

MODELO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RAEE (RESIDUOS EN APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS) EN LA ARB (ASOCIACIÓN DE RECICLADORES DE BOGOTÁ)

Model for Integrated Management of WEEE (Waste Electrical and Electronic) in the ARB (Association of Recyclers from Bogotá)

Johana M. Niño Abella¹
Sindy Bermúdez Gómez²
María Eugenia Duque Daza³

Dirección de contacto: Carrera 19 No. 49-20, sede principal, tercer piso, Vicerrectoría de Investigación, Bogotá D.C., Colombia.

Teléfono móvil: +57 (301) 2 62 70 98–Fax: +57 (1) 2872066, ext. 104. e-mail: johanafisica@yahoo.com

ABSTRACT

The ARB (Association of Recyclers from Bogotá) is an association of people who are dedicated to recycle in Bogotá city, one of its action area corresponds to the WEEE (Waste Electronic and Electric Equipment).

The ARB and the ECCI (Colombian School of Industrial Careers) have achieved to concert a work agenda, through which students and teachers of the environmental engineer program of the ECCI support the related processes with the adequate management of the WEEE in the ARB; that means, to accomplish with national and international regulation in terms of the processes for WEEE manipulation (collection, transportation, gathering, classification, separation, storage, disassembly and disposition).

The WEEE are the waste that presents a higher grow, as regards of generated volumes, in comparison to other type of waste, this mainly, for the technologic consume habits of our current civilization. The development of a model for the adequate management of WEEE in the A.R.B, allows it to grow as association, achieving a higher competitiveness at the time that it opens step to the urban mining in Colombia, of a technified and secure form, as alternative for the use of the waste type WEEE.

KeyWords: ARB (Association of Recyclers from Bogotá), integrated management, WEEE ((Waste Electronic and Electric Equipment).

¹ Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI). Docente e Investigadora, en las temáticas de: Modelo de Hospital Verde, junto con Gestión Integral y Biolixiviación de RAEE.

² Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI).

³ Asociación de Recicladores de Bogotá (ARB).

MODELO PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RAEE (RESIDUOS EN APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS) EN LA ARB (ASOCIACIÓN DE RECICLADORES DE BOGOTÁ)

Resumen

La ARB (Asociación de Recicladores de Bogotá) es una asociación de personas que se dedican al reciclaje en la ciudad de Bogotá, una de sus áreas de acción corresponde a los RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos). La ARB y la ECCI (Escuela Colombiana de Carreras Industriales) han logrado concertar una agenda de trabajo, mediante la cual, estudiantes y docentes del programa de Ing. Ambiental de la ECCI, apoyan los procesos relacionados con la adecuada gestión de los RAEE en la ARB, esto significa cumplir con la normativa nacional e internacional en cuanto a los procesos para manipulación de RAEE (recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje y disposición).

Los RAEE son los residuos que presentan un mayor crecimiento, en cuanto a volúmenes generados, en comparación con otro tipo de residuos, esto principalmente, por los hábitos de consumo tecnológico de nuestra actual civilización. El Desarrollo de un Modelo para la Adecuada Gestión de RAEE en la ARB, le permitirá crecer como asociación, logrando una mayor competitividad, a la vez que se le abre paso a la minería urbana en Colombia, de una forma tecnificada y segura, como alternativa para el aprovechamiento de los residuos tipo RAEE.

Palabras clave: ARB (Asociación de Recicladores de Bogotá), Gestión Integral, RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos).

Introducción

Desde la Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI) se realizan actividades de investigación y extensión, encaminadas al fortaleciendo de los procesos internos de diferentes entidades; como en este caso, donde la ECCI ha suscrito un convenio de Cooperación Interinstitucional con la ARB (Asociación de Recicladores de Bogotá), brindando el soporte desde la academia, para el diseño e implementación de un modelo para la gestión integral de los RAEE (como uno de los compromisos del convenio).

Hace poco la ARB fue galardonada con el Premio Ambiental Goldman 2013, homenaje que ratifica la importante labor que realiza, al respecto se destacan: Recuperación de todos los Residuos Sólidos Aprovechables que la fuente genere; Inclusión de la Fuente en la “Ruta de Recolección Selectiva” implementada por la Asociación; Certificación Mensual de los volúmenes de Residuos Sólidos Aprovechables recuperados en la fuente, entre otros. El presente trabajo se desarrolla en su mayoría en la Asociación Puerta de Oro, la cual se encuentra vinculada a la ARB; junto con su representante, la Sra. Elfa Nelly Vargas, estamos ejecutando esta agenda de trabajo.

