España. En el anexo I de dicho Decreto [12] se especifican los tipos de luminaria consideradas (Luminarias para lámparas fluorescentes, excluidas las luminarias de hogares particulares; lámparas

fluorescentes rectas; lámparas fluorescentes compactas; lámparas de descarga de alta intensidad, incluidas las lámparas de sodio de presión y las lámparas de haluros metálicos; Lámparas de sodio de baja presión; otros aparatos de alumbrado utilizados para difundir o controlar luz, excluidas las bombillas de filamentos).

Los últimos poseedores podrán devolver los aparatos sin costo a los distribuidores o entidades locales que recibirán temporalmente los procedentes de hogares y previo acuerdo, los de uso profesional. Asimismo, se establecen **medidas de prevención** para los productores tales como:

- Diseño de los AEE y luminarias de manera que no contengan plomo, mercurio, cadmio u otros contaminantes;
- Diseño y producción que facilite su desmontaje, reparación, reutilización y reciclaje;
- Proporcionar a los gestores de residuos de AEE y luminarias la identificación de los distintos componentes y materiales susceptibles de reutilización y reciclado, así como la localización de sustancias peligrosas de los mismos;
- Informar a los usuarios finales sobre los criterios para una correcta gestión ambiental de los residuos de AEE, en cuanto a su devolución y recogida selectiva, los efectos al medioambiente y la salud humana, por los materiales contaminantes que puedan contener.

En relación al **proceso de entrega** de residuos de AEE, dicho Decreto establece que:

- los usuarios deberán entregar los residuos de AEE para que sean gestionados correctamente sin costo alguno;
- los usuarios que adquieran aparatos de tipo equivalente al que se desecha podrá entregarlo en el acto de la compra al

- distribuidor, quien deberá almacenarlo temporalmente siempre que contenga los contenedores adecuados y no contenga otros residuos ajenos al aparato;
- las entidades locales de más de 5,000 habitantes deben coordinar con sus municipios la recogida selectiva de los residuos de AEE (RAEE);
 - los productores establecerán sistemas de recogida selectiva para los RAEE, desde los hogares particulares hacia los centros de tratamiento autorizados;
 - entidades locales o agrupaciones podrán recibir RAEE no procedentes de hogares y en concordancia con las ordenanzas municipales;
 - si la recogida de RAEE implica riesgo sanitario para la salud se podrá rechazar la devolución; y
 - los productores o distribuidores o el gobierno municipal tendrán la obligación de recoger los RAEE con la periodicidad necesaria y trasladarlos a instalaciones autorizadas.
- las municipalidades promoverán la adopción de certificados válidos para el cumplimiento de requisitos de norma de gestión ambiental aceptados internacionalmente de acuerdo al DR 208/2005. Esos son entregados por ECOLUM (Sistema Integrado de Gestión de Residuos) a través de los gestores de residuos autorizados con los que trabaja a las empresas de mantenimiento de alumbrado público o de edificios, aquellas que se dedican a reformas integrales, las grandes superficies comerciales, los aeropuertos, estaciones de tren y metro, etc. [13]
 - la entrada o salida de RAEE del territorio nacional se ajustará a la ley 10/1998 que establece lo relativo a la vigilancia y control de los residuos en el interior, entrada y salida de la Comunidad Europea.

Las instalaciones en las que se recojan los RAEE deberán cumplir con los requisitos de ley y tener el permiso de operación de la institución competente. Los productores y distribuidores deberán garantizar la recogida de los RAEE de manera selectiva y financiarán los costos relacionados a tal tarea. Para tal fin pueden suscribir un convenio marco con las comunidades autónomas quienes garantizarán la participación de los entes locales, los cuales aportarán las pruebas documentales para el cálculo de los costos adicionales en los que se tenga que incurrir.

Según dicho Decreto, se ha establecido un sistema integrado de gestión entre productores y otros agentes económicos con la autorización de las comunidades autónomas, para definir el ámbito de aplicación, la identificación y domicilio de la entidad de los puntos de recogida y gestión, la cantidad que se prevé recoger, porcentajes previstos de reutilización, reciclado, valorización y desecho final; mecanismos de financiación y garantías, procedimientos de información y fecha de aprobación que deberá ser renovada cada 5 años.

En cuanto al **tratamiento** dicho Decreto estipula:

- los RAEE que contengan materiales peligrosos serán descontaminados con la retirada selectiva de fluidos, sustancias y preparados;
- las operaciones de tratamiento tendrán como prioridad, y en este orden, la reutilización, el reciclado, la valorización energética y la eliminación,
- todas las operaciones de tratamiento se realizarán aplicando las mejores técnicas disponibles;

Respecto a las lámparas, se establece que el porcentaje de reutilización y reciclado de componentes, materiales y gas debe alcanzar el 80% del peso de las mismas.

Las Comunidades Autónomas deberán informar al Ministerio de Medio Ambiente sobre la cantidad de kilogramos o en unidades de los RAEE recogidos, así como los porcentajes de reutilización, reciclado y valorización.

El Decreto estipula además, **medidas sancionatorias** para aquellos productores de AEE que no estén inscritos en el Registro de Establecimientos Industriales. Estos deberán informar las cantidades de AEE que fabrican, importan o exportan; y cuál es el uso destinado (hogares, no hogares, ambos usos). Establece también la financiación para la gestión de los RAEE puestos en el mercado, antes de la fecha de entrada de vigencia del Decreto, el cual le da prioridad a los usados en hogares, no así a los de uso comercial cuya disposición correrá por cuenta de los productores, si hay sustitución de los mismos y por cuenta de la empresa si sólo los entregan para disposición.

Por su parte, el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio referente al Decreto anterior, establece que los aparatos de alumbrado se incluyen tanto la luminaria (difusor, marco y cuerpo, reflector y balastro) así como la lámpara (fluorescente, compacta, de halogenuros metálicos o sodio) [14]. La gestión de sus residuos se realiza de manera separada: luminaria por un lado y lámpara por otro; que es necesario armonizar los diferentes criterios sobre su naturaleza para fines de declaración en el momento de la venta como de la recogida, pues su uso puede ser de carácter doméstico como profesional.

B. Sistema Integrado de Gestión para la recogida de residuos de luminarias

La Fundación Ecolum que surge en octubre de 2004 a partir de ANFALUM, con el propósito de gestionar los RAEE, concretamente en su componente de luminarias, se ha convertido en un SIG que representa el 85% de los productores de

luminarias de España y ha establecido una guía para la recogida de residuos de luminarias [13].

Dicha guía establece que Ecolum: apoya la inscripción de Productores de AEE en el Registro de Productores de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (REI-RAEE) del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo según lo establece el RD 208/2005; gestiona los residuos de aparatos de alumbrado; presenta informes y auditorías anuales a las comunidades autónomas; proporciona formación continua; apoya a los distribuidores para conocer cómo ser un CRT de residuos de luminarias.

Asimismo, los instaladores deberán entregar los residuos de luminarias a Ecolum. Por su parte, los almacenes de material eléctrico que generen una cantidad considerable de residuos de luminaria pueden solicitar los servicios de recogida que Ecolum dispone: los residuos de luminaria deben entregarse completos con excepción de las lámparas, las cuales se depositan en contenedores especiales; entrega la documentación respetiva; dispone de un call center o email para solicitar el servicio de recogida; y vela por la aplicación de las sanciones por abandono de residuos de luminarias.

Ecolum cuenta con diversas modalidades de recogida:

1. más de 300 centros de recepción temporal de residuos en todo el país;
2. recogidas puntuales (un mínimo de 300 kg o 300 unidades); y
3. recogidas en instalaciones municipales, donde los usuarios domésticos y MYPES pueden depositar sus aparatos desechados en contenedores.

En cualquier modalidad las recogidas son gratuitas, ya que el productor es el responsable de la gestión de sus residuos. Ecolum como un SIG puede emitir certificados válidos del cumplimiento de requisitos de la norma ISO, EMAS, etc.; según el RD 208/2005.

También dispone de un plan de promoción de empresas con garantía ambiental, que consiste en acciones publicitarias como la inserción del logotipo de la empresa en un link o notas de prensa. Los receptores de residuo doméstico deben adherirse al convenio marco con las comunidades autónomas y firmar un convenio bilateral con el SIG Ecolum [15].

