

# OBTENCIÓN DE METALES DEL RECICLAJE DE COMPUTADORAS, TELÉFONOS Y ELECTRÓNICOS EN GENERAL

Aguirre Martínez, Cristian (1), González Rolón, Barbara (2)

1 [Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomas Colombia] | [cristian.aguirre@usantotomas.edu.co]

2 [Ingeniería Mecánica, División Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato México] | [barbara@ugto.mx]

## Resumen

En esta investigación se buscó hacer un aporte en la solución a un problema ecológico, a través del reciclaje de productos electrónicos desechados, para el estudio se desensambló una computadora Laptop personal y un CPU, se agruparon los diferentes componentes, dependiendo del tipo de material de fabricación; a partir, pruebas y ensayos de dureza y estudio en un microscopio metalográfico ZEISS de los materiales encontrados. Los materiales encontrados fueron oro, cobre, aluminio, polímeros, cerámicos los cuales están en condiciones de ser aprovechados para darles utilidad como materias primas y en componentes electrónicos.

## Abstract

In this research, we make a contribution in the solution to an ecological problem. Through the recycling of discarded electronic products, for the study was disassembled a personal Laptop computer and a CPU, the different components were grouped, depending on the type of material of manufacturing; Starting, tests, and tests of hardness and study in a metallographic microscope ZEISS of the found materials. The materials found were gold, copper, aluminum, polymers, ceramics, which can be used to make them useful as raw materials and electronic components.

## Palabras Clave

Desechos; CPU; Electrónicos; Dispositivos; Caracterización; Reciclaje.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día los avances tecnológicos en el desarrollo de los dispositivos electrónicos aumentan de forma exponencial a nivel mundial [1]. La importancia del reciclaje es una propuesta a la iniciativa, con respecto al aprovechamiento de materiales que aún son posibles de rescatar y que pueden ser utilizados como materias primas. Es

Evidente hoy en día que es necesario contribuir al buen manejo de los residuos eléctricos y electrónicos [3].

Los residuos electrónicos de manera general son equipos que han sido reemplazados en su mayoría de los casos debido a fallas pequeñas o también por la creciente demanda de nuevas tecnologías. Los desechos electrónicos están creciendo rápidamente en todo el mundo. En 1994, se estimó que aproximadamente 20 millones de ordenadores (alrededor de 7 toneladas) quedaron obsoletos debido al acelerado avance tecnológico, en 2004, esta cifra aumentaría a más de 100 millones de ordenadores, dentro de estos se aprecia que hay 2.872.000 toneladas de plásticos, 718.000 toneladas de plomo, 1.363 toneladas de cadmio y 287 de mercurio [2].

Los aspectos realmente importantes para tratar en este documento, hacen referencia al debido manejo que se le deben dar a estos residuos o E-Waste (se considera la nueva basura del siglo XXI) [6], debido a su gran inconveniente no solo ambiental que causan estos desechos, sino también la problemática de dichos elementos que potencialmente contienen diversos tóxicos incluyendo el mercurio, plomo, cadmio, berilio, cromo y bario. Estas sustancias pueden acumularse en tejidos grasos de los seres vivos, incluyendo ámbitos ambientales, como también representa un riesgo potencial a la salud humana y animales cuando se liberan estos tóxicos como resultados de actividades de reciclaje informal o cuando se disponen en tiraderos a cielo abierto o en sitios no controlados [1].

Dentro de los aparatos eléctricos y electrónicos en general encontramos una gran mezcla de materiales potencialmente valorizables [4], de los cuales muchos de ellos están compuestos por un 25% de componentes reutilizables, un 72% de materiales reciclables (plásticos, metales ferrosos, aluminio, cobre, oro, níquel, estaño de las placas, etc.) y un 3% de elementos potencialmente tóxicos: plomo, mercurio, berilio, selenio, cadmio, cromo, sustancias halogenadas, clorofluorocarbonos, bifenilos policlorados, policloruro de vinilo, ignífugos como el arsénico y el amianto, entre otros [4] [5].