La ARB es un referente en Colombia, por el trabajo que realiza en torno al reciclaje, junto con los procesos de resistencia en contra de la exclusión social y ante la presión de gremios fuertes en el sector de los residuos.

La normativa en materia de RAEE, surge a raíz del convenio de Basilea, en el que se establecen las normativas y disposiciones legislativas adecuadas para prevenir y castigar el tráfico ilícito de desechos peligrosos (como los RAEE). En Colombia se han dispuesto una serie de resoluciones y leyes para adoptar el convenio de Basilea:

- Ley 253 de 1996. Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989.
- Ley 430 de 1998. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
- Ley 1252 de 2008. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones. (Deroga algunos artículos la ley 430 de 1998).
- Ley 1333 de 2009. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio Ambiental.
- Decreto 1609 de 2002. Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- Decreto 4741 de 2005. Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

- Resolución 1512/10. Por el cual se reglamenta el post-consumo de computadores y periféricos.
- Resolución 1362 de 2007. Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27º y 28º del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
- Política Ambiental para la Gestión integral de residuos o desechos peligrosos.
- Proyecto de Ley de RAEE's. Con el fin de proyectar la elaboración de una política pública nacional que regule la clasificación, la producción, la comercialización, el tratamiento, el reciclaje y la disposición final de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Justificación

En Colombia actualmente, no existe un desarrollo tecnológico que permita recuperar los metales preciosos y pesados presentes en los RAEE, por lo que su disposición final (RAEE resultantes del despiece, que no puedan ser utilizados) consiste en encerrarlos en contenedores de concreto y enterrados (rellenos de seguridad) o exportarlos a otros países. Los equipos electrónicos contienen hasta 17 metales de interés incluyendo oro y plata, los cuales siguen teniendo un valor económico significativo cuando los aparatos caen en desuso. Entre la lista de metales preciosos presentes en los RAEE, se tienen: oro (Au), plata (Ag), paladio (Pd), platino (Pt) y rodio (Rh); entre la lista de otros metales pesados y de interés presentes en los RAEE, se tienen: mercurio (Hg), plomo (Pb), níquel (Ni), cadmio (Cd), cobalto (Co), cromo (Cr), cobre (Cu), manganeso (Mn), estaño (Sn), litio (Li, es un metal ligero pero se le considera potencialmente peligroso) y talio (Tl), principalmente.

En cuanto a los RAEE provenientes de los residuos automotrices, es llamativa la posibilidad de recuperar los metales de interés presentes en los convertidores catalíticos, tales como cobre (15% del contenido) y en menor cantidad metales preciosos tales como: oro, plata y paladio (sobre el 0,1% del contenido). En Colombia, los convertidores catalíticos son vertidos junto con los desechos comunes (según lo reporta la empresa CESVI).

En algunos países como Argentina, se está apostando por la "minería urbana", ello consiste en obtener ingresos derivados de la gestión adecuada y recuperación de metales a partir de los RAEE; Este modelo es extrapolable a las condiciones de Colombia, pudiendo llegar a convertirse en una fuente importante de ingresos para las comunidades y entidades del país que se dediquen a esta actividad.

Actualmente se encuentra más oro en la basura electrónica que en muchas minas. De hecho los metales preciosos son una parte importante de la tecnología que nos rodea. En una tonelada de teléfonos móviles hay 280 gramos de oro, 140 gramos de platino y paladio y hasta 140 kilos de cobre. De ahí que el reciclado de metales preciosos de la basura electrónica sea cada vez más importante. Cada año se reemplazan 60 millones de terminales móviles en el mundo, sin embargo menos de un 5% se reciclan.

En Colombia, el manejo de los RAEE y su disposición final, cobra cada vez más importancia, trascendiendo a aspectos legales que obligan a los productores y comercializadores de aparatos eléctricos y electrónicos a hacer logística inversa y a los consumidores a hacer un uso responsable junto con una adecuada disposición, cuando dichos aparatos entren en desuso.

La cantidad de RAEE en Latinoamérica está cerca de 800.000 toneladas (cálculos basados en datos provenientes de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Venezuela, los cuales producen el 80% del total de los RAEE en Latinoamérica). La basura electrónica genera aproximadamente el 70 % de la contaminación por metales pesados en los rellenos sanitarios y basurales. En años anteriores, la solución para muchos de los países industrializados fue enviar gran parte de sus desechos electrónicos a países asiáticos y del continente africano como China (Shantou), Nigeria, Kenya, Ghana, Pakistán, e India (Bangalore), donde existen áreas de procesamiento especializadas; No obstante, la incineración, desensamblaje y eliminación sin control en estos sitios han causado problemas sanitarios y ambientales, afectando directamente al personal involucrado en el proceso.

