

## RECICLADO DE CHATARRAS Y RESIDUOS METÁLICOS

*Recycling of Scrap and Metal Waste*

**Roberto Alejandro Aguilar Rivas**

Dr. en Metalurgia  
Investigador Escuela de Ingeniería Mecánica, FIUSAC  
Correspondencia al autor: raarivas@hotmail.com

Recibido: 15 de junio 2018 | Revisado: 17 de junio 2018 | Aprobado: 20 de junio 2018

### Resumen

Debido a las necesidades de preservación ecológica y ambiental en Guatemala, la investigación se enfoca en los aspectos fundamentales del reciclado de chatarras y residuos metálicos, los cuales contribuyen grandemente a la contaminación y degradación de los ecosistemas en general. Por otro lado, también es sabido por el investigador que los residuos constituyen la materia prima para el desarrollo del sector de las pequeñas, medianas y grandes empresas que se dedican a la fabricación de productos metálicos, tanto terminados como intermedios, mediante el proceso de la fundición formal y artesanal.

En el presente artículo se analiza el empleo de los desechos y de las características metalúrgicas, debido a que los procesos que se realizan a partir de los desechos contribuyen al crecimiento del valor agregado, al incremento del producto interno bruto nacional y al efecto de la sostenibilidad ambiental.

### Palabras clave

Residuos metálicos, fundición, ecosistema, medio ambiente.

### Abstract

*Due to the needs of environmental and ecological preservation in Guatemala, the research involves the key aspects on recycling scrap and metal waste, which contributes greatly to the pollution and degradation of ecosystems in general. On the other hand, it is known by the researcher that the residues are mainly raw material for the development of the sector of small, medium and large companies involving the manufacture of metal, both finished and intermediate products, through the formal and traditional casting process.*

*The article main topic aims for the analysis of the use of waste and the metallurgical characteristics, taking into account that the processes performed from recycling, they contribute to the growth of value added, to the increase of the national gross domestic product, and the effect of environmental sustainability.*

### Keywords

*Metal waste, foundry. ecosystem, environment.*

## Introducción

El empleo de desechos metálicos como materia prima de la industria nacional en general contribuye a la preservación y sostenibilidad del medio ambiente y al desarrollo científico y tecnológico del sector involucrado.

La elaboración de productos terminados e intermedios, a partir de estos residuos consumidos en el mercado guatemalteco constituye una de las fuentes de trabajo más importantes del país.

Uno de los principales objetivos del “Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas” de la FIUSAC, es contribuir al mejoramiento tecnológico de la fundición en general, por medio de la investigación científico-técnica de los parámetros ingenieriles que controlan su calidad. En tal sentido, se investigan los procesos de aprovechamiento de chatarras y residuos metálicos generados en el país, clasificándolos en función de su composición química y destinos finales.

## Desarrollo del estudio

Para la obtención de la información pertinente, se realiza investigación primaria en empresas representativas, haciendo uso de manuscritos del autor implementados durante el montaje y operación de varias plantas.

Las empresas analizadas incluyen una acería, tres de laminación de acero, tres de fundición de hierro en cubilotes y varias de fundición artesanal de materiales no ferrosos. También se obtiene el apoyo directo de la dirección técnica de una planta de fundición de hierro y metales no ferrosos.

## Resultados obtenidos

### Empleo de la chatarra de acero

Las chatarras de acero en general, como materia prima, las emplea la única empresa siderúrgica del país que las procesa para fabricación de varilla de construcción y de perfiles, funde la chatarra y posteriormente fabrica los productos laminados, como varillas y perfiles. Sin embargo, esta industria también utiliza las chatarras y residuos de hierro fun-

dido o fundiciones que le aportan al acero mayor cantidad de carbono, silicio y manganeso.

El proceso se lleva a cabo en un horno eléctrico de arco, de aproximadamente 50 toneladas de capacidad, por colada, mediante el sub-proceso conocido como colada continua, cuyo producto terminado lo constituyen palanquillas de diversas calidades que posteriormente son transformadas por el proceso de laminación.

Las varillas de refuerzo para hormigón armado, se producen en todas las calidades demandadas para el consumo, mediante el proceso de laminación, así como alambón del que se procesan varillas lisas de 1/4”, alambres de amarre, alambre galvanizado, alambre espigado, clavo, grapas, varillas de refuerzo grados 33, 40 y 60.



*Figura 1.* Proceso de laminación.  
Fuente: elaboración propia, Indeta, 1993.



*Figura 2.* Cama de enfriamiento y producto terminado.  
Acero para hormigón.  
Fuente: elaboración propia, Indeta, 1993.

### Empleo de las chatarras de hierro fundido

Para el aprovechamiento y reciclado de estas chatarras, se emplean los hornos conocidos como Cubilotes, y el principal material empleado para la fabricación de los moldes está constituido por las arenas de diferentes calidades y texturas, también de origen nacional, en su mayoría procedentes de los ríos. (Aguilar y Fuentes, 2017).