C. *Proceso de tratamiento de luminarias*

España cuenta con AMBILAMP [16], una asociación sin fines de lucro que reúne a las principales empresas de iluminación con el fin de contar con un sistema de recogida y tratamiento de residuos de lámparas fluorescentes, bombillas de bajo consumo, bombillos incandescentes y focos LED.

AMBILAMP, a través de una labor muy estrecha con establecimientos privados y “Puntos Limpios”, ofrece una serie de establecimientos en cada Provincia para que los usuarios finales puedan ir a depositar las unidades de lámparas descartadas. Su operación se basa en acercar los contenedores a los ciudadanos, concientizar a la sociedad sobre la importancia del reciclaje, dotar de una sólida red de recogida de este tipo de RAEE.

El siguiente cuadro muestra las toneladas métricas y unidades de lámparas que han sido recogidas por AMBILAMP en el transcurso de 2008 a 2011.

Tabla V
Toneladas y unidades de lámparas recogidas por AMBILAMP

AÑOS	TONELADAS MÉTRICAS	LÁMPARAS (UNIDADES)
2008	1,460	9,926,000
2009	1,707	11,607,600
2010	1,903	12,940,400
2011	2,170	14,773,410

Fuente: www.ambilamp.es

Todas las lámparas son reciclables y, por tanto, los materiales deben ser gestionados de manera adecuada, para recuperar, por un lado, el mercurio, una sustancia peligrosa que puede afectar a la salud

humana y al medio ambiente y, por otro lado, el vidrio y el metal para su posterior aprovechamiento.

Sin embargo, las lámparas incandescentes y las halógenas quedan fuera de la legislación, ya que no se ha considerado prioritario establecer directrices para su gestión tras convertirse en residuo. Por ello, en este caso, debe ser la práctica ecológica del consumidor la que le lleve a depositarla en los puntos limpios o en centros de recogida y reciclaje.

Con el compromiso de las empresas productoras y distribuidoras, se aplica un modelo de logística inversa donde se recibe el producto en el canal donde se produce. Posteriormente, pasa a una planta de tratamiento, donde se separan los diferentes tipos de lámparas (ver ilustración animada del proceso en http://www.ambilamp.es/el_reciclaje/planta_reciclaaje_3d).

Los tubos fluorescentes son ubicados en una banda transportadora donde se perfora el extremo del tubo para facilitar el corte de los cabezales. Posteriormente, se aspira el polvo de mercurio y se recoge en depósitos para ser destilado a altas temperaturas; el mercurio se evapora, se deja enfriar y se transforma en líquido para su recuperación. Por otra parte, el vidrio se separa, tritura y es transportado a través de bandas donde es aireado para su completa limpieza; y finalmente, el metal se somete a un proceso de trituración donde se separa el aluminio de los cabezales. Los otros tipos de luminarias reciben un manejo similar, por medio de un proceso automatizado.

Los materiales una vez separados sirven como insumos para la fabricación de otros productos.

D. *Conclusiones*

La experiencia de España sienta precedentes importantes ya que se dio el DR 208/2005 que establece la participación de los productores y distribuidores en el proceso de gestión integral de RAEE a través de ECOLUM que es un SIG para el tratamiento de luminarias en desuso y de empresas que se dedican a la recolección como AMBILAMP.

Otro punto importante es la campaña de concientización dirigida a los usuarios y a las empresas para disponer de manera correcta las

luminarias en desuso y la coordinación activa con las municipalidades y Comunidades Autónomas para facilitar la recogida y disposición.

Para finalizar, en el proceso de tratamiento se separan los materiales (vidrio, plástico, metal y mercurio) y se vuelven a reutilizar en procesos productivos.

IV. GESTION DE LUMINARIAS EN BRASIL

A. *Legislación vigente y perspectivas*

A partir del segundo semestre de 2012, Brasil experimentará una nueva forma de eliminar las lámparas fluorescentes, de vapor de sodio y mercurio; basados en un marco regulatorio emitido por el Gobierno Federal. [17]

En el artículo 33 de la Ley de Medio Ambiente de Brasil se establece la Política Nacional de Residuos Sólidos [18], donde establece que están obligados a diseñar e implementar sistemas de logística inversa, por la devolución de los productos después de su uso de parte de los consumidores, independientemente de los servicios de limpieza de calles públicas y recolección de residuos sólidos. Es decir, los actores sectoriales de cada cadena tomarán responsabilidad por la correcta disposición de los residuos de sus productos, entre ellos, los de luminarias.

Esto representa el comienzo para la puesta en marcha de la logística inversa, que constituye el principal instrumento de la Política Nacional de Residuos (PNR); su ejecución garantizará un aumento en el porcentaje de residuos reciclados en Brasil.

Actualmente, se recupera y recicla muy poco, sólo el 13% de los residuos sólidos [19]. Sin embargo, se espera que este porcentaje aumente con la puesta en marcha de la logística inversa; ya que la Ley de Medioambiente estipula que los fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes y ciudadanos tienen una responsabilidad compartida en la correcta gestión de los residuos de bienes y productos. El objetivo fundamental es indicar que la

vida útil no finaliza después de que el producto se consume, retorna a un proceso de reutilización, reciclaje o para una eliminación ambientalmente racional. Asegurar un mayor reciclaje y aprovechar los residuos como materia prima en otros procesos productivos, representaría un ahorro anual para la economía de Brasil de alrededor de \$8 mil millones, y se evita que los residuos lleguen a los rellenos sanitarios. [19]

El 17 de febrero se instaló el Comité Directivo para la Implantación del Sistema de Logística Inversa. Dicho Comité está integrado por los Ministerios de Medio Ambiente, Salud, Finanzas, Agricultura, Ganadería y Comercio de la Oferta y Desarrollo, Industria y Comercio Exterior, y tiene por objeto establecer las normas para la devolución de los residuos (que tiene un valor económico y puede ser reciclados o reutilizados) a la industria para su reutilización en el ciclo o ciclos de producción de otros.

Las cinco cadenas identificadas inicialmente como una prioridad, son: eliminación de los medicamentos, los envases en general, los envases de los aceites lubricantes y sus residuos, lámparas fluorescentes, vapor de sodio y mercurio y luz mixta, y la electrónica. Estos grupos tienen como objetivo elaborar propuestas para el modelado de la logística inversa y los subsidios a la convocatoria para el Convenio del Sector. [20]

El Gobierno Federal tiene como objetivo involucrar a todos los sectores (importadores, fabricantes, distribuidores, comerciantes, Movimiento Nacional de Recolectores de Materiales Reciclables, y representantes de estados y municipios), para garantizar la calidad de vida, nuevas prácticas en los negocios y nuevos patrones de comportamiento.

A través de mesas de trabajo con dichos sectores se discute y define qué tipos de productos de cada cadena se consideran y qué tipo de residuo generarán a la logística inversa. Por supuesto, se debe asesorar a los usuarios finales de cómo se hará la eliminación de sus residuos de manera que pueda ser devuelto al ciclo de vida. También se considera cómo se financiará todo el proceso y quién va a pagar por ello.

Como paso posterior, el Gobierno Federal preparará un estudio de viabilidad para las cadenas de carácter técnico-económico y se definirán las subvenciones para el desarrollo de un anuncio donde el Gobierno Federal convoque a un acuerdo sectorial. En el edicto se definen las cadenas de los productos y la logística. Una vez se lleguen a acuerdos se pondrán las propuestas a consulta pública.

Como caso concreto se cita el del Estado de Paraná ya que cuenta con una Política de Residuos Sólidos conocida como Programa Desperdicio Zero, con una reducción del 30% de los residuos generados. Entre de las acciones implementadas se destacan:

- fomentar el establecimiento de alianzas entre el gobierno, el sector productivo y la sociedad civil a través de iniciativas que promuevan el desarrollo sostenible;
- implementar la gestión diferenciada de los residuos domésticos, comerciales, rurales, construcción industrial, de servicios de salud, y similares;
- alentar la eliminación adecuada de residuos sólidos urbanos de una manera consistente con la salud pública y la conservación del medio ambiente;
- implementar programas de educación ambiental, especialmente las relativas a los patrones de consumo sostenibles;
- adoptar soluciones regionales en rutas alternativas a envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos;
- estimular el uso de la investigación, el desarrollo, apropiación, adaptación, mejora y eficaz de las tecnologías apropiadas para la gestión integrada de residuos sólidos;
- capacitar a los directivos involucrados en las actividades ambientales relacionadas con la gestión integral de residuos sólidos;

- instalación de grupos de trabajo permanentes para el monitoreo sistemático de las acciones, proyectos, regulaciones en el ámbito de los residuos;
- promover, desarrollar e implementar programas para la gestión integrada de los residuos municipales;
- supervisar y vigilar la correcta eliminación de los residuos sólidos de acuerdo con las facultades legales;
- promover la recuperación de pasivos ambientales derivados de la eliminación inadecuada de desechos sólidos;
- fomentar el establecimiento de instalaciones de tratamiento y eliminación de residuos industriales;
- fomentar el uso, reutilización y reciclaje, con la introducción de plantas, con vistas a la reutilización de los residuos inertes de la construcción; y
- fomentar la implantación de la recogida selectiva y el reciclaje, con el apoyo de la total separación de los residuos sólidos en la fuente.

