



Proceso para recuperación de metales valiosos a partir de residuos electrónicos

Luisa José Tapia^a, Nuria Guadalupe Delgado Zapata^b, Guadalupe Escartín González^c

^{a,b,c} Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos 2^o Miguel Bernard^o Instituto Politécnico Nacional. Av. Nueva Casa de la moneda 133, Lomas de Sotelo, 11200. Miguel Hidalgo, Ciudad de México.

ARTICLE INFO

Received: 13 enero 2021

Accepted: 12 abril 2021

Available on-line: 31 mayo 2021

Keywords: Innovative process, waste, metals, sustainable, environmental.

E-mail addresses: Luisa_jt@yahoo.com.mx
nuriadz13@gmail.com
escartin@ipn.mx

ISSN 2007-9847

© 2021 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

The exponential development of technology and the electronics industry has established an increase in the generation of waste, which cannot be disposed of again due to the dangerous and polluting compounds they contain, which has given rise to a social, environmental and economic problem. . Based on needs, these wastes have become a source of raw material, from its internal structure to its exterior; however, there are challenges regarding this final disposal, since the existing methods for its recovery have not been implemented. Effectively. In this study it is proposed to develop an innovative process to recover metals that retain a large part of their properties and that are mainly environmentally problematic; we focus on the electronic cards of various devices that are produced every day in Mexico City and the metropolitan area. All this consists of the application of hydrometallurgical methods, thanks to the fact that statistically it provides efficient results and lower costs, it is also highlighted that these methods are applicable for electronic cards. This is how the recycling methods are carried out, thus observing the efficiency and the ideal it is to avoid damage and environmental impacts, obtaining new raw material with great commercial value.

El desarrollo exponencial de la tecnología y la industria electrónica ha establecido un aumento en la generación de residuos, los cuales no se pueden disponer nuevamente debido a los compuestos peligrosos y contaminantes que contienen, lo cual ha dado pie a un problema social, ambiental y económico. Estos residuos en base a las necesidades se han convertido en fuente de materia prima, desde su estructura interna, hasta su exterior, sin embargo, se plantean desafíos respecto a esta disposición final, puesto a que los métodos existentes para su recuperación no se han implementado de manera eficaz .En este estudio se propone desarrollar un proceso innovador para recuperar los metales que conservan gran parte de sus propiedades y que son mayormente problemáticos ambientalmente; nos centramos en las tarjetas electrónicas de diversos aparatos que día a día se producen en la ciudad de México y área metropolitana. Todo ello consiste en la aplicación de métodos hidrometalúrgicos, gracias a que estadísticamente proporciona resultados eficaces y gastos menores, se destaca también que estos métodos son aplicables para tarjetas electrónicas. De esta manera es como se realizan los métodos de reciclaje, observándose así, la eficiencia y lo idóneo que es para evitar daños e impactos ambientales, obteniéndose nueva materia prima con gran valor comercial.

I. INTRODUCCIÓN

Las tarjetas electrónicas son muy necesarias para el funcionamiento de los aparatos, como par las cámaras digitales, las televisiones, teléfonos celulares entre otros, pero cuando estos aparatos dejan de funcionar son desechados como la mayoría de los desperdicios, y estos contaminan, debido a que contiene metales y plástico, y son difíciles de

biodegradarse. Muchos de los materiales que componen a la tarjeta electrónica se pueden recuperar por diversos métodos, incluso el plástico de esta se puede volver a reutilizar.

En este tema vamos a conocer un poco más acerca de las tarjetas electrónicas, mencionaremos su composición, producción y consumo dentro de nuestro país y los problemas que estas ocasionan al medio ambiente al no ser recicladas. Así afecta la basura electrónica a la salud y al medio ambiente. Según el informe sobre el monitoreo global de los residuos electrónicos realizado por el Instituto para el Estudio Avanzado de la Sostenibilidad de la Universidad de las Naciones Unidas, la generación mundial de los residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos en ese año fue de aproximadamente 41 millones de toneladas y se espera que crezca a 49 millones de toneladas al 2020. De esta cantidad, solo 6,5 millones de toneladas (16% del total generado) se reportaron como gestionadas formalmente por sistemas de recolección y manejo de estos residuos. Pero, ¿cómo afectan estos residuos a la salud humana y el medio ambiente? Édgar Erazo, director ejecutivo de EcoCómputo, comenta que “la composición de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos es muy diversa, llegando a contener hasta más de 200 compuestos diferentes, de los cuales hay varios elementos potencialmente peligrosos para la salud humana. Generalmente en los equipos encontramos hierro y acero representando el 50% del residuo, seguidos por plásticos que se encuentra en un 21%, además de vidrio, tarjetas de circuito impreso, cerámica, caucho y otros materiales”.

