



Foto: www.stahl-online.de

► Fundición Continua, Una oportunidad para mejorar la calidad de los hierros

Jonathan Coley Zapata*

Ventajas de un proceso subestimado

Una de las técnicas más ancestrales en la transformación del metal es la fundición, pero es hasta el siglo XX, que la industria crea el método continuo, dejando a un lado la fase de retirado del molde.

Actualmente, la fundición en Colombia sigue siendo un sector enfocado especialmente al acero y a la fundición en arena de metales ferrosos y no ferrosos (cobre, bronce, aluminio, etc.), el cual se encuentra disperso por las principales ciudades del país y representado especialmente por las pequeñas y medianas industrias. Es cierto que, existen importantes empresas de fundición de acero en caliente y frío dedicadas, en su gran mayoría, a fabricar productos para la construcción y piezas en serie, generalmente repuestos, con destino a la construcción de máquinas y/o partes de la industria automotriz.

El consumo y la aplicación del acero crecen cada día más, aumentando la dependencia de la industria de este material. Según la Cámara de Fedemetal de la Andi, la demanda de acero supera las tres millones de toneladas al año y la producción nacional tan sólo logra satisfacer la mitad, obligando a importar gran cantidad del material, especialmente acero en lámina. Y aunque las acerías han puesto en marcha procesos de expansión con grandes inversiones, aún se está lejos de la autosuficiencia.

De otra parte, la producción y fundición de hierro gris y nodular, debido a la reducida demanda local, es muy baja y se limita a la utilización de procesos de arena. La mayoría de talleres de fundición de hierro carecen de tecnologías modernas y producen piezas para usos muy específicos, en donde no se requieren altas propiedades mecánicas y físicas y no se necesita mucha resistencia al desgaste.

Las cifras de producción muestran claramente la brecha en la industria de ambos materiales. Según el Instituto Latinoamericano del Hierro y del Acero (Ilafa), en los primeros ocho meses de 2008 Colombia produjo 843.500 toneladas de acero crudo y 229.800 toneladas de hierro primario.

Así las cosas, queda claro que Colombia produce, importa y consume cuatro veces más acero que hierro y aunque la aplicabilidad del acero es mucho más versátil, también es cierto que la industria subestima las propiedades de los hierros, producidos a través de procedimientos modernos como la fundición continua.

En efecto, el proceso de fundición continua representa una excelente alternativa para mejorar el rendimiento, la productividad y aplicabilidad de los hierros gris y nodular, capaz de reemplazar, en situaciones específicas, el acero, como por ejemplo, para la fabricación de tuercas, tornillos, bujes, piñones, partes para sistemas hidráulicos y autopartes, brindando propiedades mecánicas y físicas similares a los aceros, buena resistencia a la tracción, al desgaste, a esfuerzos mecánicos y mejor maquinabilidad, entre otras ventajas.

Así, teniendo en cuenta la aplicabilidad de la fundición en el país, sectores como la construcción de máquinas, automotriz, autopartes y herramientas, podrían beneficiarse de las bondades que ofrece la fundición continua de hierro.

Ejemplo de ello es Brasil, un país pionero en la práctica de fundición continua y en el que se producen 90 toneladas diarias por este método, de las cuales el 50 por ciento es para su mercado interno.

El Proceso

Aunque el proceso de fundición continua, también conocido como colada continua, es el más común para la producción de varillas, barras de diferentes secciones y láminas en acero de varios calibres y longitudes y con el que se obtiene más de un tercio del acero que produce la industria en el mundo, actualmente, también se está utilizando con gran éxito para la fundición de hierros gris y nodular, mejorando la calidad de los productos y reduciendo costos operativos.