Para dar solución a esta problemática ecológica y hacer un aporte significativo para minimizar estos riesgos ambientales, económicos y sociales, se plantea una metodología general que permita la separación de materiales encontrados en cada uno de los componentes que hacen parte de una computadora Laptop personal y también una CPU (unidad central de proceso), tomando como objetivo principal un reconocimiento del material, realizar un estudio de sus propiedades y agrupándolos según sus propiedades, para así definir metodologías posibles que permitan su separación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente se procedió a realizar un desensamble total de cada uno de los dispositivos anteriormente mencionados, donde se tuvo como objetivo principal realizar un despiece lo más completo posible, es decir, mecánicamente se retiraron todas aquellas uniones atornilladas de sus respectivos puntos de empotramiento y haciendo también una separación manual de aquellas piezas compuestas.

Después de realizar la separación a través de métodos manuales de desarme, se clasificaron las piezas más grandes y robustas facilitando la etapa de caracterización, con el fin de establecer su material de composición y poder así hacer una agrupación total según el tipo de material de cada

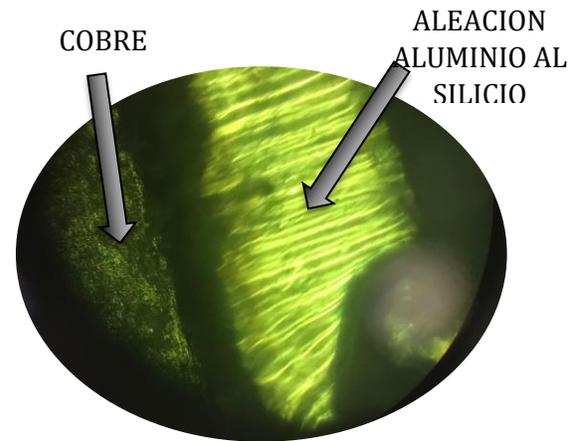
uno de los elementos. Se evidenciaron seis categorías: carcasa o estructura metálica de recubrimiento, placa base o placa madre (es allí donde se montan distintos elementos u otras tarjetas que se encuentran internas de la CPU) de las cuales no se pudo tener fácil reconocimiento de su material, debido a que su desarme era de mayor trabajo, sus uniones presentaban soldadura entre las mismas; Memorias RAM, Procesadores, Tarjetas de video, Disco duro. De estos últimos cuatro grupos no se obtuvo mayor información en cuanto a información del tipo de material de que están compuestas, debido a su alto nivel de complejidad en cuanto al desarme total de sus piezas allí contenidas. De esta etapa se propone realizar una hipótesis de identificación de material ya sea por su composición polimérica, compuesto cerámica o metálica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Materiales Metálicos

En el proceso de caracterización de algunos metales, se tomó como muestra para investigar un metal aleado unido con soldadura a otro metal; se trataba de una unión soldada entre cobre y una aleación, todo esto evidentemente fue resultado de una caracterización realizada tras llevar a cabo una limpieza del material, lijada en el punto a observar, para poder identificar las diferentes micro estructuras de los materiales con la ayuda de un microscopio. Para obtener este resultado, el primer paso fue hacer una pulida superficial para ambos materiales, inicialmente se pasó por la lija de grano número 100 (lija de tipo medio), seguidamente se pasó por una de grano número 180 (lija de tipo fino), después se pasó por una de grano número 400 (lija de tipo muy fino) y para garantizar un acabado superficial puro se pasó últimamente por una lija de grano número 600. A continuación se realizó un ataque químico con dos reactivos (Cloruro férrico y Nital) o una corrosión selectiva, para hacer reaccionar los elementos químicos que allí se encuentran y poder detallar más a fondo la micro estructura de que está

compuesta el material, aplicando dos gotas sobre la superficie lijada y después una observación en el microscopio metalográfico UNITRON N57042 [7].



**FIGURA 1:** Tomada de la visualización en el microscopio metalográfico, analizando la microestructura de los diferentes materiales.