Descripción de los Materiales y Métodos



Imagen 1 y 2. Detalle del trabajo de los operarios de la ARB, mientras realizan el despiece de un RAEE.

La ECCI junto a la ARB, ha concretado una agenda de trabajo (ver imágenes de la 1 a la 6), con el objetivo de: Desarrollar un modelo para la gestión integral de los RAEE (Residuos en Aparatos Eléctricos y Electrónicos) en la ARB; Para llegar a dicho modelo es necesario:

- Generar los formatos y fichas técnicas, para obtener la información concerniente al ingreso de los RAEE en la ARB (ver figura 1).
- Hacer un diagnóstico y caracterización, sobre la forma en la que los asociados de la ARB realizan los procedimientos para: recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje y disposición de los RAEE.
- Acompañar y asesorar técnicamente a la ARB, para el acondicionamiento de las instalaciones e infraestructura, garantizando espacios adecuados para el manejo de los RAEE.
- Desarrollar modelos de proceso, en cuanto a los protocolos para: recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje, despiece, separación y disposición.



Imagen 3 y 4. Detalle de los sitios dispuestos para el almacenaje de los RAEE en la Asociación Puerta de Oro.

Metodología Empleada

1. Actualización bibliográfica en cuanto a legislación y tecnología para el manejo de los RAEE.
2. Visitas a las sedes de la ARB, donde se manejan RAEE.
3. Hacer encuestas y entrevistas, con la finalidad de obtener la información necesaria, para hacer un estudio sobre la situación de la ARB en cuanto a la gestión de los RAEE.
4. Caracterización de los procesos actuales por parte del reciclador común, para: la recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje y disposición de los RAEE.
5. Identificación de fallas y situaciones donde se este incumplimiento la normativa y se esté atentando contra la salud humana y de los ecosistemas.

6. Elaborar los formatos para obtener la información concerniente, al ingreso de los RAEE en la ARB.
 7. Visitar los espacios destinados en las sedes de la ARB, para el almacenamiento de los RAEE, con el propósito de asesorarles, en cuanto a los requerimientos técnicos con los que deben contar dichos espacios.
 8. Diseñar e implementar una propuesta pedagógica, de sensibilización y concientización, sobre los riesgos asociados a la salud humana y del medio ambiente, a causa de procedimientos indebidos durante: la recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje y disposición de los RAEE que manejan los asociados de la ARB.
 9. Diseño y realización de talleres de capacitación a los recicladores, sobre cómo deben realizarse los procedimientos para el manejo integral de los RAEE, de acuerdo a la normativa, preservando la salud humana y la del medio ambiente.
 10. Desarrollo de los protocolos para los procesos, en pro de un manejo integral de los RAEE (recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje, despiece, separación y disposición) por parte de los asociados de la ARB.
 11. Seguimiento del proceso de adaptación del reciclador a los nuevos cambios, relacionados con las capacitaciones sobre el manejo adecuado de los RAEE.
- Estudiar estrategias de asimilación.
 - Verificar en la práctica, la ergonomía en los modelos de proceso que se están implementando.



Imagen 5 y 6. Detalle del trabajo de campo, en la sede de la Asociación Puerta de Oro.

Actividades y Resultados Obtenidos

Para el desarrollo de la propuesta, se contemplan 7 etapas, las cuales se describen a continuación:

1. Caracterización de los procesos actuales por parte del reciclador común, para: la recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje y disposición de los RAEE. Para esta etapa se diseñó una encuesta compuesta de 21 preguntas, así mismo se realizaron entrevistas al personal que está asociado a la ARB, obteniéndose valiosa información para el diagnóstico, identificándose las falencias y situaciones donde se incumple la normativa. Se han encuestado a 50 recuperadores, quienes resaltan lo orgullosos que se sienten de formar parte de este trabajo. Manifiestan que el trabajo realizado, les representa dinero, a la vez que es un pequeño aporte de contribución al medio ambiente, junto a la gestión para los residuos de la ciudad. Sin importar que estas personas tienen un nivel educativo bajo, resalta que la mayoría de ellos, logran comprender que es un RAEE y diferenciar los RAEE de los demás residuos, comentando que al final del proceso, no siempre se realiza el aprovechamiento adecuado de los recursos, ello se debe a que no han logrado ubicar empresas que compran todos los materiales, para que de este modo se minimicen los residuos. Un porcentaje sustancial de los recuperadores no identifican, si en ese material recuperado, existan sustancias peligrosas, por tal motivo son pocas las personas, que utilizan Elementos de Protección Personal (EPP). La utilización de los EPP depende también del lugar de trabajo, ya que se evidencian dos formas de obtención del material: la primera es obtenida por medio de fuentes fijas, donde son las mismas empresas, quienes los dotan de estos elementos (sin estos elementos no pueden laborar); La segunda opción es un recorrido por las calles, donde no se ven obligados y poco interesados en adquirir estos elementos, porque sería un gasto, que

