

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Lo que llamamos basura es simplemente materia prima en el lugar equivocado. En esto se basa el reciclaje, se pretende en el presente trabajo ubicar al acero nuevamente en el ciclo industrial. El tiempo de vida útil de elementos constituidos por acero, forman parte de este proceso, el fin de la vida de una máquina, no es más que el inicio de una nueva.

La capacidad que tienen los metales de mantener sus propiedades hace innecesaria la explotación minera, el resultado de esto es que se reduce la contaminación ambiental provocada por la industria de la minería.

Para disminuir impactos ambientales se debe tener en cuenta que la explotación minera debe mantener normas industriales de desarrollo sostenible y posteriormente tratar de remediar los daños producidos. Los minerales son recursos no renovables y es ahí donde resulta importante el proceso de reciclaje de chatarra. La actividad minera está relacionada directamente con el progreso actual de la humanidad.

Se conocen dos tipos de minas, la de cielo abierto, esta empezó después de la segunda Guerra Mundial, y la minería subterránea. Esta última tiene un menor impacto ambiental, sin embargo puede contaminar el agua con ácidos y metales.

Mediante el proceso de reciclaje se logra un ahorro energético de recursos naturales y de tiempo; por lo que se ha estimado que en la producción de acero, utilizando chatarra, se puede llegar a ahorrar un 80%, frente a la producción de la misma partiendo del mineral de hierro.

2.1. PROCESO DE RECICLAJE

Gran parte de la producción mundial de metales se realiza a través del reciclado de la chatarra metálica. En la figura 2.1 se muestra este proceso. El presente proyecto se enfoca en el proceso de regeneración donde la compactación es necesaria para la preparación del horno de fundición.

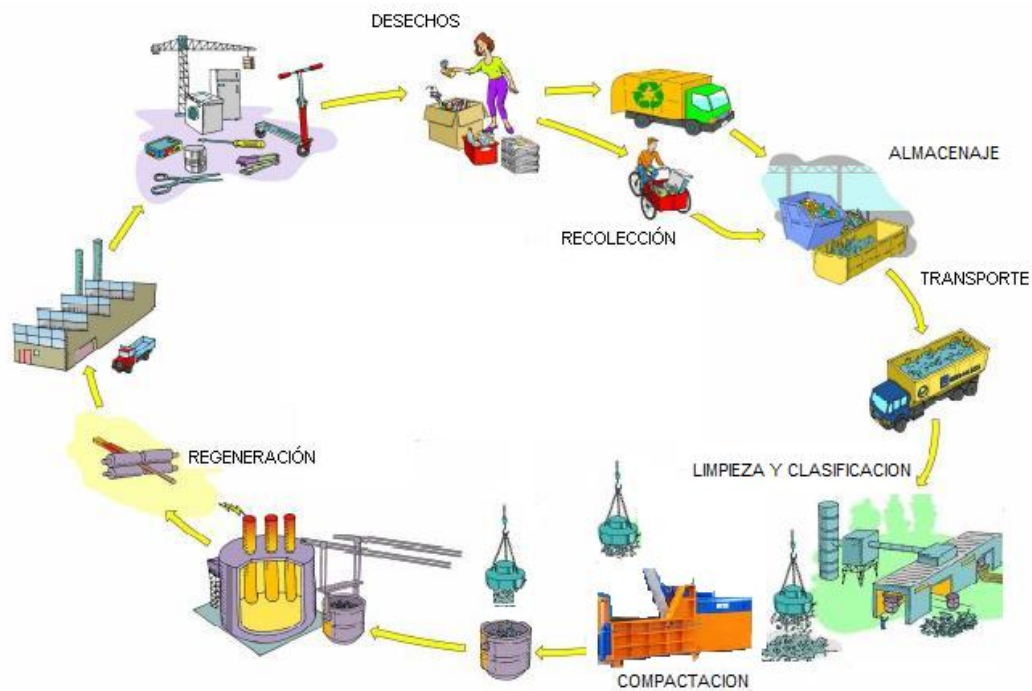


Figura 2.1 Proceso de reciclaje

Principalmente las fuentes de chatarra provienen de las empresas, donde los recortes o productos fuera de especificación son desechados. Estos desperdicios consisten de chatarra limpia. Se considera chatarra sucia no clasificada a maquinaria, materiales obsoletos y embases metálicos utilizados.

La siguiente tabla muestra las fuentes más comunes de chatarra clasificadas por tipo de metal.