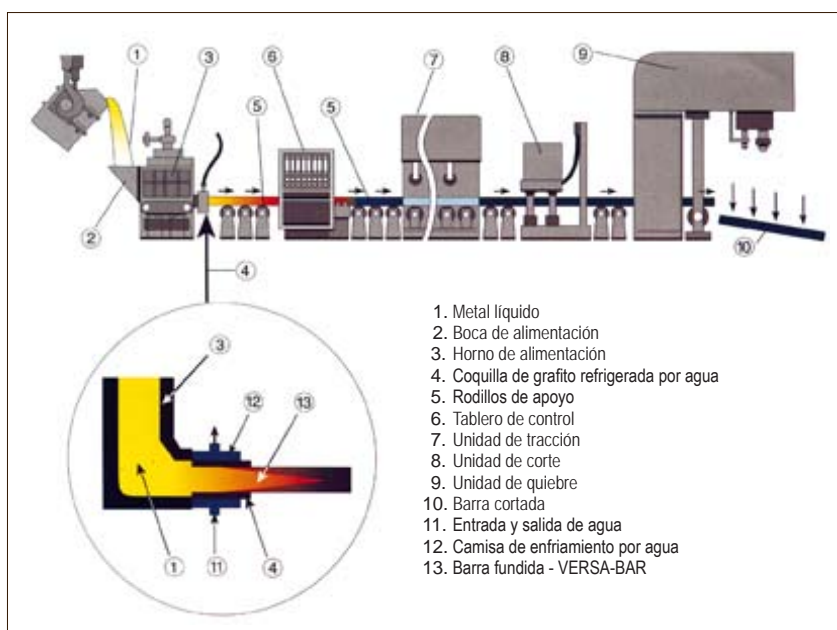
Se denomina continuo porque permite la solidificación y el retiro inmediato del metal de un molde determinado y adaptado, finalizando con el corte a la longitud requerida de las piezas metálicas.

El proceso de fundición continua puede realizarse tanto de forma vertical



Foto: www.stahl-online.de

► El proceso de fundición continua ha sido desarrollado como método alternativo para la producción de hierro fundido, sin moldes, o procesos tradicionales de moldeo.



► Proceso de Fundición Continua.

Gráfica: cortesía Insumos Metalúrgicos Ltda

como horizontal, dependiendo del tamaño del producto y el volumen de fabricación sin distinción entre metales ferrosos y no ferrosos. Cuando se trabaja horizontalmente, a medida que la barra recorre la máquina en toda su extensión, se completa el proceso de solidificación, mientras en el modo vertical la solidificación se produce en la parte inferior del molde.

El método tradicional para fundir acero radica en verter el metal líquido en un molde, que se enfría con chorros de agua, para posteriormente retirarlo y luego colocarlo en un tren de laminado horizontal donde la pieza final es cortada en diferentes tamaños. Por su parte, el proceso de fundición continua para hierro gris y nodular inicia en un horno de inducción, donde se controlan la temperatura y composición química del metal, para luego vaciar el hierro fundido en el horno de colada y hacerlo pasar a través de una matriz de grafito, refrigerada con agua, para que éste adopte la forma y la medida de la barra a producir.

En dicha matriz se lleva a cabo el proceso de enfriamiento mediante un sistema de refrigeración por agua gradual y que permite una solidificación homogénea y una microestructura uniforme. A su vez, la matriz está

conectada a una banda transportadora por donde es transportado el perfil, hasta la unidad de corte y quiebre en la que se recorta según la longitud deseada.

Hoy en día, la mayor parte de plantas de fundición continua operan horizontalmente por las facilidades logísticas, por la comodidad de manejo del producto y la seguridad del procedimiento. Aunque, el proceso vertical tiene una ventaja en materia de enfriamiento direccional inducido por la gravedad.

Así las cosas, aunque el proceso es simple implica una gran complejidad metalúrgica, por lo cual es necesario comprenderlo y evaluarlo matemáticamente para optimizar las instalaciones y mejorar la calidad de los productos. En especial, es necesario controlar el comportamiento térmico y la solidificación en la colada continua, factores que determinan el éxito del proceso.

Ventajas Frente a otros Procesos de Fundición

Los hierros de colada continua presentan muchas ventajas notables si se los compara con otros hierros fundidos pues, debido a la naturaleza del proceso de fabricación, es posible evitar muchos defectos típicos de los métodos tradicionales que constituyen la mayor causa de pérdidas por deterioro y maquinado.