En cuanto a las lámparas, éstas se consideran residuos especiales. En el mercado brasileño se pueden encontrar lámparas de vapor de mercurio, vapor de sodio, y también se mezclaron las lámparas fluorescentes de luz. Según dicha Política, cuando se "quema" no se deben tirar junto con otros residuos domésticos, ya que hay una necesidad para la descontaminación de ellos, con el fin de neutralizar las sustancias químicas nocivas y que sus componentes puedan ser reciclados tras el tratamiento adecuado.

Todos los materiales que componen las luminarias pueden ser aprovechados, por medio de etapas de separación y descontaminación.

Respecto a los residuos especiales, incluyendo las lámparas, se busca estimular la participación efectiva de todos los interesados en el proceso: usuarios, productores, distribuidores o importadores, de modo que adopten, ya sea directamente o a través de terceros, los procedimientos de la no generación, reducción, reutilización, reciclaje, tratamiento o disposición final ambientalmente adecuada según la legislación vigente.

B. Empresas dedicadas a la gestión de residuos de luminarias

Megareciclagem [21] es una empresa dedicada a la descontaminación y separación de lámparas que contienen mercurio; posee una tecnología que permite la separación de los componentes para su posterior reciclaje, su filosofía se basa en un proceso de reciclaje que evite el descarte incorrecto de materiales. Dicha empresa emite dos tipos de certificados:

1. certificado de aprobación para tratamiento de residuos (emisión después de la llegada del descarte y el conteo de las unidades);
2. certificado de tratamiento (emitido después del proceso de descontaminación y reciclaje de lámparas, 30 días).

Megareciclagem no genera descarte, ya que comercializa todos los componentes de las luminarias, como materia prima para otros procesos productivos.

El proceso de descontaminación comprende las siguientes etapas:

- Recepción, donde las lámparas se separan y se contabilizan;
- Descontaminación:
 - a. Las lámparas se colocan sobre una cinta transportadora hacia a dentro del equipo, todo el proceso es automatizado;

- b. El equipo quiebra las luminarias y las partículas en suspensión son absorbidas por el filtro, sometiéndolo a una extracción a alta temperatura para captar el mercurio;
- c. El mercurio se almacena en un recipiente especial en forma líquida.
- d. El vidrio y los metales se transportan por unos conductos donde salen separados, para su posterior almacenamiento.

Al final de todo el proceso, se obtienen los componentes de las lámparas, ya descontaminados, listos para ser utilizados como materias primas que se reciclan en diferentes segmentos: Vidrios: para la industria cerámica; Metales: para la industria del acero; Mercurio: para los termómetros industriales.

N. Aline [22] indica que Megareciclagem está buscando alternativas y proyectos de desarrollo con los fabricantes de luminarias con el fin de satisfacer la logística inversa. Este tema es aún bastante peculiar, ya que el objetivo es administrar y operar la devolución de los residuos después de su consumo a sus orígenes, y la asignación de valor para ellos. Dentro de los diversos contextos que se conforman, tiene que contribuir de manera significativa a la recuperación y reciclaje de productos y materiales después de su uso y reducir al mínimo los daños causados al medio ambiente.

En el caso de Megareciclagem, se especializa en la descontaminación y recuperación de las lámparas que contienen mercurio, la participación en el mercado aún es baja; sin embargo, empresas u organizaciones que ya conocen el procedimiento colaboran con esta labor. La sensibilización y educación ambiental juega un papel importante en la adecuada gestión y aprovechamiento de los residuos, no obstante, hay personas y empresas que desconocen los procedimientos legales que deben adoptarse con las lámparas u otro tipo de residuo.

Otro proyecto interesante es el trabajo en la Ciudad de en Curitiba donde cada persona tiene el derecho de devolver hasta 10 lámparas sin costo alguno. El destino final y los costos del manejo son responsabilidad del Gobierno, por lo que las unidades suelen ser enviadas a las plantas de

tratamiento de luminarias en desuso para su descontaminación y reciclaje, práctica que es una forma de divulgación y formación de conciencia ambiental a nivel de los ciudadanos.

C. Conclusiones

Del modelo de Brasil lo más importante a señalar es el enorme esfuerzo que se ha logrado con la política de logística inversa al crear el Comité Directivo para la Implantación del Sistema de Logística Inversa, que incluye a las instituciones gubernamentales involucradas y busca coordinar con todos los sectores representados en las cinco cadenas identificadas como prioritarias (envases, lámparas, electrónicos, envases de lubricantes, medicamentos).

Con estos sectores se trabaja el modelo de logística inversa pues actualmente solo se recolecta el 13% de los residuos sólidos generados en Brasil. Si se recuperan, tratan y reciclan estos residuos, Brasil estaría reactivando mucho más su economía y ahorrando insumos para sus actividades productivas.

Se está haciendo una constante concientización a los usuarios finales de cómo se hará la eliminación de sus residuos y también se están evaluando formas de cómo financiar todo el proceso y quién lo pagará. Es decir, Brasil aún está definiendo su modelo aunque ya tiene algunas ciudades exitosas que lo están implementando como Paraná y Curitiba.

V. PROPUESTA PRELIMINAR PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS DE LUMINARIAS EN EL SALVADOR

A. Antecedentes

La Ley Nacional de Medio Ambiente [23] establece los siguientes artículos sobre la disposición de desechos sólidos y residuos peligrosos:

Art. 52.- El Ministerio promoverá, en coordinación con el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Gobiernos Municipales y otras organizaciones de la sociedad y el sector empresarial el reglamento y programas de reducción en la fuente, reciclaje, reutilización y adecuada disposición final de los desechos sólidos. Para lo anterior se formulará y aprobará un programa nacional para el manejo Integral de los desechos sólidos, el cual incorporará los criterios de selección de los sitios para su disposición final.

Art. 60.- Toda persona natural o jurídica que use, genere, recolecte, almacene, reutilice, recicle, comercialice, transporte, haga tratamiento o disposición final de sustancias, residuos y desechos peligrosos, deberá obtener el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta Ley.

Por otra parte, el MARN posee una Política Nacional de Medio Ambiente reciente, la cual fue aprobada por el Consejo de Ministros el 30 de mayo del presente año. En ella se establecen las líneas prioritarias de acción en materia medioambiental.

Como parte de las líneas estratégicas se instaura la responsabilidad y cumplimiento ambiental [24] que establece la Responsabilidad extendida al productor, importador y distribuidor; con el fin de que asuman la responsabilidad por el destino final de sus productos (envases, neumáticos, AEE, vehículos, aceites, entre otros).

También introduce la responsabilidad extendida al consumidor, por medio de la concientización para la selección de productos que fomenten y reduzcan los desechos sólidos y que no dañen el medioambiente por su uso y descarte.

Además, el MARN cuenta con un Programa Nacional de Desechos Sólidos que aborda como componente fundamental la recuperación y aprovechamiento de los desechos sólidos y lo complementa con el componente de mejora en la disposición final del descarte.

Según el documento del Programa Nacional para el Manejo Integral de Desechos Sólidos [25]

actualmente se genera un aproximado de 3,400 toneladas de desechos sólidos al día, de los cuales el 86% se concentra en las grandes urbes (San Salvador, Santa Ana, San Miguel, Sonsonate y Usulután).

Según las estadísticas presentadas en este documento, las luminarias, junto con otros desechos considerados especiales, representan el 4% de la composición total desechos, ya que si bien son generados en hogares, instituciones e industrias, no son consideradas basura común, por poseer componentes peligrosos.