Tabla 2.1 Fuentes más comunes de chatarra

METAL	FUENTES MÁS COMUNES
<i>PLOMO</i>	Baterías de plomo (88% del uso de Plomo), recubrimiento de cables, cañerías antiguas.
<i>COBRE</i>	Cables eléctricos, circuitos electrónicos, bobinados de transformadores, aleaciones de bronce y latón
<i>ALUMINIO</i>	Residuos de demoliciones, recortes de productos fuera de especificaciones de fábricas de materiales de aluminio, perfiles, envases.

Tabla 2.1 Fuentes más comunes de chatarra (continuación)

<i>ZINC</i>	Polvos de producción de aleaciones de cobre y acero por arco eléctrico, residuos del proceso de galvanizado.
<i>HIERRO/ACERO</i>	Industria metal mecánica, desguace de automóviles, maquinaria industrial, repuestos y electrodomésticos obsoletos, estructuras y envases.

Fuente: International Development Research Center

La gestión de la chatarra se la puede resumir en cinco pasos: recolección, almacenaje, clasificación, transporte y regeneración.

RECOLECCIÓN Y ALMACENAJE

El acopio de la chatarra metálica en el Ecuador está regulado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, en base a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 01. Esta norma fue incorporada en el país el 24 de marzo del presente año que como objetivos establece los requisitos de almacenaje limpieza y clasificación de chatarra metálica. La norma está destinada a personas naturales y jurídicas, nacionales y extranjeras que se dediquen a cualquier parte de esta actividad, sin embargo no aplica al proceso de fundición.

Existen dos tipos de centros de acopio, el artesanal y el industrial. El artesanal es donde se recibe la chatarra de los recolectores. La capacidad máxima de comercialización no puede superar las 500 toneladas mensuales. En caso de ser chatarra no ferrosa, la capacidad máxima de comercialización no debe superar las 30 toneladas de chatarra por mes. Mientras que el centro de acopio industrial es donde se recibe la chatarra de los recolectores, los centros de acopio artesanales o por compra directa a generadores industriales, estos deben tener capacidad superior a las 500 toneladas.

Gracias a la nueva norma es obligatorio llevar una bitácora de ingreso con datos como peso, datos del proveedor y clase de chatarra, esto aplica para los centros de acopio industriales. Solo se debe entregar chatarra limpia, es decir libre de materiales contaminantes (este concepto se detalla mejor más adelante).

Como otras disposiciones generales tenemos que en los centros de acopio industriales se debe realizar los procesos de limpieza y clasificación; puede realizarse también procesos de corte y compactación, se dispone también que todo envase metálico debe ser abierto.

En esta nueva norma ecuatoriana se dispone que si el cliente final recibe chatarra directamente de los recolectores o de los centros de acopio artesanales, debe disponer de un área específica constituida como un centro de acopio industrial, que cumpla con todos los requisitos de un centro de acopio industrial y realice los procesos inherentes a ese tipo de centro de acopio.

Esta regulación en el país es importante porque toma en cuenta la seguridad industrial. Se responsabiliza a los administradores del centro de acopio industrial que todo su personal este vacunado contra el tétanos, así también en el numeral siguiente se expresa la prohibición con respecto al transporte manual de carga cuyo peso sea superior a 55 kilos para hombres mayores de 18 años y de 22 Kg para las mujeres mayores de 18 años; se recomienda además evitar el trabajo de mujeres en esta actividad. El código de trabajo ecuatoriano recomienda no emplear a menores de 18 años en actividades de transporte de carga manual. Igualmente se debe tener presente que el personal debe contar con equipos de protección personal. En siguiente cuadro muestra en detalle de estos implementos.

Tabla 2.2 Equipos de protección

Partes del Cuerpo	Equipo	Norma INEN
Cabeza	Casco industrial de seguridad	NTE INEN 0146:76
Ojos	Gafas industriales	
Manos	Guantos trabajo pesado	
Pies	Calzado punta de acero	NTE INEN 1426:92

Tabla 2.2 Equipos de protección (continuación)

Cuerpo	Ropa de mezclilla	
Oídos	Protectores auditivos	

Fuente: INEN

La norma técnica tiene las siguientes disposiciones específicas:

- Cuando se detecte en la chatarra la presencia de desechos peligrosos, se debe cumplir con lo establecido en la normativa ambiental vigente del TULSMA, Libro VI, Título V, Reglamento para prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos. Capítulo III, Fases de la gestión de desechos peligrosos. Sección II. Del manejo de los desechos peligrosos. Párrafo 1º.
- En los centros de acopio industriales se debe llevar una bitácora de salida de los desechos peligrosos que han sido separados de la chatarra, en el cual conste datos: de tipo de desecho, cantidad, destino, empresa responsable de su disposición final.
- Los desechos peligrosos que han sido separados de la chatarra deben ser entregados a empresas que tengan licencia ambiental para su tratamiento y disposición final.
- Cuando en las instalaciones del cliente final se detecte la presencia de material radiactivo en la chatarra, ya sea por identificación de etiquetas o mediante el uso de detectores, se procederá a aislar todo el lote de chatarra y notificar a la autoridad reguladora nacional del MEER. Ninguna persona no autorizada podrá acercarse a esa chatarra
- Solo personal entrenado, certificado por la autoridad reguladora nacional del MEER y con todos los implementos necesarios para su seguridad, podrán realizar la inspección para determinar el tipo y la peligrosidad del material radiactivo.
- Solo personal autorizado por la autoridad reguladora nacional del MEER, podrá retirar el material radiactivo.

Los elementos que no se pueden recibir en los centros de acopio industriales son los detallados a continuación:

- Alambres con recubrimiento de plástico
- Amortiguadores sellados
- Baterías o acumuladores
- Chatarra electrónica
- Envases de plaguicidas
- Explosivos
- Faros halógenos
- Filtros de combustible y de aceite
- Lana de vidrio o aislantes térmicos
- Poliuretano
- PVC
- Recipientes cerrados
- Silenciadores y catalizadores
- Tubos de escape
- Transformadores
- Compresores

LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN

La chatarra limpia es aquella que se encuentra libre de materiales contaminantes y de desechos peligrosos, sin embargo en cierto tipo de chatarra es inevitable la presencia de estos, por lo que se aceptarán siempre y cuando sean inherentes al tipo de chatarra o que su generación se dé durante el almacenamiento. Siempre y cuando no supere los límites máximos permisibles establecidos en la Norma

“Listado Nacional de Desechos Peligrosos y Métodos de Caracterización” del Ministerio del Ambiente. El proceso de limpieza es necesario ya que la chatarra debe encontrarse libre de desechos indeseables como los listados anteriormente o de chatarra radioactiva.

Es importante deshacerse de desechos peligrosos, estos pueden ser sólidos pastosos, líquidos o gaseosos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que contengan algún compuesto que tenga características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas, o tóxicas, que represente un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

TRANSPORTE

Al igual que para el acopio de chatarra el instituto ecuatoriano de normalización INEN ha determinado una norma para el transporte que incluye los requisitos y precaución para el transporte de chatarra metálica, esta establece:

La chatarra transportada no debe sobrepasar la altura de las paredes del compartimento de carga, además tiene que estar debidamente asegurada con los elementos adecuados.

El compartimento de carga de los vehículos que transportan la chatarra metálica debe tener un cerramiento lateral y posterior.

En el caso de que se trate de chatarra contaminada con material radioactivo solo podrá ser transportada en vehículos especializados pertenecientes a la Autoridad Reguladora Nacional del Ministerio de Electricidad y Energía Renovables.

Aparte de la Norma INEN de Transporte de Chatarra los vehículos destinados a esta actividad deben cumplir con la ley de tránsito vigentes que incluye: capacidad de carga del vehículo, límite de peso y dimensiones para transitar en vías, puentes, túneles, etc.

REGENERACIÓN DE LOS METALES EN PLANTAS DE FUNDICIÓN

La industria del acero ha reciclado por 150 años, en este tiempo se han realizado mejoras al proceso, desde finales de los años sesenta los métodos de fabricación del acero han experimentado cambios tremendos como por ejemplo el reemplazo del horno de hogar abierto¹ y el convertidor Bessemer² que han sido reemplazados por los hornos de arco eléctrico de corriente directa y los hornos básicos de oxígeno³ que son más eficientes.

El producto compactado se envía hacia las diferentes empresas siderúrgicas, estas en su mayoría cuentan con un horno de arco eléctrico, el esquema de funcionamiento se detalla a continuación.

2.1.1.1. Horno de arco eléctrico

Estos hornos deben ser llenados con chatarra de buena calidad, es decir con chatarra tipo A que es chatarra maciza o compactada (En 2.2.1 se muestra la descripción completa de esta clase de chatarra). Son utilizados para la fusión de aceros para herramientas, de alta calidad, de resistencia a la temperatura o inoxidable. Considerando que estos hornos son para la producción de aceros de alta calidad siempre están recubiertos con ladrillos de la línea básica.