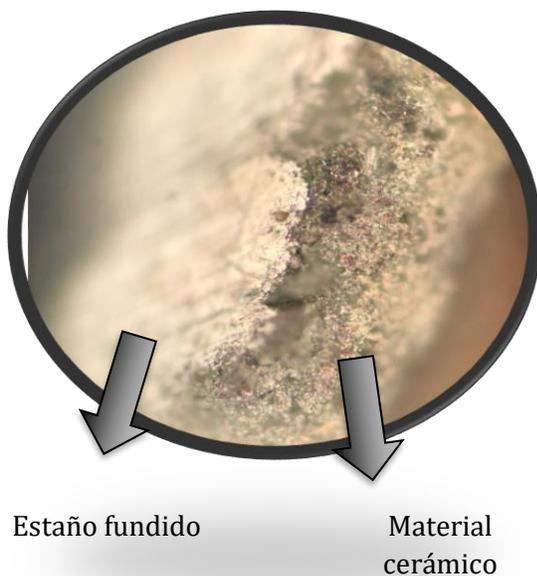
En la figura 1, se logró identificar y caracterizar los dos tipos de materiales que estaban unidos a través de soldadura, en la parte izquierda se pudo concluir su metal base es cobre, debido a la microestructura que allí encontramos y por otra parte, al lado derecho se evidenció una aleación de aluminio al silicio.

### Materiales poliméricos

Para la caracterización de algunos materiales con diferentes propiedades a los metálicos, el ensayo de dureza puede ser uno de los métodos comúnmente utilizados. Este ensayo es utilizado frecuentemente para medir la resistencia a la penetración de un material en específico. El

ensayo o dureza Shore está basado en el rebote de un cuerpo duro al caer desde una altura determinada sobre la superficie a ensayar [8]. Este ensayo es comúnmente usado para materiales desde el polietileno con una dureza shore de 66 hasta el poliuretano con una dureza de 93 en la escala Shore [8] [9]. Utilizando este método, se pudo evidenciar claramente algunos tipos de polímeros, gracias a la escala que nos proporciona el ensayo, la cual radica desde la escala A hasta la escala OOO, teniendo una base de escala D (para gomas duras y termo plastos), utilizando un durómetro manual portátil ELECTROMATIC HPSD, se pudo hacer evidente gracias a los rangos de dureza de varios tipos de polímeros: ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), PE (Poliuretano), PP (Polipropileno) y en materiales para altas resistencias a los impactos, encontrados como componentes estructurales, se encontró en mayor cantidad PC/ABS (Policarbonato / Acrilonitrilo Butadieno Estireno), según la sociedad estadounidense para pruebas y materiales ASTM bajo el método de prueba estándar para propiedades dureza D 2240 [10].

### Materiales cerámicos



**IMAGEN 2:** Tomada de la visualización en el microscopio metalografico digital 400x.

En el proceso de identificación de materiales cerámicos, cabe destacar la complejidad en identificar cada uno de ellos. El Titanato de bario ( $BaTiO_3$ ) es uno de los más comunes, debido a que es uno de los materiales electro cerámicos más empleado por sus propiedades dieléctricas y se fabrica en grandes producciones para diversas aplicaciones dentro del mercado de componentes electrónicos [11]. En la imagen 2, se puede apreciar la presencia de dos materiales completamente diferentes, en un lado se observa el estaño fundido para la unión con el material cerámico, que hace referencia a un condensador cerámico multicapa, el cual está compuesto por titanato de bario en su microestructura, esta caracterización se realizó en el microscopio óptico ZEISS AXIO Imager [12].

### CONCLUSIONES

El presente trabajo busca contribuir y lograr establecer una metodología hacia el buen manejo al reciclaje que se debe realizar a los desechos electrónicos en general; Actualmente en todo el continente Americano es notable la ausencia de normatividad y regímenes estatales que contribuyan al buen manejo que debe darse a los desechos electrónicos.

En el proceso de reconocimiento de cada uno de los materiales estudiados en esta investigación, se pudo identificar no solo el material que compone cada una de las partes sino también algunas de las propiedades que poseen cada uno de ellos, obteniendo así, una total agrupación de materiales debidamente identificados, correspondientes a sus capacidades y puestos a disposición para una mejora en cuanto al reciclaje debidamente caracterizado. Gracias a la utilización de algunos equipos, como el microscopio, se pudo hacer evidente una buena caracterización y certeza del material estudiado.