*Figura 3.* Colada en moldes de arena.  
Fuente: Servicio Industrial Ramírez.



*Figura 4.* Catarina de hierro fundido.  
Fuente: Servicio Industrial Ramírez.

### Empleo de chatarras de metales no ferrosos

Las chatarras y residuos de metales no ferrosos, más empleadas en el país, las constituyen las correspondientes al aluminio y sus aleaciones, y al cobre y sus aleaciones, de las cuales se logra obtener productos terminados de muy buena calidad. Del aluminio y sus aleaciones se producen una gran cantidad de utensilios de cocina, como ollas, sartenes extractores de jugos, paelleras, cucharas, cucharones, pocillos, etc., así como elementos de máquinas, reposaderas de todo tipo y tamaño; mo-

biliario en general, como sillas, mesas ornamentales y repisas, entre otros.

Del cobre y sus aleaciones se producen bronce y latones en forma de repuestos de maquinaria, y equipos, tal es el caso de impulsores para bombas y turbinas, engranajes, ejes, bujes y chumaceras resistentes a la corrosión y artículos de orfebrería en general.

Dentro del proyecto de investigaciones metalúrgicas de la FIUSAC, se realizan estudios sobre las propiedades físico-químicas de estas aleaciones, tratando de coadyuvar al desarrollo de la fundición artesanal, en aras de obtener productos de mejores calidades que contribuyan a la sustitución de importaciones y al mayor empleo de mano de obra local.



*Figura 5.* Ventilador de Bronce.  
Fuente: Servicio Industrial Ramírez.



*Figura 6.* Campana de bronce fundido.  
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, el reciclado de la chatarra de plomo, la cual es altamente contaminante, se realiza en más de un 90 % de los residuos producidos.

## Discusión de los resultados

### Fundiciones de hierro y no ferrosas

La calidad de las piezas obtenidas por este proceso depende fundamentalmente del dominio del arte manipulado por los fundidores de experiencia, en donde juegan un papel muy importante el control de las temperaturas y de las características del sustrato empleado en la preparación de los moldes, así como la selección de la materia prima empleada. Los productos observados mostraron buenos niveles de calidad. Ver figuras 4, 5 y 6.

Los parámetros más importantes aplicados por los fundidores, manejados empíricamente, los constituyen: la chatarra utilizada como materia prima, el diseño y construcción de los moldes, la colabilidad y la fluidez.

a) La colabilidad consiste en la capacidad de un metal o aleación, en estado líquido, de llenar y reproducir las cavidades de los moldes sin que se produzcan, al solidificar las piezas, defectos conocidos como sopladuras, rechupes, pliegues, solapes, etc., lográndose superficies de tersura y apariencia de alta calidad. (Aguilar y López, 2013).

b) La fluidez es el parámetro ingenieril que define la longitud crítica que un metal en estado líquido es capaz de alcanzar, en función de variables termodinámicas controladas, antes que el fenómeno de la solidificación obstruya el avance de la vena líquida. (Aguilar, 2011).

En general, el control de los parámetros anteriormente citados, da como resultado la caracterización de las estructuras de solidificación de las piezas fundidas, que son las responsables directas de las propiedades mecánicas de dichas piezas, mediante este proceso.

### Fundición de acero

Como se indica anteriormente, ésta se lleva a cabo por parte de una única empresa, que inicia en el

año 1974, con alta capacidad de producción actual, en forma integrada, laminando, trefilando y galvanizando subproductos a partir de palanquillas producidas por colada continua, entre los que destacan varillas de refuerzo para construcción, perfiles, alambre y clavos.

La empresa cuenta con instalaciones en las cuales se pueden producir los productos señalados, aún con las calidades más exigentes.

### Clasificación de las chatarras en función de su composición química.

Para el manejo de las chatarras se necesita el conocimiento y capacidad de identificación de los grupos referidos, se hace un análisis general de la clasificación de los mismos.

Al igual que los metales en general, las chatarras se clasifican de acuerdo a su origen metalúrgico. Esto se refiere a los dos grandes grupos conocidos como metales ferrosos y metales no ferrosos. (Aguilar, 2012).

El primer grupo lo constituyen los productos derivados del hierro. Dado que este metal, en estado puro, no tiene utilización industrial, a sus derivados se les conoce como aleaciones hierro-carbono, las que constituyen uno de los renglones económicos más importantes del mundo. El segundo grupo lo conforman todos los demás metales utilizados por la industria, en donde juegan un papel principal el aluminio y el cobre y sus aleaciones, formadas por otros metales como el magnesio, el manganeso, el cromo, el níquel, el vanadio, el tungsteno y el molibdeno, entre otros.

### Aleaciones hierro-carbono

Las aleaciones hierro-carbono, como su nombre lo indica, están constituidas por todas las aleaciones a base de hierro, las que se clasifican en Aceros y Fundiciones.