- saldría de su bolsillo. El tiempo dedicado por las personas para el desarrollo de su actividad, están entre 10 horas promedio, donde pocos logran trabajar sobre material suficiente, que les permita obtener ganancias significativas.
2. Diseñar e implementar una propuesta pedagógica, de sensibilización y concientización, sobre los riesgos asociados a la salud humana y del medio ambiente, a causa de procedimientos indebidos durante: la recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje y disposición de los RAEE que manejan los asociados de la ARB. Esta etapa se encuentra en desarrollo, se está haciendo a través de una serie de módulos, en los que se le explica a los recicladores, los problemas de salud asociados a la exposición de RAEE sin la adecuada protección y precauciones; basándonos en la visibilización de estudio de casos, sobre ecosistemas afectados por la contaminación, junto con las heridas en piel y diferentes enfermedades que se pueden llegar a padecer por la manipulación indebida de los RAEE.
 3. Acompañamiento y asesoría técnica a la ARB, para el acondicionamiento de las instalaciones e infraestructura, con el propósito de garantizar espacios para el manejo adecuado de los RAEE. Esta etapa se encuentra en desarrollo, verificando que los espacios dispuestos para el almacenaje de los RAEE, cumplen con las exigencias de la normativa vigente.
 4. Diseño y realización de talleres de capacitación a los recicladores, sobre cómo deben realizarse los procedimientos para el manejo integral de los RAEE, de acuerdo a la normativa, preservando la salud humana y la del medio ambiente. Enfatizando en el desensamblaje, junto con la separación de piezas y componentes, ya que al parecer este es el subproceso que genera más contaminación, cuando no se hace de forma adecuada. Aun no se ha avanzado en esta etapa.
 5. Desarrollo de los protocolos para los procesos, en pro de un manejo integral de los RAEE (recolección, transporte, acopio, clasificación, separación, almacenamiento, desensamblaje, despiece, separación y disposición) por parte de los asociados de la ARB; se estudiaran las alternativas que estén en sintonía con la comodidad y seguridad del reciclar, fundamentadas en la normativa. Aun no se ha avanzado en esta etapa.
 6. Seguimiento del proceso de adaptación del reciclar a los nuevos cambios, relacionados con las capacitaciones sobre el manejo adecuado de los RAEE. Aun no se ha avanzado en esta etapa.
 7. Estudiar alternativas de aprovechamiento y valorización de los RAEE:
 - Caracterización de los volúmenes de RAEE manejados por la ARB. Se diseñaron los formatos, los cuales están en proceso de implementación, empezando por la Asociación Puerta de Oro.
 - Hacer un listado de los RAEE de mayor impacto, por los volúmenes de desechos generados, cantidad y clase de metales preciosos y pesados. Esta información se pretende obtener, a través del análisis de los formatos anteriores (ver figura 1).
 - Hacer el análisis del ciclo de vida (ACV) de los aparatos eléctricos y electrónicos de mayor impacto, por las cantidades producidas y distribuidas, volúmenes de desechos generados, cantidad y clase de metales preciosos y pesados. Aun no se ha avanzado en esta actividad.
 - Hacer estudios para determinar alternativas de aprovechamiento de cada uno de los componentes de los RAEE, derivados de los aparatos eléctricos y electrónicos escogidos anteriormente, privilegiando el proceso de biolixiviación para los RAEE que resultan al final de la cadena y que no pueden ser dispuestos de otra forma. Se han obtenido avances significativos en esta etapa, en cuanto a alternativas para la reutilización de los RAEE desde el arte y la moda, a través del trabajo de grado que están realizando dos estudiantes de Diseño Modas de la ECCI, el cual se titula: "Desarrollo de insumos decorativos a partir de RAEEs, incorporados en el diseño de prendas de vestir y accesorios"; también se está estudiando el proceso de Biolixiviación, como alternativa biotecnológica para la recuperación de los metales preciosos y pesados presentes en los RAEE.