“Entre los elementos peligrosos está el plomo el cual es una sustancia tóxica que se va acumulando en el organismo afectando el cerebro, el hígado, los riñones, los huesos y los dientes. Encontramos también el mercurio el cual incluso en pequeñas cantidades es perjudicial para el sistema nervioso e inmunológico, el aparato digestivo, la piel y los pulmones, riñones y ojos. Y el arsénico el cual puede causar intoxicación crónica además de la aparición de lesiones cutáneas y cáncer de piel”.

Composición de una tarjeta electrónica Las computadoras obsoletas o las que se encuentran dañadas, contienen cantidades significativas de metales diferentes que pueden ser recuperados y reciclados. De hecho, la chatarra electrónica que se puede obtener a partir de las tarjetas de circuitos de computadoras tiene un alto contenido de metales preciosos y contiene concentraciones más bajas de elementos dañinos, tales como arsénico, mercurio y azufre, que de minerales metálicos presentes en la naturaleza.

Los metales presentes en la chatarra electrónica se los puede dividir en grupos:

1. Metales Básicos

- ✓ Cobre del 20% al 50%
- ✓ Hierro del 8% al 20%
- ✓ Níquel del 2% al 5%
- ✓ Estaño del 4% al 5%
- ✓ Plomo aproximadamente 2%
- ✓ Aluminio del 2% al 5%
- ✓ Zinc del 1% al 3%

2. Metales preciosos

- ✓ Oro de 170g a 850g aproximadamente el 0.1%
- ✓ Plata de 198g a 1698g aproximadamente el 0.2%
- ✓ Paladio de 3g a 17g aproximadamente el 0.005%.

3. Metales Peligrosos.

Una computadora personal típica contiene aluminio, cadmio, cromo, cobre, oro, hierro, plomo, mercurio y plata, entre otros metales. Algunos de estos metales, como el cadmio, el cromo, el plomo y el mercurio son clasificados peligrosos según la ley federal, los cuales se incineran y se depositan en vertederos comunitarios.

I.1 Producción en México

Se estima que, en 2019, el valor de la producción del sector electrónico en México fue de 61,905 mdd y se pronostica una tasa media de crecimiento anual real de 3.2% para el periodo 2014-2020.

