

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA



MÉTODOS DE CALIFICACIÓN DE CHATARRA

INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO METALURGISTA

PRESENTADO POR:
JAMES WILDE CÁCERES TOLEDO

LIMA – PERU

2011

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi Madre Nelly Georgina Toledo Pozo a quien debo lo que soy, mi Hermana Madelaine, a mi Tía Elia, por su apoyo incondicional y a mi querida Novia Yaneth por estar siempre a mi lado.

Del mismo modo agradezco los Ingenieros Alberto Landauro, Julio Uza y Over Aliaga por su invaluable apoyo.

RESUMEN

El presente estudio muestra la comparación entre los métodos de calificación de chatarra de acero para su compra en el Perú, y se propone un método de calificación para la chatarra mezclada, basada en la densidad aparente de las cargas de chatarra en tráiler. Para este estudio se obtuvo una muestra de 304 tráiler cargados con chatarra escogidos aleatoriamente.

El análisis de los datos muestra que al comparar los métodos de calificación de chatarra entre las empresas “A” y “B”, se observó que “B” paga un exceso de 3.29% por la calificación de chatarra pesada, y “A” paga 29.69% por demás; las coincidencias en la calificación entre ambos métodos es 11.18%, y el error de la aproximación entre ambos es 43.00%. Al comparar los métodos de calificación de chatarra, entre “A” y la propuesta, se obtuvo que el error de aproximación es 2.27%, las coincidencias de calificación entre ambos métodos es 31.25%, y el pago excesivo por “A” es 1.48% por la chatarra pesada más que la propuesta.

También evaluó la influencia de la densidad de la chatarra e impurezas como la tierra, donde se determinó que el aumento de densidad de 0.41t/m³ a 0.7t/m³ conduce a una utilidad de 4.94 dólares/tonelada de acero y la limpieza de la tierra de 9.86% a 1.2% genera una utilidad de 5 dólares/tonelada.

Se recomienda se use el método propuesto de calificación de chatarra basado en densidades con el que podrá adoptar políticas de compras, así como poseer con un método medible y no subjetivo.

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	5
CAPITULO I: CHATARRA DE ACERO	6
1.1 Chatarra Metálicos Nacionales	7
1.1.1 Chatarra Heavy Melting	7
1.1.2 Tipo A	9
1.1.3 Tipo B	11
1.1.4 Tipo C	14
1.2 Metálicos Propios	15
1.2.1 Pellets de Hierro Esponja	15
1.2.2 Recuperaciones Ferrosas de Acero al Carbono	16
1.2.2.1 Recuperación Ferrosa Tipo A	16
1.2.2.2 Recuperación Ferrosa Tipo B	16
1.3 Metálicos importados	17
1.3.1 Chatarra Fragmentada	17
1.3.2 Briquetas de hierro esponja	18
1.3.3 Chips	19
1.4 Características de la chatarra	20
1.4.1 Características físicas de la chatarra	20

1.4.2 Contaminantes de la chatarra	22
CAPITULO II: INFLUENCIA DE LA DENSIDAD Y LAS IMPUREZAS DE LA CHATARRA EN LA PRODUCCIÓN DE ACERO EN LOS HORNOS ELECTRICOS DE ARCO	
2.1 Análisis de la influencia de la densidad de la chatarra	24
2.2 Análisis de la influencia de las impurezas de la chatarra en los Hornos Eléctricos de Arco	27
2.2.1 Situación sin limpieza de la tierra	28
2.2.1.1 Análisis de los parámetros de operación en Hornos Eléctricos de Arco ...	28
2.2.2 Situación luego de la limpieza	31
2.2.2.1 Análisis de los parametros de operación en Hornos Eléctricos después de la limpieza de la chatarra	31
CAPITULO III: MÉTODOS DE CALIFICACIÓN DE CHATARRA	
3.1 Método de calificación de la chatarra adquirida por la empresa “A”	34
3.2 Método de calificación de la chatarra de la empresa “B”	34
3.3 Resultados de la comparación de calificación entre los métodos “A” y “B”	34
3.4 Método Propuesto para la calificación de chatarra para la empresa “B”	39
3.4.1 Tabla de densidades	40
CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

En el Perú y en algunos países del mundo la producción de acero se realiza por medio de hornos eléctricos, el mismo que utiliza como materia prima a la Chatarra de acero que se adquiere por medio del reciclaje de los equipos obsoletos. La compra de esta chatarra se realiza de acuerdo a la calidad, la que está en función a la clasificación de acuerdo a sus dimensiones como, espesor, largo, ancho, densidad y composición química. El criterio más utilizado para la calificación de la chatarra está en función a la agrupación por sus dimensiones.