Para entender los beneficios que ofrece el proceso de fundición continua es indispensable describir los defectos más comunes que causa la fundición tradicional en el material y, cómo éstos son corregidos por la fundición de colada continua. Entre las fallas más frecuentes se encuentran:

- **Burbujas de gas:** en la fundición tradicional este defecto se presenta internamente, con una apariencia redonda ó alargada de diferentes tamaños y con superficies internas suaves debido a los gases que producen los moldes y otros materiales de moldeo por las altas temperaturas del hierro fundido. En la producción de los hierros de colada continua, la coquilla, al estar fabricada de grafito, no produce gases cuando soporta altas temperaturas, lo que inhibe la formación de burbujas en la estructura metálica.
- **Rechupes centralizados:** vacío que se forma por falta de hierro fundido en la sección durante la solidificación. En la fundición continua, el flujo continuo de material fundido a través del horno de alimentación evita que esto ocurra.
- **Inclusión de escoria:** Este residuo no metálico siempre se encuentra en las fundiciones que operan con moldes cerrados. Por lo general, esas impurezas se derraman junto con el hierro del crisol al molde. El proceso de fundición continua empieza vertiendo el hierro líquido en el horno de alimentación, lo que hace que impurezas, como la escoria, floten sobre el hierro líquido y facilite retirarlas y mantenerlas alejadas de la salida del hierro al molde de grafito ubicado en la base del horno.



► El proceso consiste en vaciar el hierro fundido a un horno alimentador en cuyo lado inferior se ha puesto un molde de grafito refrigerado por agua.



Fotos: www.stahl-online.de

- *Problemas de estanqueidad:* en la fundición de arena no es raro encontrar secciones con estructura de grano abierto que, cuando les es ejercida una presión por aplicaciones con fluidos, pueden sufrir filtraciones a través de los micro-orificios en esa estructura abierta. Con la fundición continua, el grafito de la coquilla, refrigerado con agua, permite una velocidad de enfriamiento más rápida y uniforme del hierro líquido (módulo de enfriamiento). Ese módulo de enfriamiento es responsable de una característica importante del producto, pues un adecuado y rápido enfriamiento permite el grano cerrado, lo que garantiza la resistencia y protección contra las filtraciones, una característica fundamental en la producción de componentes hidráulicos.

Beneficios de los Productos de Fundición Continua

Además de que los productos fabricados por fundición continua presentan una menor cantidad de problemas por defectos físicos y estructurales, que van en detrimento de la productividad de una empresa, este proceso brinda otros beneficios.

Comparativamente con el acero, la densidad de los hierros de colada continua es, aproximadamente, un 10 por ciento inferior a éste (densidad = 0,0794 lbs/pul³), debido a que tienen un mayor contenido de carbono en forma de grafito en la estructura del hierro fundido, lo que se traduce, en la práctica, en mejores características del material, con menor peso y excelentes propiedades de amortiguamiento, brindando un mejor desempeño,

Gráfica: cortesía Insumos Metalúrgicos Ltda



- ▶ *El hierro nodular clase 65-45-12 es una excelente elección para componentes hidráulicos que operan a altas presiones como: manifolds, pistones, tapas de cilindros y camisas de inyectores.*

LANZETTA RENGIFO & CIA. LTDA.

La solución exacta para cada proceso.
INSTRUMENTACIÓN CIENTÍFICA PARA EDUCACIÓN,
INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Una compañía certificada ISO 9001:2000.
Representante exclusivo para Colombia y Ecuador
de Atlas MTS.



Nuestra línea de cabinas de evaluación de corrosión para laboratorio esta diseñada para ayudar a nuestros clientes a lograr sus metas. Un producto de calidad, una ventaja competitiva, un tiempo mas rápido para llegar al mercado.



Carrera 14 No. 82 - 41 A.A. 091133
PBX: 57 (1) 611 0983 - Fax: 57 (1) 611 0795
www.lanzettarengifo.com.co
ventas@lanzettarengifo.com.co
Bogotá D.C - Colombia.

pues reduce el ruido y las vibraciones, una consideración importante para el caso de engranajes y otros componentes de máquinas.

Adicionalmente, los productos elaborados mediante el proceso de fundición continua presentan menor rebaba, ya que este método permite producir barras en diferentes formas y dimensiones muy cercanas a la pieza final, así con una superficie libre de incrustaciones de arena, líneas divisorias, surcos y otros defectos producidos por los vaciaderos y respiraderos utilizados en otras fundiciones, la calidad de los productos aumenta ostensiblemente y al momento del maquinado se realizan cortes suaves sin interrupciones en la pieza, lo que reduce el tiempo de mecanizado.

En este mismo sentido, y teniendo en cuenta que el proceso de maquinado siempre debe resolver los diferentes defectos provenientes de la etapa de fundición y que los productos fabricados mediante este proceso son, casi, libres de irregularidades, estas piezas originan una menor cantidad de desechos después del mecanizado.