En el país la empresa ANDEC S.A. se dedica a la regeneración de la chatarra, se investigó las características del horno de FUNASA, que es parte de la empresa, en la tabla 2.3 se muestran algunos datos importantes y características del horno.

¹ Horno de hogar abierto: Puede contener entre 10 y 540 TON de metal en su interior. De fondo poco profundo y la flama da directamente en la carga, el combustible generalmente es un gas, brea o petróleo.

² Convertidor de Bessemer: Horno en forma de pera, se deposita arrabio o metal fundido en la chatarra fría

³ Horno Básico de Oxígeno: Inyecta oxígeno a presión, elevando a temperaturas superiores a los 1600 °C

Tabla 2.3 Horno de arco eléctrico KGYV

Capacidad	15 TON (nominales)
Amperaje	20000 amperios (En el electrodo secundario, 600 amperios en el primario)
Material electrodo	Grafito
Refrigeración	Paneles refrigerados
Procedencia	Hungría
Marca	KGYV

Fuente: ANDEC S.A.

La chatarra metálica es la materia prima para elaborar la palanquilla, la misma que se funde en un horno eléctrico de arco, se afina hasta tener la composición química requerida y se cuela en forma de palanquilla en la máquina de colada continua.

En ANDEC, la palanquilla es de 130 x 130 mm de sección, con longitud variable (2,5 a 4 metros) de acuerdo al diámetro de la varilla que se quiera obtener. Se fabrica básicamente en dos tipos de calidades:

- a) SAE 1026 y
- b) SAE 1010

2.2. ANÁLISIS DE LOS MATERIALES A RECICLAR

Según el centro internacional de investigación para el desarrollo, la fuente más común de acero incluye la Industria metal mecánica, desguace de automóviles, maquinaria industrial, repuestos, electrodomésticos obsoletos, estructuras y envases.

Según el NTE INEN 01 los tipos de chatarra son los siguientes.

- **Chatarra ferrosa.** Cualquier material ferroso de distinta procedencia, destinado al reciclaje, para ser utilizado como materia prima.

- **Chatarra no ferrosa.** Constituida por metales no ferrosos de desecho (los principales: plomo, cobre, aluminio, cinc, estaño) destinados a reciclaje para ser usados como materia prima.
- **Chatarra limpia.** Es la chatarra que se encuentra libre de materiales contaminantes y desechos peligrosos. Se aceptará presencia de materiales contaminantes y/o desechos peligrosos en cantidades inevitables que sean inherentes al tipo de chatarra y su procedencia o que se generan durante el almacenamiento y manipuleo de la chatarra bajo condiciones atmosféricas normales y cuyo contenido de desechos peligrosos no supere los límites máximos permisibles establecidos en la Norma “Listado Nacional de Desechos Peligrosos y Métodos de Caracterización” del Ministerio del Ambiente. Materiales contaminantes como:
 - Aleaciones residuales
 - Arena
 - Caucho
 - Cemento
 - Madera
 - Material refractario
 - Óxido de hierro en cantidad excesiva
 - Piedras
 - Plásticos
 - Tierra
 - Vidrio
- **Chatarra Compactada.** Chatarra que ha sido procesada en prensas compactadoras para aumentar su densidad, para facilitar su transporte, almacenaje y utilización final.
- **Chatarra cortada.** Chatarra que recibió un proceso previo de corte por los diferentes métodos existentes, para facilitar su transporte, almacenaje y utilización final.

- **Chatarra fragmentada.** Chatarra que ha sido procesada mediante molinos (fragmentadoras), para facilitar su limpieza, clasificación, transporte, almacenaje y utilización final
- **Chatarra metálica industrial o de generación directa.** Comprende los residuos, recortes, productos fuera de especificaciones y desechos de materiales metálicos generados en los diferentes procesos de producción, además de maquinaria obsoleta o en desuso.
- **Chatarra doméstica.** Está constituida por electrodomésticos no electrónicos y muebles metálicos.
- **Chatarra tecnológica.** Esta constituidos por equipos electrónicos.
- **Chatarra de obsolescencia.** Es la proveniente de objetos obsoletos como edificios demolidos, vehículos y sus repuestos, maquinaria y equipos tecnológicos en desuso.