Actualmente ya se está incrementando la recuperación de diversos tipos de desechos que poseen valor comercial. Las luminarias tienen partes metálicas, vidrio y gases que podrían recuperarse bajo un tratamiento adecuado y ser aprovechados en nuevos procesos industriales.

Por lo tanto, en el país se perfila un auge en la recuperación de desechos y más aún existe la base legal para impulsar programas de recuperación de luminarias, únicamente es necesario profundizar en reglamentos o lineamientos técnicos específicos para su aprovechamiento.

B. Proyección de unidades de luminarias para descarte en los próximos 18 meses

Según cifras de la SIGET [7] se contaba al 31 de diciembre de 2010 con:

- 1,474,687 luminarias en residenciales y de bajo consumo;
- 403,509 luminarias de alumbrado público y,
- 8,894 luminarias en empresas (consumo alto).

Es decir, un total de 1,887,090 luminarias próximas a estar en desuso. Además, de la encuesta a usuarios finales y empresas, se puede determinar el consumo promedio de cada tipo de luminaria así como su vida útil promedio.

Al hacer una extrapolación del total de encuestas a los usuarios registrados por SIGET, se tiene una primera aproximación de la cantidad de lámparas que estarían en desuso en los próximos meses según cada tipo. (Ver proyecciones en tablas VI, VII y VIII).

Tabla VI
Proyección de unidades de focos incandescentes en desuso para los próximos 24 meses

Tipo	Lámparas fluorescentes			
	Cantidad	Unidades consumo	TOTAL	Tiempo de vida
Residencial	1,474,687	5	7,373,435	18 m.
Alumbrado público		--	--	18 m.
Industria y comercio	8,894	20	177,880	24 m.
			7,551,315	

Fuente: SIGET. Boletín de Estadísticas Eléctricas 2010. Encuesta a usuarios finales, comercio e industria.

Tabla VII
Proyección de unidades de lámparas fluorescentes en desuso para los próximos 24 meses

Tipo	Focos incandescentes			
	Cantidad	Unidades consumo	TOTAL	Tiempo de vida
Residencial	1,474,687	5	7,373,435	18 meses
Alumbrado público	403,509	1	403,509	24 meses
Industria y comercio	8,894	200	1,778,800	24 meses
TOTAL			9,555,744	

Fuente: SIGET. Boletín de Estadísticas Eléctricas 2010. Encuesta a usuarios finales, comercio e industria.

Tabla VIII
Proyección de unidades de focos ahorradores en desuso para los próximos 24 meses

Tipo	Focos ahorradores			
	Cantidad	Unidades consumo	TOTAL	Tiempo de vida
Residencial	1,474,687	10	14,746,870	18 meses
Alumbrado público	--	--	--	--
Industria y comercio	8,894	20	177,880	24 meses
			14,924,750	

Fuente: SIGET. Boletín de Estadísticas Eléctricas 2010. Encuesta a usuario finales, comercio e industria.

De estas proyecciones se deduce lo siguiente:

1. El sector que más unidades de luminarias en desuso generaría es el residencial, con 14.5 millones de unidades focos ahorradores y 7.3 millones de unidades de lámparas fluorescentes e incandescentes por igual.
2. El sector industrial, comercio y academia generaría mayoritariamente lámparas fluorescentes, 1.7 millones de unidades, con menor cantidad de focos incandescentes y focos ahorradores, 177 mil unidades.
3. También se debe considerar el casi medio millón de unidades de luminarias fluorescentes de alumbrado público a ser sustituidas en un plazo de aproximadamente 24 meses.
4. Si consideramos un promedio de 3 mg de mercurio por foco ahorrador, se estarían contaminando con un total de 44.77 kg de mercurio. Por su parte, las lámparas fluorescentes tienen un promedio de 20 mg de mercurio por unidad, por lo que se estaría contaminando con 191.11 kg de mercurio. Esto significa un total de 235.88 kg de mercurio que va a parar a los rellenos sanitarios por la inadecuada disposición de las luminarias en desuso.
5. Debe tomarse en cuenta que en las zonas rurales se utiliza más el foco incandescente aunque cada vez más se está migrando a focos ahorradores por el incremento en los precios del suministro de energía eléctrica; sin embargo, esta proyección nos da una buena aproximación de la cantidad de mercurio que se estaría enviando a la basura común.

Estas cifras previas indican la magnitud del problema, ya que al no existir un sistema de gestión de manejo de luminarias, tienen como destino final la basura común y se generan efectos secundarios por la contaminación por mercurio. Los efectos de esto se explican más adelante.

C. Primera aproximación de la cadena de valor de las luminarias en El Salvador

Respecto a los actores involucrados en la cadena de valor de las luminarias en El Salvador, se toma como marco de referencia los esfuerzos hechos en gestión de tratamiento de luminarias a la fecha en El Salvador y los actores identificados en el estudio de casos de Brasil y España.

Es así, que la primera aproximación de la cadena de valor de las luminarias, se compone de 4 eslabones (que conforman *el primer plano de la cadena*):

- Primer eslabón: empresas importadoras y fabricantes de luminarias.
- Segundo eslabón: empresas distribuidoras (mayoristas y al detalle)
- Tercer eslabón: consumidores finales (residencial, industria, institucional, comercio, academia).
- Cuarto eslabón: empresas de gestión de tratamiento de luminarias en desuso (incluye recolectores domiciliarios, locales autorizados, centros de acopio, empresas exportadoras, local de tratamiento de luminarias en desuso y disposición final).

En un *segundo plano* se encuentran los servicios de apoyo a estos eslabones: Aduanas de El Salvador, Ministerio de Hacienda; Cámaras de Comercio, ASI Empresas distribuidoras de energía, Empresas de instalaciones eléctricas, MINEC, MINED, Municipalidades, BANDESAL, Cooperación Externa.

En un *tercer plano* se encuentran las instituciones reguladoras: OSARTEC, MARN, CONACYT, Defensoría Consumidor, SIGET.

Este modelo se tomó de la metodología de cadenas de valor “Value Links” de GIZ [26]. El esquema completo de la cadena se muestra en la figura 16.