A la vez, los aceros se clasifican en aceros al carbono y aceros aleados. Los aceros al carbono pueden ser: de bajo carbono, o aceros dulces, los que tienen menos de 0.30 % en peso de carbono; aceros de medio carbono, los que tienen entre 0.30 % y 0.60 % de

carbono; y aceros de alto carbono, los que contienen entre 0.60 % y un máximo de 2.0 % de carbono.

Por otro lado, los aceros aleados se clasifican en aceros de baja aleación, cuya suma de aleantes no excede el 8 %, y aceros de alta aleación, cuyos aleantes suman más del 8 %. En este último grupo se encuentran todos los aceros inoxidable.

De 2.0 % de carbono en adelante, aparecen las fundiciones, que en general no contienen más de 3.4% de carbono, y dependiendo de su destino se clasifican en fundiciones grises, que son las más comunes y las únicas fabricadas en Guatemala, fundiciones blancas, fundiciones maleables, y fundiciones nodulares.

El conocimiento de estos conceptos es de suma importancia, cuando se trata de identificar los tipos de chatarra para poder definir su destino.

#### **Aleaciones no ferrosas**

Estas aleaciones son muy diversas, identificándose por el metal base: aleaciones de níquel, aleaciones de magnesio, entre otras.

Las aleaciones no ferrosas más importantes producidas en Guatemala, las constituyen las de base aluminio y las de base cobre, que en su gran mayoría no son identificables por medios visuales. Sin embargo, las aleaciones de cobre pueden dividirse en dos grandes grupos conocidos como latones, en los cuales el aleante más importante lo constituye el cinc, y los bronce cuyo aleante principal es el estaño.

#### **Conclusiones**

1. El reciclado de la chatarra y residuos metálicos en general, constituye la metodología más importante empleada en aras de la preservación ambiental, con relación a la contaminación por este tipo de residuos, de esta manera se contribuye también al desarrollo tecnológico del país y al empleo de tales recursos como fuente de materia prima disponible, así como al mayor empleo de mano de obra nacional, de forma directa e indirecta. De ahí que se exponga en el presente artículo, algunas de las formas de aprovechamiento de dichos residuos.

2. Los procesos metalúrgicos de fundición en general, se realizan produciendo escorias en volúmenes considerables, mayormente en el proceso de acería que es el más voluminoso, por lo que se deben considerar metodologías de reciclado o transformación que contribuyan al manejo sostenible de tales procesos.
3. La mejora de la calidad de las piezas fundidas artesanalmente, contribuye a la baja de los costos de operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo utilizado por la industria nacional; por otro lado, al mejorarse la calidad de las piezas fundidas, a partir de residuos, se propicia la sustitución de importaciones de dicho renglón, en beneficio del crecimiento del valor agregado del producto interno bruto del país, lo que justifica en grande los esfuerzos científico-tecnológicos que se hagan en tal sentido.

#### **Recomendaciones**

1. Producir acero con calidades asísmicas que garanticen en mejor forma la sobrevivencia de las personas a los efectos telúricos.
2. Apoyándose en los resultados de las investigaciones citadas en las referencias, mediante el “Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas” de la EIM, utilizar las aleaciones de aluminio y de cobre, de composiciones controladas, en sustitución de las aleaciones no controladas, respondiendo a la demanda de piezas de mejores calidades.
3. Continuar con las investigaciones sobre las propiedades de aplicabilidad tecnológica de las aleaciones a base de aluminio y de cobre y de los otros metales fundidos artesanalmente en Guatemala.
4. Realizar los estudios e investigaciones correspondientes, para contribuir al manejo adecuado de las escorias referidas, bajo el concepto de sostenibilidad y desarrollo.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar Rivas, R. A. (2012). *“Introducción a la Metalurgia”*. Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, FIUSAC, Guatemala.
- Aguilar Rivas, R. A. (1993). *Manuscritos de montaje y operación de una planta de laminación de acero para construcción de 100,0000 t/año*. INDETA. Guatemala.
- Aguilar Rivas, R. A. y Fuentes, M. (2017). *Características Macrográficas y Mecánicas de Aleaciones Aluminio-Cobre Fundidas Artesanalmente*. Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas, Centro de Investigaciones de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Mecánica, FIUSAC, Guatemala.
- López Rodríguez, S. A. y Aguilar Rivas, R. A. *Colabilidad del aluminio de alta pureza y aleaciones Al-Cu ligeramente concentradas*. Revista Científica. pp. 32-35

## Información del autor

Roberto Alejandro Aguilar Rivas

Doctor en Metalurgia, Ingeniero Mecánico, Profesor-investigador del “Proyecto de Investigaciones Metalúrgicas”, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Afiliación laboral: Profesor Investigador de la Escuela de Ingeniería Mecánica, USAC.