Además del beneficio de tener menor cantidad de material para remover, el alto porcentaje de grafito en la micro-estructura del hierro, que opera como rompe-virutas y lubricante de mecanización natural, permite mayor velocidad de corte y menor desgaste de herramientas y, por ende, una mejor maquinabilidad.

Asimismo, el hierro de colada continua presenta otras características atractivas como la elevada resistencia mecánica que varía de acuerdo a la forma y el tamaño del grafito que es el encargado de dar la resistencia al material, cuanto más grande el nódulo de grafito, menos resistencia tiene, de tal forma que en la fundición continua, gracias al proceso de solidificación dado por una refrigeración gradual, el resultado son partículas de grafito muy finas con excelentes propiedades mecánicas.

Gráfica: cortesía Insumos Metalúrgicos Ltda



► El hierro gris tiene como principal característica una excelente maquinabilidad, permitiendo más velocidad de corte y reducción del desgaste prematuro de las herramientas. Es apropiado para bujes, poleas, anillos, garruchas, piñones, bridas, tapones y estructuras de máquina, etc.

Conjuntamente, otro de los beneficios del proceso es la eliminación de costos en matrices del moldeo –modelos y cajas de machos– ya que, en la fundición continua, el molde de grafito puede ser adaptado para fabricar productos de diferentes tamaños y formas, así como seleccionar las dimensiones y figuras que se acerquen a las del componente final por mecanizar. Con esta característica se logra, a menudo, eliminar el alto costo del proceso de mecanizado, además de reducir el tiempo necesario para obtener prototipos o partes de producción y el costo final del producto.

Finalmente, respecto a los tratamientos térmicos y de superficie, los productos fabricados mediante fundición continua admiten diferentes tipos de tratamientos térmicos y recubrimientos, que pueden mejorar la resistencia a la fatiga, al desgaste y la corrosión. Entre los tratamientos de superficie se encuentran el endurecimiento de superficie de guías de válvula, el recubrimiento de cromo duro en moldes para vidriería, nitruración y granallado (*shot peening*) en engranajes para incrementar su resistencia a la fatiga.

Aplicaciones Comunes de Hierros de Colada Continua

Cualquier componente actualmente producido en hierro, acero, aluminio o bronce, puede ser fabricado en hierro de colada continua. Las aplicaciones más comunes en las que se usan estos hierros, o en las que se puede sustituir el hierro fundido y otros materiales son:

- **Hidráulica y neumática:** Manifolds, émbolos, tapas de cilindros, pistones de cilindros, cuerpos de válvulas, rotores.
- **Industria del vidrio:** Moldes, pines, punzones, cuellos, machos.
- **Máquinas y Equipos:** Poleas, acoptes, rodillos, ejes, reglas guías, bujes, arandelas, tuercas, engranajes, contrapesos.
- **Autopartes:** Tapas para cojinetes, distanciadores, émbolos para pistón de freno, anillos, guías de válvulas, asientos de válvulas.
- **Otros:** Protectores para termopar, coquillas, retenedores, placas de válvulas, matrices.

A través del cuadro es posible ver la versatilidad de los hierros de colada continua y sus variadas aplicaciones, que van desde simples arandelas y poleas, hasta piezas complejas como moldes para la industria del vidrio, válvulas y colectores para la industria hidráulica.

Productos de la Fundición Continua

A través del proceso de fundición continua se pueden producir una gran variedad de hierros, pero dentro de esa gran gama de productos se trabajan habitualmente dos tipos: el gris y el nodular que son aleaciones de hierro-carbono-silicio.

Para obtenerlo, al hierro fundido se le añade carbono en cantidades que excedan la proporción de éste retenida en la solución sólida austenítica y se precipita formando grafito. El grafito puede presentarse en forma de laminitas, formando el hierro gris, o en nódulos componiendo el hierro nodular.

En este sentido, es importante tener en cuenta que el grafito cumple un papel fundamental en el proceso de este tipo de fundición, pues su forma y distribución, así como la estructura de la matriz, afectan directamente las propiedades del hierro fundido; la cantidad de ferrita presente en la matriz determina la composición y la velocidad de enfriamiento, pues las partículas esféricas de grafito se forman durante la solidificación y además, el porcentaje de ferrita o perlita en la matriz también establece las propiedades mecánicas del material y por consiguiente, la calidad del producto.