Es importante hablar acerca de esta investigación sobre sus posibles fines, aunque aún faltaría mucho por concluir, definitivamente ya que los

grandes avances tecnológicos de manera recíproca ayudan a contribuir con más desechos electrónicos día tras día, en consecuencia los materiales se encuentran con mayores niveles de complejidad en sus ensamblajes y por lo tanto siempre será un deber general estar en constante actualización de las técnicas del reciclaje electrónico.

Finalmente de este estudio acerca de los materiales o componentes encontrados, se pudo evidenciar a través de técnicas de desarme casi completo y en complemento revisiones bibliográficas, el gran porcentaje que forman parte de materiales netamente reciclables en componentes electrónicos. De todos los desechos electrónicos generados en el mundo, solo el 12,5% de estos están siendo reciclados en la actualidad [1]. No obstante, es significativo y de gran aporte contribuir a hacer lo posible por disminuir los impactos ambientales que estos causan.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a la Universidad de Guanajuato por brindarme la oportunidad de poder participar en este verano de investigación 2017. La ardua labor de investigar es con la finalidad exclusiva de tener excelentes aportes para que se vean reflejados en los resultados que se emiten al medio ambiente. A la Doctora Bárbara González Rolón por el apoyo y asesoría brindada para que de esta investigación se obtengan excelentes resultados y se continúe desarrollando.

## REFERENCIAS

[1]. LEIGH, Bethany y LEIGH, ALLENLEIGH, B., & LEIGH, a. (2011). Los Residuos Electrónicos En México Y El Mundo Dirección General De Investigación Sobre. 2011.

[2]. JAISWAL, Anand, SAMUEL, Cherian, PATEL, Bharat S. y KUMAR, Manish. Go green with WEEE: Eco-friendly approach for handling e-waste. *Procedia Computer Science*, 2015.

[3]. PINEDA O., DAVID A. MODELO PARA LA GESTIÓN DE RECICLAJE DE RESIDUOS ELECTROINICOS. 2012.

[4]. TUFRÓ, Verónica y MULLER, Esther. "Destino final de los equipos electrónicos obsoletos de usuarios corporativos de TIC en Argentina" [online]. Universidad de Buenos Aires, 2010. Recuperado de: <http://www.escrap.com.ar/descargas/informe-raee-arg.pdf>

[5]. GREENPEACE. Minería y Basura Electrónica [online]. Ciudad autónoma de Buenos aires, Argentina, 2012. Recuperado de: [https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Boletin\\_ECOS/25/greenpeace\\_mineria\\_basura\\_electronica.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Boletin_ECOS/25/greenpeace_mineria_basura_electronica.pdf)

[6]. NILO, Fernando y NUÑEZ, Mauricio. RECYCLA. [online]. 2003. Recuperado de: <http://www.recycla.cl/historia.html> / [28 de junio de 2017].

[7]. UNITRON. Direct Indutry. . 2017. Recuperado de: <http://www.directindustry.es/prod/unitron/product-28342-1486749.html> / [29 de junio de 2017].

[8]. SANTOS, Eulogio, YENQUE D., Julio, ROJAS L., Oswaldo y ROSALES U., Víctor. In : Acerca del ensayo de dureza. 2001, vol. 4, p. 73–80.

[9]. SANJUAN F., Carlos. PATOLOGIA+REHABILITACION+CONSTRUCCION. [online]. Recuperado de: <https://www.patologiasconstruccion.net/2014/10/medicion-de-la-dureza-en-materiales-4/> / [29 de junio de 2017].

[10]. ASTM. Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness. . 2003.

[11]. FERNANDEZ, F, DURAN, P y MOURE, C. Titanato de bario cerámico. 1994. Vol. 33, p. 5–21.

[12]. PERFORMANCE, Progress Meets, Axio Imager 2 from Carl Zeiss, [online] Recuperado de: [http://www.ziss.com/microcopy/en\\_del.html](http://www.ziss.com/microcopy/en_del.html) / [4 de julio de 2017].