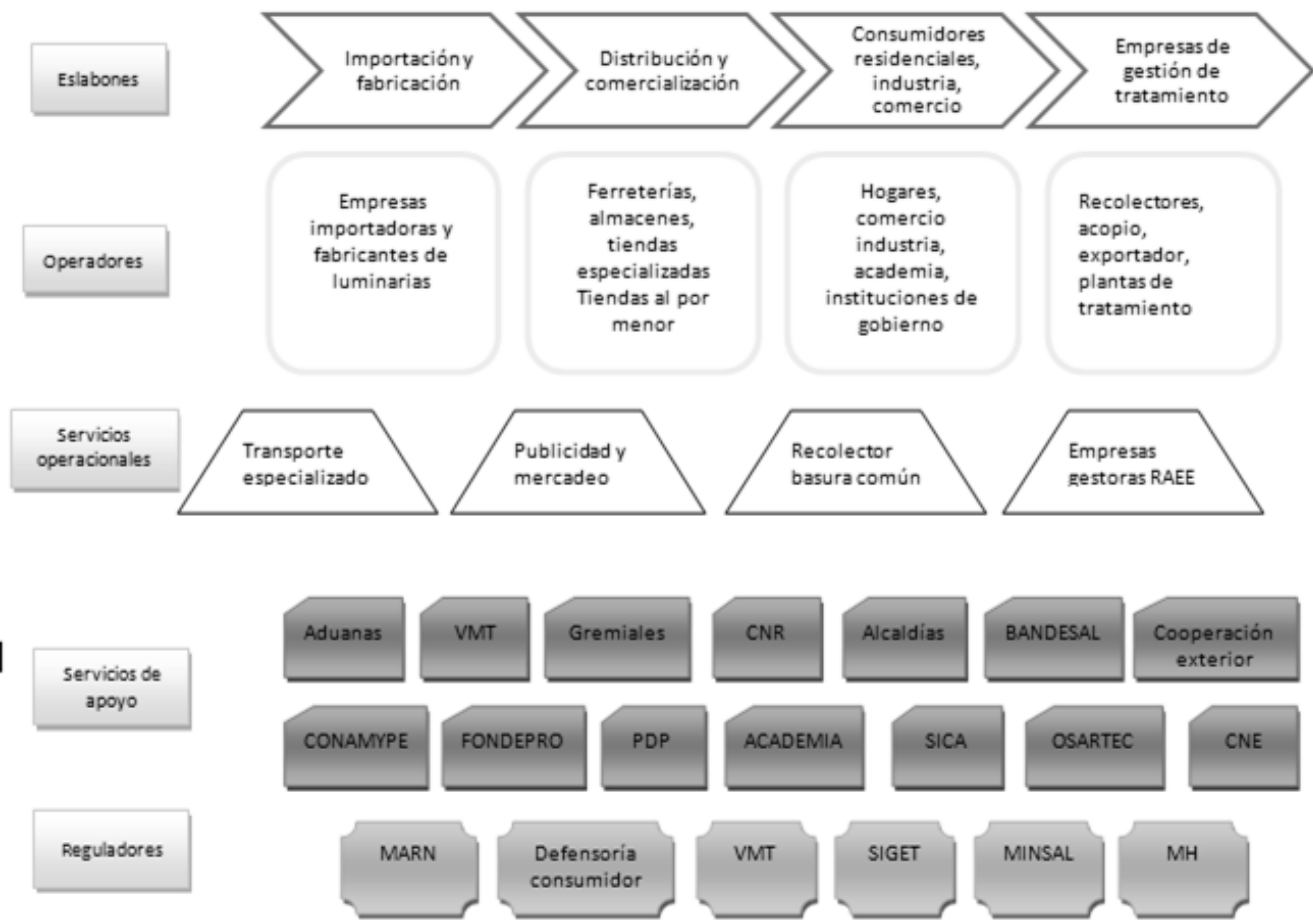


Figura 16.
Cadena de valor para el ciclo de vida de las luminarias en El Salvador.
 Fuente: Elaboración propia.

D. Propuesta preliminar

Problema identificado

El principal problema identificado es la disposición final de las luminarias, ya que la mayoría de los usuarios las depositan en la basura común, contaminando su entorno, incluyendo los sitios de disposición final, por las sustancias y/o gases que contienen las lámparas fluorescentes (usados mayormente en el comercio e industria) y los focos ahorradores (cada vez de mayor uso en hogares), pues cuando se quiebran liberan mercurio mezclados con argón, que son componentes altamente tóxicos que afectan gravemente la salud y el ambiente. Por ejemplo, pueden contaminar cuerpos de agua subterráneos y superficiales. [27]

La exposición a concentraciones elevadas de mercurio puede provocar daños cerebrales, en riñones y en fetos en desarrollo. Una de las maneras de ingerirlo es por medio del consumo de mariscos o vegetales contaminados con aguas que contienen dichos componentes. De igual manera, otros elementos peligrosos que se encuentran en las lámparas fluorescentes son cadmio, zinc, níquel, plomo y manganeso.

Por otra parte, se debe considerar que a pesar de que cerca del 90% de los encuestados está consciente de la contaminación que producen los desechos de luminarias, más del 50% de ellos las botan porque no encuentran otra alternativa para su disposición. Aún más, la población en general desconoce la legislación y las instancias relacionadas con la

disposición de desechos sólidos, en especial sobre RAEE.

Acciones previas a tomar

Antes de proceder a la definición de un modelo para la adecuada gestión de luminarias en desuso, se deben considerar ciertas acciones previas:

Legislación requerida

- Revisar las leyes y reglamentos que rigen la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las luminarias según lo establece el marco regulatorio del MARN, MINSAL y Vice-ministerio de Transporte.
- Revisar de la legislación vigente en países del área centroamericana como Costa Rica, que ya cuenta con un Convenio Bilateral con Estados Unidos para movimientos transfronterizos (comercialización) de Residuos Peligrosos.
- Establecer un reglamento que dictamine el tratamiento y disposición de luminarias en desuso. Este deberá ser liderado por OSARTEC, quien conformará un comité consultivo multidisciplinario (instituciones, autónomas, compañías de alumbrado público, distribuidoras de energía eléctrica, importadores, fabricantes, distribuidores y usuarios finales del sector residencial, comercio, industria y academia).

Interacción entre actores involucrados en el proceso

- Identificar las empresas a incorporarse en cada eslabón de la cadena de valor.
- Establecer mesas de trabajo con los sectores involucrados y entidades de soporte (definidos en la cadena de valor, ver fig. 16) donde se discuta y defina qué tipos de

productos se considerarán y qué tipo de residuo se someterá a la logística inversa.

- Integrar a otros actores del sector empresarial, con el fin de establecer alianzas que promuevan la implementación de proyectos de logística inversa, definiendo roles y responsabilidades; e incorporando lo establecido en la Ley y Política Nacional de Medio Ambiente.

Sensibilización, capacitación y acreditación

- Fomentar la participación e inserción de micro y pequeñas empresas interesadas en participar del proceso de la gestión de las luminarias.
- Planificar acciones para sensibilizar a la población en el adecuado manejo de las luminarias, bajo el marco de responsabilidad del consumidor.
- Asesorar a los usuarios finales sobre la correcta eliminación de los RAEE, a fin de que puedan ser retornado al ciclo de vida. También debe evaluarse cómo se financiará todo el proceso y quién va a pagar por ello.
- Los gobiernos locales deberán capacitar y acreditar a los recolectores residenciales, con el apoyo del MARN y MISAL.
- Las empresas gestoras (recolectores, centros de acopio, plantas de tratamiento, disposición final) deberán ser acreditadas por las instancias gubernamentales pertinentes, al cumplir con todos los requerimientos que establece la ley.

Determinar el modelo a seguir

- Definir el área geográfica dónde se desarrollará el plan piloto.

- Analizar las acciones que algunas empresas e instituciones están realizando, y verificar la pertinencia de incorporarlas modelo de logística inversa.
- Diferenciar los residuos de luminarias que genera cada sector: doméstico, comercial, industrial; con el fin de obtener una proyección de luminarias desechadas en cierto período de tiempo y cuáles son sus patrones de consumo.
- Construir el modelo a seguir: se recomienda considerar la logística inversa con responsabilidad compartida del importador/distribuidor/generador.
- Las instancias correspondientes deberán realizar monitoreo y control del sistema de gestión integral para las luminarias en desuso para verificar el cumplimiento de las regulaciones que establece la ley.

Sistema de gestión integral para las luminarias en desuso

El mecanismo propuesto para la recolección y aprovechamiento de las luminarias en desuso en El Salvador se propone en dos fases, considerando las condiciones actuales:

FASE 1

Recolectar, acopiar y exportar residuos

Paso 1

Las luminarias en desuso podrían ser recolectadas utilizando diferentes mecanismos: recolectores domiciliarios y centros autorizados.

Es importante que los lugares de acopio estén accesibles a los ciudadanos; pero, además, se debe concientizar a la sociedad sobre la importancia de la recuperación y reciclaje, y dotar de una sólida red de recogida de este tipo de RAEE.

Deberá tenerse especial cuidado en la transportación desde los usuarios finales a los centros de acopio. Las disposiciones de la forma cómo transportarlos deberá cumplir con la norma de la empresa a la cual serán entregadas para su proceso. En el caso de Colombia, ellos tratan las luminarias como residuos peligrosos y en sus unidades de transporte llevan unidades compactas de separación de materiales (vidrio, metal y mercurio). Ver vídeo en <http://biologicos.net/web/>

Las instancias gubernamentales vinculadas con los desechos sólidos (MARN, MINSAL y Vice-ministerio de Transporte) deberán crear y validar la normativa y lineamientos que orienten la adecuada gestión de este tipo de desecho según su clasificación. Esta etapa demandará una estrecha coordinación entre las instituciones gubernamentales involucradas, gobiernos municipales y empresa privada.

El proceso de recolección generará micro-empresarios que deberán acreditarse y cumplir con los lineamientos establecidos por las respectivas instancias, debido al manejo especial que requiere este tipo de desecho. En el siguiente enlace se puede observar un video de sensibilización sobre el proceso de recolección de luminarias en desuso de Ambilamp de España, donde se puede apreciar el tipo de depósitos de recolección de luminarias en desuso y su transporte: <http://www.youtube.com/watch?v=BgZzj0DGnUk>.

Sin embargo, se recomienda que para la transportación las unidades de luminarias se embalen y protejan de manera de que no sufran quebraduras. Otra opción es embalar las luminarias en cajas de cartón protegidas con plástico para evitar roturas.