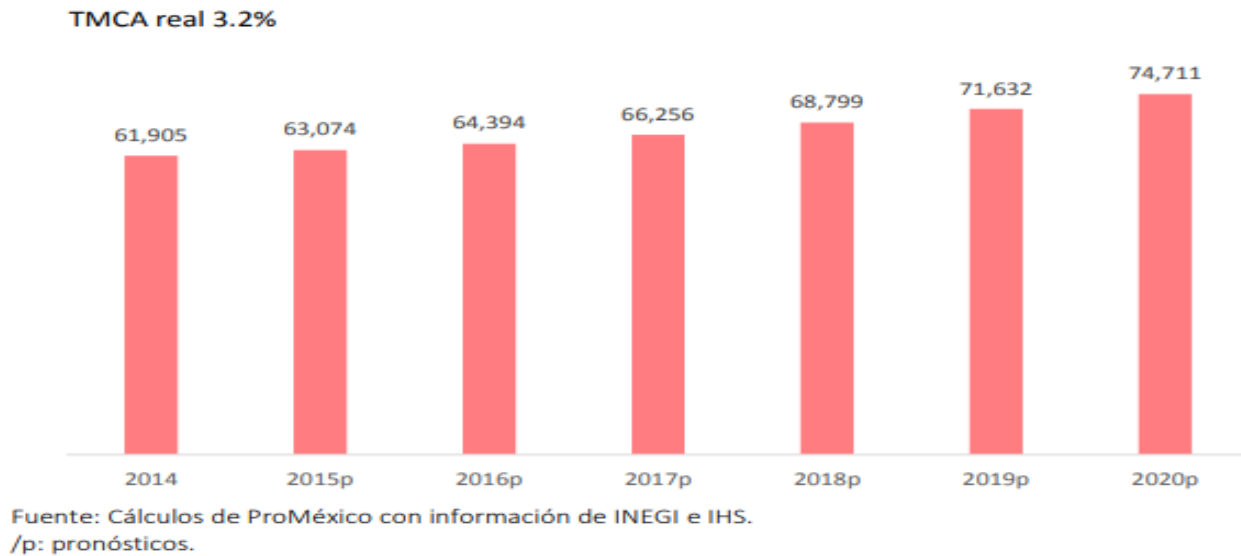
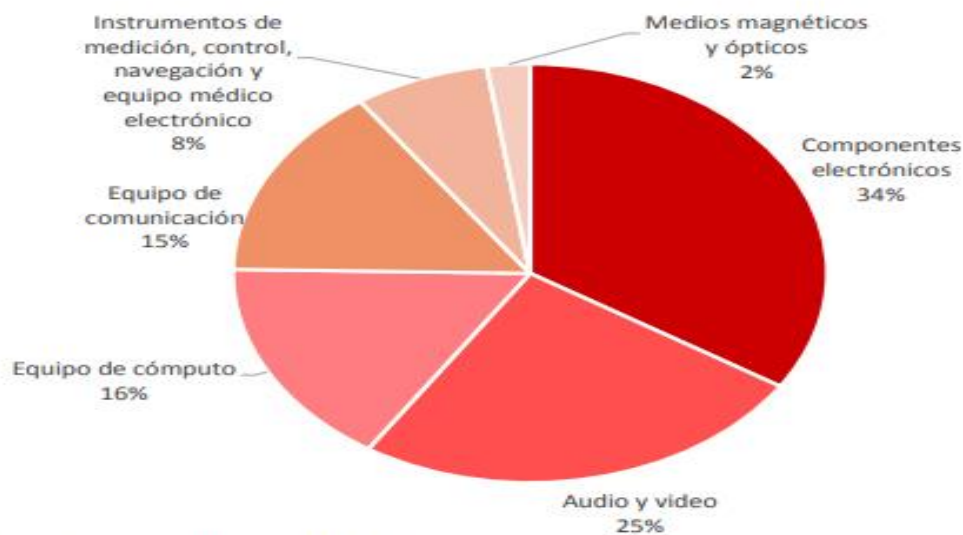


FIGURA 1. Prospectiva de la producción de la industria electrónica a nivel nacional, 2014- 2020 (en millones de dólares) Fuente: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/electronico.pdf>.

El mayor valor de la producción se concentró en el subsector de componentes electrónicos, seguido de audio y video y equipo de cómputo.



Fuente: ProMéxico con información de INEGI.

FIGURA 2. Grafica de consumo de electrónicos en México, 2019 Fuente: <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/electronico.pdf>

II. DESARROLLO

Proceso para recuperación de metales. Frecuentemente en la industria es necesario separar los componentes de una mezcla en fracciones individuales.

Las fracciones pueden diferenciarse entre sí por el tamaño de las partículas, por su estado, o por su composición química. Así, por ejemplo, un producto bruto puede purificarse por eliminación de las impurezas que lo contaminan, una mezcla de más de dos componentes, puede separarse en los componentes puros individuales, la corriente que sale de un proceso puede constar de una mezcla del producto y de material no convertido, y es preciso separar y recircular la parte no convertida a la zona de reacción para convertirla de nuevo; también una sustancia valiosa, tal como un material metálico, disperso en un material inerte, es preciso liberarlo con el fin de proceder a su beneficio y desechar el material inerte. Se han desarrollado un gran número de métodos para realizar tales separaciones y algunas operaciones básicas se dedican a ello. En la realidad se presentan muchos problemas de separación y el ingeniero de proyecto debe de elegir el método más conveniente en cada caso.