Por ello, con el proceso de fundición continua se obtienen barras brutas de fundición con estructura de grano fino, logrando que el producto adquiera resistencia al desgaste, pueda mecanizar libremente y tenga buenas propiedades mecánicas, el producto puede tener formas redondas, rectangulares, cuadradas y formas especiales. Este proceso logra materiales económicos de alto desempeño que se pueden aprovechar en la producción de muchos componentes metálicos.

• Clases de hierro gris

Las clases de hierro gris producidas por fundición continua según las normas ASTM A48 son: Clase 30 - Hierro gris perlítico/ferrítico y, Clase 40 - Hierro gris perlítico. El primero, presenta como principal característica una excelente maquinabilidad, permitiendo más velocidad de corte y reducción del desgaste prematuro de las herramientas, buena absorción de vibraciones y excelente conductibilidad térmica y mecanizado fácil. Es apropiado para la fabricación de productos con propiedades mecánicas medias, tales como bujes, poleas, anillos,



TECNI SOLDADORES INDUSTRIALES LTDA.
UN MUNDO DE SOLUCIONES A SU MEDIDA

**Especialistas en
equipos de soldadura, corte
y repuestos en general.**

Calle 9 No. 28A - 11
Local 5
Tel: 237 9796
PBX: 562 5160
Cel: 310 845 2531
www.tsi-ltda.com

Distribuimos:
















CORTE DE METALES

Cinta sinfín bimetálica alemana

Cintas soldadas a sus necesidades
Desde 13mm a 80mm de ancho, en todos los dentados.

Máquinas de cinta sinfín.
Diferentes modelos de acuerdo a sus necesidades.
Manuales semiautomáticas y automáticas

15 años de experiencia nuestra mejor garantía



ventas, servicio y mantenimiento.
calle 13 # 28-84 pbx: 201 2349 Bogotá
www.pliaries.com



Gráfica: cortesía Insumos Metalúrgicos Ltda

- ▶ *El hierro gris tiene una estructura de grafito en forma de laminillas, que aporta mejores propiedades mecánicas y mejor respuesta al tratamiento térmico.*

garruchas, coquillas, bridas, tapones, estructuras de máquina, cojinetes, acoples, entre otros.

El hierro gris, clase 30, puede tener dos tipos de tratamiento térmico, en aceite para aumentar la dureza en la periferia, aumentando así la resistencia al desgaste y, el recocido, un tratamiento térmico usado para reducir la dureza y mejorar el mecanizado.

De otra parte, el hierro gris clase 40 presenta la misma distribución de grafito, pero en matriz esencialmente perlítica, que aporta mejores propiedades mecánicas y mejor respuesta al tratamiento térmico. Por sus mayores propiedades mecánicas, presenta buen acabado superficial y buena estanqueidad, como si fuera una barrera impermeable. Resulta muy adecuado también para aplicaciones sujetas al desgaste, tales como pistones, válvulas hidráulicas, moldes, coquillas, acoples, espaciadores, entre otros.

Para ésta clase de metal los tratamientos térmicos más usuales son el endurecimiento superficial con temple por inducción y endurecimiento por llama.

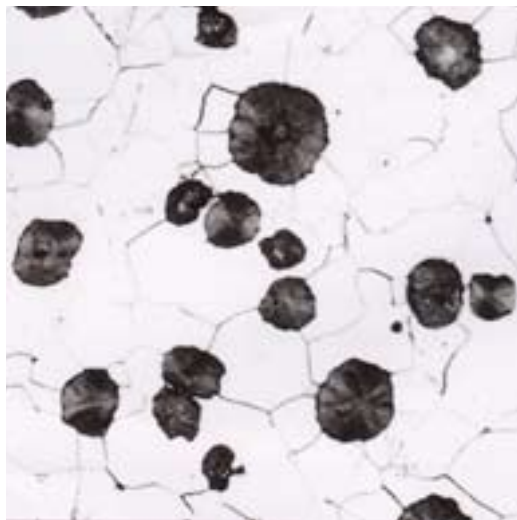
Otra de las clases de hierro gris que se producen por fundición continua es el Glass Mold Iron, hierro gris con grafito refinado. En la clase GMI (moldes para vidriería) el grafito es extremadamente refinado, tipo D, tamaño 6-8 mm en matriz ferrítica/perlítica, por lo cual tiene como principal característica un excelente acabado superficial, buena maquinabilidad y excelente conductividad térmica y se considera adecuado para la fabricación de piezas para la industria del vidrio, tales como moldes, pines y

cuellos. Esta clase de hierro no es recomendado para ser sometido a tratamientos térmicos de endurecimiento.