En general, las empresas que se dediquen al proceso de recolección, tal como se están realizando con los residuos informáticos, deberán cumplir con las condiciones establecidas para la recepción y almacenamiento de las luminarias en desuso. En este caso, se deben diseñar contenedores específicos para cada tipo de luminaria, previo a llevarlas a los centro de acopio o puntos verdes.

Todos los gestores de luminarias, desde el recolector hasta su disposición final, deberán obtener los permisos requeridos para su funcionamiento.

Paso 2

Los centros de acopio estarían encargados de almacenar grandes cantidades de luminarias, que provendrían de los recolectores domiciliarios y empresas recolectoras autorizadas para posteriormente ser transferidos a las plantas de tratamiento. En esta fase, podrían considerarse las iniciativas que algunas empresas están llevando a cabo. De igual manera, deberán estar capacitados y acreditados por MARN, Alcaldía Municipal correspondiente, y otras instancias.

Paso 3

Las luminarias ya clasificadas se exportan hacia destinos donde se reciclan los insumos de las luminarias, o en su defecto, los exportan a mercados destino que si lo utilizan.

FASE 2

Recolectar, acopiar, exportar y/o tratar y dar disposición final de luminarias en el país.

Los pasos 1 y 2 se mantienen tal como se describieron anteriormente.

Paso 3

La opción más conveniente, por su bajo costo y que no requiere de una infraestructura especializada es con un aparato móvil compacto donde se pueden introducir las lámparas fluorescentes completas y se obtiene la separación del metal, vidrio y gas de mercurio en cuestión de segundos.

El funcionamiento de este aparato se ve en: <http://www.youtube.com/watch?v=QOQU5w2YIL>. Hay algunas empresas en el país, tal como se mencionó en el apartado I, que ya están haciendo uso de esta tecnología. Ver figura 17. También se podría tener plantas de tratamiento quienes deberán recibir las luminarias en desuso separadas para someterlas a la separación de sus componentes según se explica a continuación:

- A las *lámparas fluorescentes* se le cortan los extremos del tubo vidrio, para facilitar la extracción de los cabezales. Seguidamente, el tubo pasa por un sistema de aspiración, donde se recoge el polvo fluorescente en unos depósitos para ser destilado, es decir, aplicar altas temperaturas para que el mercurio se evapore. Posteriormente, se enfría para transformarlo en líquido. Por su parte, el vidrio pasa por un tratamiento de trituración y aireado hasta que finalmente queda limpio. El metal también se someter a un proceso de trituración adicional donde se separa el aluminio de los cabezales. Los restos de plástico también sufren un proceso de trituración.



Figura 17.
Máquina portátil para separación de partes de luminaria.

Fuente: Aircycle, USA.

- Las *luminarias incandescentes* se les quita el extremo metálico y la placa de resistencia, las cuales se trituran y almacenarían por separado. El vidrio, por su parte, se tritura y se almacena por separado.

- Los *focos ahorradores* de energía llevan un proceso similar a las fluorescentes, ya que contienen gas de mercurio o sodio. Estos se colocan en un soporte, se aplastan y pasan por el proceso de destilación para extraer el mercurio. La base metálica también se tritura. También se les puede aplicar el mismo tratamiento con el equipo compacto mostrado en la dirección web anterior.
- Como último paso, se recomienda el transporte hacia industrias que utilicen estos insumos en sus procesos productivos o exportarlos hacia otro país. Una posibilidad es su traslado hacia Costa Rica porque tiene un Convenio Bilateral con Estados Unidos, para este tipo de desechos. Otra opción sería establecer un Convenio Bilateral entre El Salvador y Estados Unidos [28].

En el siguiente cuadro se listan los principales ítems de inversión para la solución más viable usando el Bulb Eater. No se consideran los costos de operación tales como mano de obra, mantenimiento y sustitución de barriles.

El precio del Bulb Eater se consultó en la Web y para la adecuación de la instalación requerida y el medio de transporte, se consultó a un experto de una planta que actualmente ya da tratamiento a desechos electrónicos.

Tabla IX
Inversión requerida para modelo sugerido con uso de Bulb Eater

Ítem	Cantidad	Monto estimado	TOTAL
Bulb Eater	3	\$ 5,000 [29]	\$15,000
Adecuación de instalación	1	\$20,000 [30]	\$20,000
Transporte	2	\$15,000 [30]	\$30,000
TOTAL			\$65,000

- Fuente: estimación propia según consulta en Web y juicio de expertos

Cada Bulb Eater tiene capacidad de procesar hasta 1,000 unidades de luminarias en desuso [31]. Dependerá de la cantidad de lámparas recolectadas para su tratamiento el adquirir más unidades. La ventaja es que una vez se llegue al máximo de unidades procesadas, solo hay que sellar el barril ya lleno, almacenarlo (o exportarlo) y cambiar un nuevo barril para comenzar de nuevo el proceso de tratamiento.

En cuanto a la inversión en una planta de tratamiento de luminarias con procesos automatizados o semiautomatizados, como las que poseen España y Brasil, debe ser objeto de un ulterior estudio de factibilidad de este proyecto para evaluar su rentabilidad.

En la fig.18 se presenta el flujograma del proceso de gestión integral de luminarias sugerido, destacando las dos fases anteriormente mencionadas.

En la figura 19 se muestra un esquema del reciclaje de los materiales recuperados de las luminarias en nuevos procesos de producción.

E. Acciones estratégicas a tomar por el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales de El Salvador

Se sostuvo una entrevista con la Licda. Lina Pohl, Viceministra del MARN, y se presentaron los resultados preliminares de este estudio. Al respecto estuvo muy anuente a retomar los resultados obtenidos como insumo para fortalecer algunas acciones estratégicas para dicha cartera de Estado en lo concerniente al manejo de desechos sólidos, en particular para los RAEE y dentro de éstos, las luminarias.

Ante esta perspectiva, enfatizó que el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales deberá tomar las siguientes [32]:

1. Incorporar las recomendaciones de este estudio a la Ley de Residuos Sólidos que actualmente se discute en la Asamblea Legislativa.