Durante el proceso de cada uno de los métodos seleccionados para la separación y recuperación de metales tarjetas electrónicas de desechos, fueron seleccionados estos procesos en específico, ya que los costos son bajos, son procesos sencillos de realizar, eficaces, y sobre todo no son contaminantes o muy poco reduciendo drásticamente la contaminación que ocasionan la producción de estos.

II.1 Procesos y métodos utilizados para desarrollar el proceso para recuperación de metales

Residuos electrónicos	
1.	Desmantelamiento de componentes
2.	Recuperación de metales
3.	Recuperación de polímeros
4.	Trituración
5.	Molienda
6.	Lavados
7.	Filtración
8.	Lixiviación
9.	Secado
10.	Refinación electrolítica de metales
11.	Pasivado
12.	Pruebas cualitativas

TABLA I. Secuencia de procesos para recuperación de metales.

TRITURACIÓN Y MOLIENDA

ETAPA PRIMARIA	INTRODUCCIÓN DEL MATERIAL
	REDUCCIÓN DE TAMAÑO COMPRESIÓN Y CORTES DE RODILLOS
ETAPA SECUNDARIA	INTRODUCCIÓN AL MOLINO MOLIENDA
	PULVERIZACIÓN
ETAPA TERCIARIA	REDUCCIÓN DEL NÚMERO DE GRANO
	CRIBADO
ETAPA FINAL	SALIDA DEL MATERIAL METÁLICO Y POLÍMEROS

TABLA II. Etapas de trituración y molienda.

II.2 Proceso de refinación electrolítica para recuperación de metales valiosos

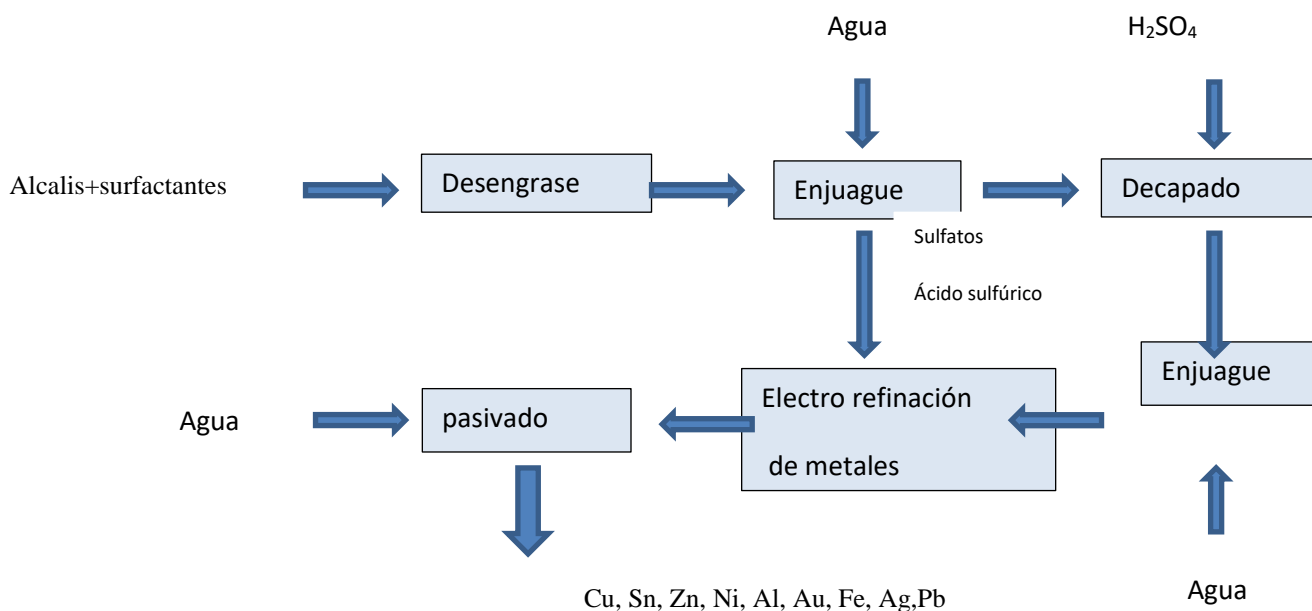


FIGURA 1. Se muestra el proceso de refinación electrolítica para recuperación de metales valiosos que se obtienen.