2.2.1 CLASIFICACIÓN

2.2.1.1 Chatarra clase A

Acero al bajo carbono o chatarra de acero (perfiles estructurales, planchas o chapas negras o galvanizadas, tubería, acero naval, restos de maquinaria industrial, agrícola y caminera, varilla para la construcción), de espesor mayor a 3 mm, en piezas individuales de dimensiones no mayores a 400 mm por lado; de densidad mínima 800 kg/m³

2.2.1.2 Chatarra clase B – para oxicorte

Acero al bajo carbono o chatarra de acero (perfiles estructurales, planchas o chapas negras o galvanizadas, tubería, acero naval, restos de maquinaria industrial, agrícola y caminera, varilla para la construcción), de espesor mayor a 3 mm, en piezas individuales de dimensiones mayores a 400 mm por lado; de densidad mínima 500 kg/m³.

2.2.1.3 Chatarra clase C - para compactación o para prensa cizalla.

Acero al bajo carbono o chatarra de acero (hojalatas, virutas, alambre, alambroón, chapa delgada negra o galvanizada), de espesor menor a 3 mm. No deben incluirse materiales estañados, porcelanizados, con esmaltado vítreo o emplomados.

2.2.1.4 Pacas tipo 1

Pacas prensadas constituidas por desperdicio de lata nueva (lámina o chapa) negra de acero de bajo carbono. Debe estar libre de otras aleaciones y exenta de pintura u otro recubrimiento. Las pacas deben tener un tamaño máximo de 500x500x500 mm y una densidad media de 800 kg/m³.

2.2.1.5 Pacas tipo 2.

Pacas prensadas constituidas por lata vieja de acero al carbono procedente de carrocerías de automóviles, lata negra, lata negra pintada, hojalata desestañada, lata de acero galvanizado, alambre, resortes. No deben incluirse materiales estañados, porcelanizados, con esmaltado vítreo o emplomados. Libre de revestimiento no metálico. Puede incluir material químicamente desestañado. Las pacas deben tener un tamaño máximo de 500x500x500 mm. y una densidad media de 800 kg/m³.

2.2.1.6 Pacas tipo 3

Pacas prensadas constituidas por lata vieja de acero al carbono procedente de carrocerías de automóviles, lata negra, lata negra pintada, hojalata desestañada, lata de acero galvanizado, alambre, resortes. Puede incluirse materiales estañados, porcelanizados, con esmaltado vítreo o emplomados. Las pacas deben tener un tamaño máximo de 500x500x500 mm y una densidad media de 800 kg/m³.

2.2.1.7 Chatarra de hierro fundido tipo 1

Hierro colado (bloques de cilindros, carcasas de motor, cajas de cigüeñal, partes de maquinaria), limpios, libres de grasa y de metales no ferrosos. Su tamaño no debe ser mayor de 500x500x500 mm.

2.2.1.8 Chatarra de hierro fundido tipo 2

Especificaciones similares a la chatarra de hierro fundido tipo A, pero en tamaños más grandes a 500x500x500 mm.

2.3. TIPOS DE COMPACTADORAS DE CHATARRA

En el mercado existen distintos tipos de compactadoras de chatarra las podemos clasificar en dos grupos:

- Por su dirección de compactación
- Por número de etapas

Por la dirección de compactación pueden ser verticales y horizontales, en las cuales se utiliza la configuración vertical para procesos de menor carga, mientras que las horizontales se emplea en aplicaciones en las que se requiera mayor capacidad.

Según el número de etapas tenemos: simple, doble y triple

Compactadora simple.- En este grupo se encuentran las compactadoras verticales y horizontales; las cuales tienen un solo cilindro hidráulico para realizar el proceso de compactación proporcionando una fuerza de 75 TON con una presión de 3300 PSI y un motor de 15 HP proporcionando una compactación de 45" a 4" o 6". Esto varía de acuerdo al sistema hidráulico utilizado.

Compactadora doble.- Este tipo de compactadoras son horizontales, cuentan con una tapa de movimiento angular controlada con un cilindro neumático; una vez cerrada la tapa un segundo cilindro de mayor capacidad compacta la chatarra. Generan una fuerza de Compactación de 80 TON a 130 TON

Compactadora triple.- Este tipo de compactadoras son horizontales, tiene el mismo funcionamiento de la anterior, más otro cilindro de mayor capacidad ubicado a un costado, proporcionando una compactación en x, y z. Estas compactadoras se las utiliza para trabajo pesado, proporcionado una fuerza de compactación entre 85 TON a 200 TON.