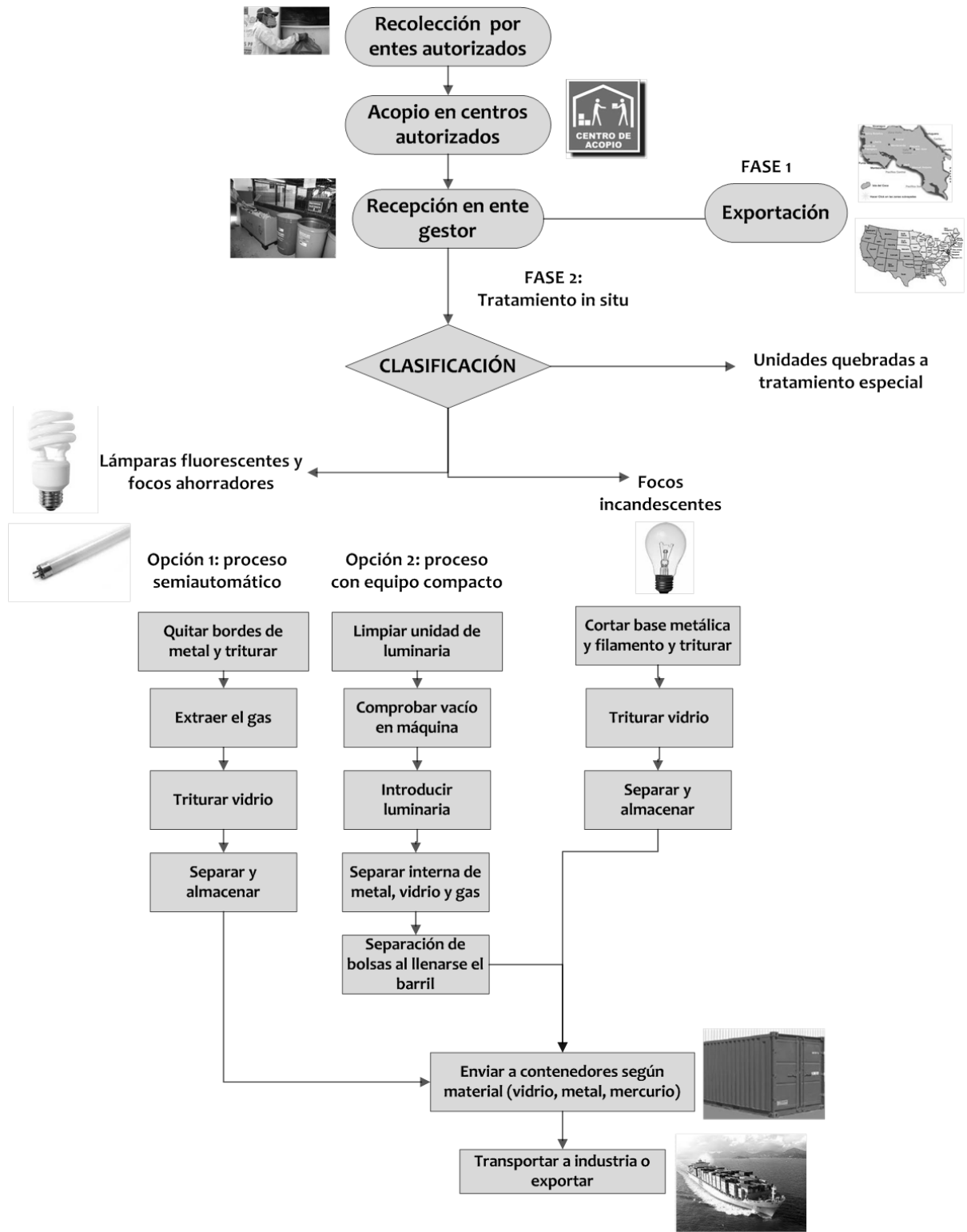


Figura 18

Flujograma de ciclo de vida de luminarias. Fase 1 (solo exportación), Fase 2 (exportación y tratamiento en el país)

Fuente: Elaboración propia

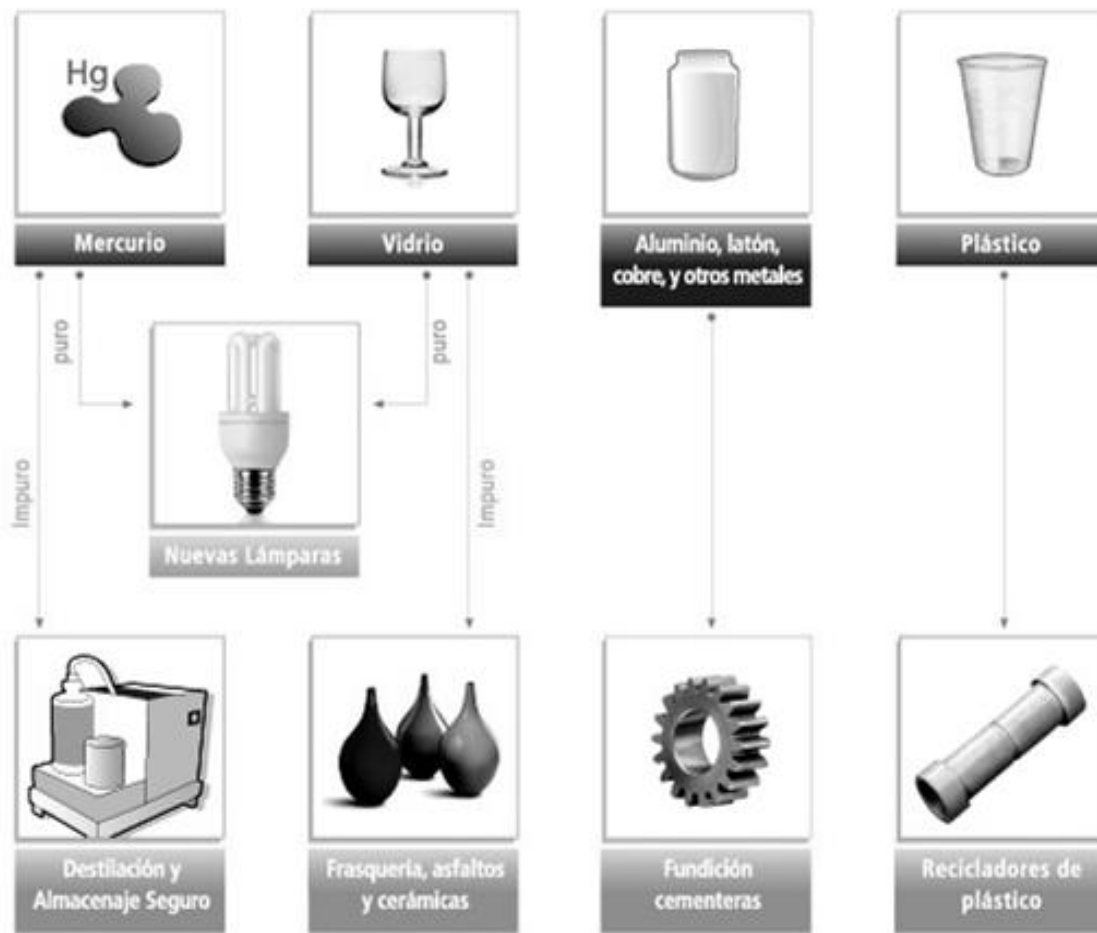


Figura 19.

Destino de materiales recuperados de luminarias a nuevos procesos de producción.

Fuente: http://www.ambilamp.es/el_reciclaje/

2. Elaborar el Reglamento de RAEE, bajo la Dirección de Gobernanza Ambiental y Patrimonio Natural.
3. Gestionar el movimiento transfronterizo de los RAEE hacia un tercer país del área centroamericana o hacia Estados Unidos, para lo cual se debe establecer un Convenio Bilateral El Salvador – Estados Unidos de América, ya que este último no está adscrito al Convenio de Basilea.
4. Definir acciones a tomar para los importadores de RAEE, y específicamente de luminarias. Considerar incentivos hacia los consumidores como motivador para donar las luminarias en desuso y así se aplica la logística inversa.
5. Identificar los actores de la cadena de valor y gestionar las acciones a tomar conjuntamente, para definir qué rol y responsabilidades le toca a cada uno.
6. Promulgar la política de compra verde en las instituciones de gobierno y autónomas. Se podría tomar como ejemplo lo que ya está haciendo CEL al respecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De la encuesta aplicada tanto a usuarios finales como a empresas se concluye que más del 90% de luminarias en desuso se desecha en la basura común.
- Más del 50% de usuarios finales recomienda botar las luminarias en desuso a la basura común pues no encuentran una alternativa viable para no hacerlo.
- Las unidades de luminaria tiene un ciclo de vida promedio de 18 a 24 meses, lo que implica que continuamente se están generando desperdicios que van a parar a la basura común.
- El contenido de mercurio en las lámparas fluorescentes es de 20 a 25 mg por unidad y para las lámparas fluorescentes compactas (ahorradores) es de 2 a 5 mg. Esto significa que anualmente, y según las proyecciones de luminarias a desecharse en el país, se estaría contaminando con 236 kg de mercurio que va a parar a la basura común.
- La población salvadoreña que tiene acceso a la energía eléctrica está creciendo a razón de 3.5% por año. Asimismo, existe una tendencia marcada a la migración de focos incandescentes a focos ahorradores, con los cuales el consumo de energía eléctrica disminuiría.
- Actualmente, existen algunas iniciativas por parte del sector privado y gubernamental para el tratamiento de luminarias. En el caso del sector privado, una empresa las exporta y otra utiliza un aparato compacto para darle tratamiento. En el caso del sector público, CEL está almacenando las luminarias a la espera de contar con una planta de tratamiento en el país o en su defecto, exportarlas.
- A nivel nacional existen varias acciones o iniciativas para el trato correcto de las luminarias, sin embargo estas son muy limitadas debido a la inexistencia de una entidad que procese y exporte las luminarias y sus componentes en donde se aprovechen los materiales para procesos de reciclaje.
- Tanto España como Brasil incorporan en su modelo la logística inversa, es decir, hacer responsable a los productores, importadores y comercializadores. Ambos países cuentan con plantas de tratamiento con procesos automatizados.
- En una primera fase de recolección, tratamiento y disposición final se recomienda exportar hacia empresas que ya lo están haciendo en otros países y que cumplan con lo establecido en el Tratado de Basilea.
- Se recomienda al Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales establecer el Convenio Bilateral con Estados Unidos de América para la exportación de luminarias en desuso (y otros RAEE) previo tratamiento de separación a través de equipos compactos, tomando como ejemplo el caso de Costa Rica quien ya cuenta con dicho convenio.