Actualmente ya existen diferentes técnicas de reciclaje de residuos electrónicos, pero suelen ser de elevado coste, requieren altos consumos de energía y tienen una capacidad limitada para el tratamiento de algunos componentes de los residuos, como las tarjetas de circuitos impresos.

En este contexto surge la idea de este proyecto que implementará un proceso innovador de recuperación de materiales. Este modelo, desarrollado actualmente a pequeña escala tiene la ventaja de adaptarse a los diferentes metales que pueden estar presentes en la composición de los residuos a tratar, para así maximizar la recuperación de dichos materiales.

Con el fin de dar una solución sostenible y eficiente a las toneladas de residuos electrónicos que se generan anualmente, el proyecto emplea una estrategia de diseño orientada a recuperar el 99% de los residuos. Se pretende con este proceso crear una planta piloto eficiente.

Nuestra labor dentro de esta investigación será estudiar el proceso de recuperación de los residuos de tarjetas electrónicas, y crear la mejor configuración posible de cada canal de reciclaje desde una perspectiva global del ciclo de vida, para así minimizar el impacto ambiental de este innovador proceso.

CONCLUSIONES

Es un hecho innegable que los desechos electrónicos en su proceso de reciclado plantean una grave amenaza para la salud humana y el medio ambiente. Metales valiosos como el oro y el cobre se pueden extraer de la electrónica, pero este proceso de recuperación se hace a menudo de la forma más barata y más insegura provocando contaminación y enfermedades.

Como se puede observar la mayoría de los componentes de las tarjetas electrónicas son los metales los cuales se pueden clasificar como metales básicos o metales peligrosos, y los metales preciosos que son aquellos de mayor valor comercial. Estas contaminan en mayor proporción los suelos, provocando la contaminación atmosférica y esto a su vez aumenta el proceso de calentamiento global, en el cual se va desgastando nuestra capa de ozono y esto desata muchas problemáticas en el mundo, como los cambios de clima, disminución de flora y fauna, hace que se derritan los glaciares, e incluso que se sequen algunos cuerpos de agua.

En este estudio se realizó una propuesta innovadora para el tratamiento de residuos electrónicos por medio de procesos hidrometalúrgicos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto politécnico Nacional por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo. Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto de investigación SIP-20201065.

REFERENCIAS

Agustín. (2016). *Cómo afecta la basura electrónica al planeta: Soluciones para los desechos electrónicos*. 22 de abril del 2018, de ecología hoy.

Brown G. (1990). *Operaciones de la unidad*.

Mc Cabe & Smith. (1998). *Operaciones unitarias de ingeniería química*. Mc Graw Hill.

John Wiley & Sons (1999). *Principios de las operaciones de la unidad*.

José Ramírez. (2017). *Así afecta la basura electrónica a la salud y al medio ambiente*. El heraldo, p 49. Recuperado de <https://www.elheraldo.co/salud/asi-afecta-la-basura-electronica-la-salud-y-al-medioambiente-440278>.

Instituto para el Estudio Avanzado de la Sostenibilidad de la Universidad de las Naciones Unidas. *Monitoreo global de los desechos electrónicos 2017*. <http://www.tanfacilcomo.go.cr/aumentan-los-residuos-electronicos-segun-informe-la-onu/Proceso de precipitación de metales a nivel industrial>. Fuente: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/componente45772.pdf>.

Prospectiva de la producción de la industria electrónica a nivel nacional, 2014- 2020. Recuperado de <http://www.promexico.gob.mx/documentos/diagnosticos-sectoriales/electronico.pdf>.

PROMÉXICO (2016). *La industria electrónica en México*. Secretaria de Economía.

Román M., G.J. (2007). *Diagnóstico sobre la generación de basura electrónica en México*. Estudio desarrollado por el I P N, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente. Borrador Final. México: INE-SEMARNAT. Tratamientos fisicoquímicos de residuos. M^a Jesús Kaifer, edición 2005/2006 p. 29. Recuperado de <file:///C:/Users/admin/Downloads/componente45772.pdf>.