• Clases de hierro nodular

Respecto a las clases de hierro nodular de colada continua, estas se caracterizan principalmente por su estructura grafitica esferoidal que, en la practica permite una excelente resistencia al desgaste y alta maquinabilidad, propiedad derivada del buen límite de resistencia a la tracción, que en la condición bruta, puede variar de 60.000 a 100.000 psi (400 a 700 Mpa) con alargamiento del 18 al 3 por ciento. Entre los hierros de esta categoría se encuentran:

- ASTM A536 Clase 60-40-18: hierro nodular ferrítico, es un hierro con grafito tipo I y II, en una matriz completamente ferrítica obtenida por tratamiento térmico. Además de su excelente maquinabilidad, la matriz ferrítica proporciona alta tenacidad y permeabilidad magnética. Este material presenta en condición bruta de fundición un límite de resistencia a la tracción y alargamiento, similares al acero SAE 1020 laminado en caliente.
- ASTM A536 Clase 65-45-12: hierro nodular ferrítico/perlítico, las principales características del hierro nodular en las clases 60-40-18 y 65-45-12, con matriz ferrítica y ferrítica/perlítica cuentan con buena maquinabilidad, excelente acabado superficial y excelente estanqueidad. Tienen límite de resistencia a la tracción y alargamientos



Gráfica: cortesía Insumos Metalúrgicos Ltda

- ▶ *La principal característica del hierro nodular de colada continua es su estructura grafitica esferoidal que determina la resistencia, la maquinabilidad y la resistencia al desgaste.*

similares a los aceros SAE 1020/1030. Esta clase de hierro tiene aplicaciones tales como componentes para máquinas, que pueden estar expuestas a riesgos de impactos, por lo que deben ser resistentes a las fracturas.

Así mismo, son una excelente elección para componentes hidráulicos que operan a altas presiones tales como manifolds, pistones, tapas de cilindros, camisas de inyectores, bombas hidráulicas y moldes.

- ASTM A536 Clase 80-55-06: hierro nodular perlítico/ferrítico y, ASTM A536 Clase 100-70-03 Hierro nodular perlítico. Son hierros que poseen óptima templabilidad, elevadas propiedades mecánicas, límite de resistencia a la tracción y alargamiento similar al de los aceros SAE 1040/1045. Esto hace que estas clases sean una buena elección para aplicaciones de componentes de máquinas que exijan resistencia al desgaste y tratamientos térmicos superficiales, por ejemplo, engranajes, ejes, pernos para eje, tuercas, cuerpos moledores, vastagos de pistón, cojinetes, asientos de válvula, entre otros.

En conclusión, resulta importante destacar la evolución constante que ha experimentado la tecnología de fundición del hierro permitiendo desarrollar nuevas

aplicaciones que benefician a la industria; evolución que se aprecia claramente en la fundición continua que está al frente del perfeccionamiento constante de los procesos y técnicas para ofrecer más y mejores alternativas económicas y obtener formatos con mejor calidad y desempeño.

Aunque es primordial resaltar que de la mano de estas nuevas tecnologías debe existir una selección correcta de la clase de hierro para así obtener un resultado excelente en la generación de productos de alta calidad. De la misma forma, y teniendo en cuenta los diferentes tipos de estándares de hierros fundidos, en manos de la industria y de sus especialistas se encuentra el desarrollo de nuevas variaciones añadiéndoles aleaciones o modificando los procesos de tratamiento térmico para fortalecer y alcanzar las mejores propiedades metalúrgicas que respondan a nuevas necesidades del mercado. ▢

Autor

* Jonathan Coley Zapata. Asesor Técnico Comercial de Insumos Metalúrgicos LTDA. E-mail: insumosmetal@une.net.co

BOLSA DE COMERCIO

SUBASTA VIRTUAL

LOS MEJORES PRECIOS PARA LA COMPRA Y VENTA DE ACTIVOS

Chatarra de Aluminio,
Cobre, Hierro, etc.
Equipos de Cómputo.
Vehículos en General.
Material Eléctrico.
Cable de Todo Tipo.
Muebles y Enseres.
Bienes Inmuebles.
Maquinaria Amarilla, etc...

www.bolsadecomercio.com.co

Teléfono Medellín:
332 2000
Teléfonos Bogotá:
6084737 - 2486663