RECONOCIMIENTO

Las autoras de la investigación agradecen el importante apoyo de la Viceministra de Medioambiente y Recursos Naturales, Licda. Lina Pohl, quien estuvo anuente a escuchar los resultados de este Estudio el cual será de mucho beneficio para dicha institución, a la vez que compartió su perspectiva sobre las próximas acciones a tomar

bajo esta institución para el tratamiento integral de los RAEE y en especial, de las luminarias.

También se agradece a la Dirección de Gobernanza Ambiental y Patrimonio Natural, en especial a la Inga. Manlia Romero, pues facilitaron los espacios para la consulta a instituciones municipales y el apoyo por escrito al proceso de levantamiento de encuestas.

El constante apoyo de la asesora, Dra. Kathy Castro de Morales fue vital para la elaboración de este Estudio ya que fue una incansable lectora de los avances presentados, los cuales corrigió con mucho tino y objetividad; proporcionó información técnica de actualidad y gestionó las visitas técnicas. Además, hizo los contactos interinstitucionales con personas relacionadas con el tema en el país, y facilitó los contactos con expertos en Brasil y España, quienes desinteresadamente apoyaron con información sobre lo que se hace en sus países.

A CEL, quien a través de la Ing. Carolina Bendek y el Ing. Miguel Santos, explicaron y mostraron in situ los procedimientos de almacenaje de luminarias y tratamiento de otros desechos en sus centrales hidroeléctricas:

A las empresas privadas que compartieron sus políticas de disposición de luminarias; a Estibaliz López Samaniego por proporcionar amplia información de los gestores integrales de luminarias en desuso en España y a Nataly Aline de Megareciclagem por el envío de información del proceso de logística inversa aplicado en Brasil en el caso del tratamiento de luminarias.

REFERENCIAS

- [1] N. Quintanilla, «Normas Salvadoreñas en Iluminación,» [En línea]. Available: [http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CFIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conacyt.gob.sv%2FNormalizacion%2F2o%2520Taller%2520de%2520Normalizacion%2520y%2520EE%2520\(24%2520y%252025%25200abril\)%2FEL%2520SALVADOR-Normas%2520e](http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CFIQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.conacyt.gob.sv%2FNormalizacion%2F2o%2520Taller%2520de%2520Normalizacion%2520y%2520EE%2520(24%2520y%252025%25200abril)%2FEL%2520SALVADOR-Normas%2520e). [Último acceso: 3 junio 2012].
- [2] "Energy Star," noviembre 2010. [Online]. Available: http://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change_light/downloads/Fact_Sheet_Mercury.pdf. [Accessed 6 junio 2012].
- [3] H. C. Y. Hu, "Mercury risk from fluorescent lamps in China: Current status and future perspective," *Environmental International*, pp. 3-5, 2012.
- [4] «Catálogo de Ferretería Vidri,» junio 2012. [En línea]. Available: <http://www.vidri.com.sv/catalog.php?catalogId=4d6a453d>. [Último acceso: 26 junio 2012].
- [5] «Dirección General de Estadística y Censo,» 2011. [En línea]. Available: http://www.digestyc.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=45:directorio-de-empresas&Itemid=79. [Último acceso: junio 2012].
- [6] N. Unidas, «Clasificación Industrial Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU). Revisión 4.,» Nueva York, 2009.
- [7] «SIGET. Boletín de Estadísticas Eléctricas 2010,» SIGET, 28 junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.siget.gob.sv/index.php/temas/tema-n/documentos/estadisticas/1509-boletin-de-estadisticas-electricas-2010>. [Último acceso: 23 junio 2012].
- [8] «The EPA TCLP: Toxicity Characteristic Leaching Procedure and Characteristic Wastes (D-codes),» [En línea]. Available: <http://ehso.com/cssepa/TCLP.htm>. [Último acceso: 2 agosto 2012].
- [9] C. Bendek, Interviewee, *Gestión Ambiental CEL*. [Entrevista]. 24 junio 2012.
- [10] C. Trejo, Interviewee, [Entrevista]. junio 2012.
- [11] «Biológicos y Contaminados S.A.S.,» [En línea]. Available: <http://biologicos.net/web/>. [Último acceso: 13 junio 2012].
- [12] Gobierno de España, «BOE (Boletín Oficial de España) número 49,» 2005, p. 7112 a 7121.

- [13] ECOLUM, «Recicla como manda la ley. ECOLUM,» n/d. [En línea]. Available: http://www.ecolum.es/upload/documentos/38/Guia_para_la_recogida_de_residuos_de_Luminaria.pdf. [Último acceso: 12 junio 2012].
- [14] Gobierno de España. Ministerio de Industria, «Circular sobre naturaleza en cuanto a uso de las lámparas a efectos de declaraciones al registro REI-RAEE.» 2009.
- [15] U. Europea, *Diario Oficial de la Unión Europea. L 37/25.*, 2003.
- [16] «Ambilamp,» [En línea]. Available: <http://www.ambilamp.es>. [Último acceso: 8 junio 2012].
- [17] Gobierno de Brasil, «Instituto Brasileiro de Medio Ambiente y Recursos Naturales,» [En línea]. Available: www.ibama.gov.br. [Último acceso: 5 junio 2012].
- [18] Gobierno de Brasil, «LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010.» 2010. [En línea]. Available: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. [Último acceso: 30 julio 2012].
- [19] C. Pires, «Infosur hoy,» 23 02 2012. [En línea]. Available: <http://infosurhoy.com/cocoon/saii/mobile/es/features/saii/features/main/2012/02/23/feature-01>. [Último acceso: 30 07 2012].
- [20] Gobierno de Brasil. Ministerio de Medioambiente., «Comité Directivo de Logística Inversa,» [En línea]. Available: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/comite-orientador-logistica-reversa#lampadasfluorescentes>. [Último acceso: 6 junio 2012].
- [21] «Megareciclagem,» [En línea]. Available: <http://www.megareciclagem.com.br>. [Último acceso: 10 junio 2012].
- [22] N. Aline, [Entrevista]. mayo 2012.
- [23] Gobierno de El Salvador, MARN. *Ley Nacional del Medioambiente*, San Salvador, 2005.
- [24] Gobierno de El Salvador, MARN. «Política Nacional del Medioambiente 2012.» [En línea]. Available: http://www.marn.gob.sv/especiales/pnma2012/Politica_Nacional_MedioAmbiente_2012.pdf. [Último acceso: 8 junio 2012].
- [25] Gobierno de El Salvador, MARN. *Programa Nacional para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos en El Salvador.*, San Salvador, 2012.
- [26] GIZ, «Guía para modelo de cadena de valor “Value Links”,» [En línea]. Available: <http://www.cadenasdevaloryppp.org/node/7>. [Último acceso: 23 junio 2012].
- [27] Gobierno de México. Dirección de Proyectos de Agua, «Informe sobre residuo de lámparas fluorescentes,» México D.F., 2012.
- [28] Gobierno de Costa Rica, «Plan de Residuos Sólidos Costa Rica. Diagnóstico y Áreas Prioritarias,» San José, Costa Rica., 2007.
- [29] «Grainger,» [En línea]. Available: <http://www.grainger.com/Grainger/AIR-CYCLE-Bulb-Eater-4AVE9>. [Último acceso: 18 agosto 2012].
- [30] A. Membreño, [Entrevista]. 17 agosto 2012.
- [31] «The Bulb Eater,» [En línea]. Available: <http://www.bulbeater.co.uk/>. [Último acceso: 18 agosto 2012].
- [32] L. Pohl, *Viceministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Gobierno de El Salvador.* [Entrevista]. 24 julio 2012.

Autoras

Yanira Aparicio Coto es Ingeniera Electricista con Certificación en Gerencia de Proyectos y Maestría en Consultoría Empresarial; actualmente cursa su Doctorado en Ciencias Económicas. Se desempeña como consultora en asesoría a empresas, facilitadora de formación continua y docente universitaria en Posgrados y Maestrías.

Astrid Ellen Martínez es Ingeniera Industrial. Se ha desempeñado en el área de mercadeo para empresas internacionales de telecomunicaciones, específicamente en el área de nuevos productos y de servicios de valor agregado.