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS		PROCESO DE GESTIÓN AMBIENTAL		Versión: 1	Página: 1		
FECHA	HORA	TRANSPORTADO	FUENTE	CLASE DE RAEE	DESCRIPCIÓN	FIRMA	RECIBIDO
		UNIDADES	Nº		ESTADO VIABILIDAD		

Figura 1. Detalle del formato utilizado para el registro de los RAEE

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un enfoque interdisciplinario, respecto al acopio, despiece, separación de componentes y recuperación de los metales presentes en los RAEE, involucrando a la empresa privada y el sector académico, permitiría:

- Obtener un mayor conocimiento sobre las implicaciones para la salud humana y afección sobre los ecosistemas, debido a una inadecuada disposición de los RAEE, como sucede en la actualidad;
- Sentar los fundamentos para la generación de modelos de procesos, respecto a un adecuado manejo y disposición final de los RAEE en base a la normativa internacional y nacional;
- Apoyar los procesos internos de las empresas y entidades que manejan RAEE en grandes cantidades, como aquellas con las que se ha contactado y esta la intención de realizar un trabajo conjunto, tales como: CESVI Colombia, Rellenos de Colombia Ltda., Corporación Horizontes, entre otras.
- Se prevé que la obtención de modelos de procesos adecuados para el almacenamiento, transporte, desensamblaje y disposición final de RAEE, influirá en la generación de normativas y resoluciones.
- Generación en el país de fuentes de empleos e iniciativas empresariales, con base a la adopción de modelos de minería urbana y buenas prácticas.
- Capacitación del recurso humano que participara en la adopción de modelos de minería urbana y buenas prácticas.
- Creación de empresas e industrias fundamentadas en la explotación económica del reciclaje y recuperación de los metales de interés presentes en los RAEE.
- Mejora en la calidad de vida de la población en general, debido a la creación de nuevas empresas (y por ende, de nuevos puestos de trabajo) y a la recuperación del medio ambiente (por la disminución de la carga ambiental por la inadecuada disposición final de los RAEE).
- Disminución progresiva de las cantidades de RAEE acumuladas en los vertederos.
- Eliminación progresiva de los rellenos de seguridad para RAEE.

REFERENCIAS

- AguayoOlivia. Lucha la ONU contra e-basura. Reforma (México D.F., México). Marzo 12, 2007.
- Alonso Castellanos Néstor. La chatarra electrónica, la contaminación ambiental y su efecto económico. *XVI Forum de Ciencia y Tecnología*. La Habana Cuba. 2005.
- CassiaRodriguesAngela. El Crecimiento de los Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos fuera de uso: El Impacto Ambiental que presentan. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico2005/cassia.pdf>
- Oro en la basura electrónica. *Curiosidades científicas*. 29 ene 2012. <http://www.rtve.es/alacarta/videos/tres14/tres14-curiosidades-cientificas-oro-basura-electronica/1304489/>.
- Duery A Lilian. La basura electrónica crece el triple que la domiciliaria. El Mercurio de Chile. Marzo 12, 2007.
- Greenpeace. Minería y basura electrónica: La irracionalidad en el manejo de los recursos. Marzo 2012.
- Hidalgo AguileraLuis. La basura electrónica y la contaminación ambiental. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica Equinoccial, Av. Occidental y Mariana de Jesús. Quito, Ecuador. <http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4424/1/Hidalgo.pdf>
- InsignaresViscaino Francisco. Trabajo de grado: "Plan estratégico de negocios de una planta de reciclaje de basura electrónica en Barranquilla". Fundación Universitaria del Norte. División de Ciencias Administrativas de Empresas. Barranquilla 2007.
- Ortega Fuentenebro Maribel. India entre la pobreza y la riqueza. Los vertederos de basura digital. <http://www.seipaz.org/documentos/MOrtega-India.pdf>.
- Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. UNESCO. Los residuos electrónicos: Un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe. *Plataforma RELAC*. ISBN 978-92-9089-150-5. UNESCO 2010.
- Ott Daniel. Empa.SWISS-e-Waste Programme.Gestión de residuos electrónicos en Colombia. Diagnóstico de computadores y Teléfonos Celulares. Informe final, 31 de marzo de 2008.
- TechnologyBriefing sur la raréfaction des matières premières Pas d'avenirs sans matériaux rares. Communiqué aux médias. Empa Überlandstrasse. Thoune, 31 janvier 2012.
- Televisión Española (tve). Cataluña. Obsolescencia Programada. <http://www.youtube.com/watch?v=3pb7HOfp8PU>.
- Trufó Verónica. "Destino final de los equipos electrónicos obsoletos de usuarios corporativos de TIC en Argentina". *Plataforma Relac e Instituto Canadiense IDRC*, enero 2010. <http://www.escrap.com.ar/descargas/informe-raee-arg.pdf>.