En el Perú cuando se tiene una chatarra mezclada, el criterio para su calificación es visual, esta consiste en una observación de la cual se deduce, que porcentaje de chatarra es pesada o liviana, este método es subjetivo, cabe señalar que es de importancia relevante la chatarra que se carga a los hornos de arco eléctrico (EAF), debido a que la chatarra representa aproximadamente el 70% de costo de fabricación de acero.

CAPITULO I

CHATARRA DE ACERO

La chatarra de acero son piezas de materiales de acero en obsolescencia, estos pueden ser reciclados para ser utilizados en procesos de producción de acero, por lo general la chatarra debe ser industrializada mediante la clasificación y el corte, para el que se emplean equipos como grúas con garras, grúas con imanes, cizallas, fragmentadoras, así como equipos para la separación de materiales no metálicos de la chatarra (tierra).

Con el proceso de industrialización se logra conseguir una chatarra de mayor densidad libre de contaminantes y no metálicos, los cuales acarrear un sobre costo en la fabricación de acero.

El almacenamiento de la chatarra debe ser hacerse en ambientes con piso para evitar que se contamine o mezcle con tierra u otros materiales, estas zonas de almacenamiento son dinámicas y usualmente se ubican cerca a los hornos eléctricos como los patios de preparación de cestas y patios de chatarra.

De acuerdo a las prácticas que se siguen en el Perú para la clasificación de la chatarra se conocen los Metálicos Nacionales, Metálicos Propios y los Metálicos Importados.

1.1 Chatarra Metálicos Nacionales

1.1.1 Chatarra Heavy Melting

En esta clasificación se encuentran los materiales que presentan un espesor de 1/4" (6.35mm) como mínimo, un largo de 60" (1524.0mm) como máximo, y ancho máximo de 24" (609.6mm). La chatarra de acero que posean las dimensiones especificadas es denominada Heavy Melting, de igual manera los tubos de acero obsoletos con espesores mayores a 1/8", que pueden ser provenientes de minería, tuberías de gas, y sistemas hidráulicos. Solamente por presencia de exceso de oxido se clasificara como chatarra de Primera o Tipo A.

Las rieles (de cualquier forma y longitud), recortes sobrantes de estampados y embutición de planchas laminadas en caliente o en frío (que pueden ser sueltos o compactados y sin oxidación), recubrimientos electrolíticos (sin pintura), que posean espesores de hasta 1/8", también son denominados Heavy Melting, así como también las tuercas, tornillos, materiales de troquelado, recortes de alambres trefilados, restos de clavos, aros de vehículos (excepto los de magnesio), cilindros nuevos, balones de gas y cualquier recipiente (sin válvula), recortados, chancados o compactados.

Otros materiales en obsolescencia como los recortes de perfiles industriales, fierro corrugado y lisos (mayores a 3/8" de diámetro hasta 50cm de largo), la chatarra menuda diversa hasta 50cm de longitud y con espesores mayores a 1/8", los recortes de planchas cizalladas, zunchos, chatarra proveniente de desguace de embarcaciones marítimas (con dimensiones especificadas), cables de acero sin recubrimientos ni materiales no ferrosos, sin grasa recortados o en rollos fuertemente amarrados, todos

estos son también considerados Heavy Melting.



Figura N° 1.1: Recortes de estructuras, esta chatarra posee elementos como: 0.30% Cu, 0.20% Cr, 0.20% Ni y 0.020% Sn.



Figura N° 1.2: Chatarra industrializada

1.1.2 Tipo A

Este tipo de chatarra por lo general son acondicionados mediante oxicrote, estos pueden ser recortes de planchas gruesas de oxicrote $<1/8$ ", cortes de maquinas industriales, automotrices férreas, vigas, planchas, chasis de vehículo automotores, estructuras libres de materiales no ferrosos, restos de herramientas piñones, cigüeñales, carcasas (también fierro fundido), y alto residual e inoxidable.

También son considerados chatarra de primera o tipo "A", los paquetes compactados de chatarra, libres de recubrimientos y óxido excesivo, con espesor mayor a 3mm, alambrones, platinas, planchas, perfiles industriales (fuertemente compactados), así como los blocks de motores, bancada de tornos, lingoteras, culatas de motores, tubos

< a 1/8", paquetes quemados de tarros de leche (libres de materiales no metálicos), cables acerados <1/2" de diámetro, sin recubrimientos de ningún tipo (gomas, plásticos, grasas o aceites) y libres de materiales no ferrosos, champas, material procedente de la recuperación de las escorias de convertidores y hornos eléctricos, libres de materiales no metálicos, desechos de estampados industriales con espesor <1/8". Cabe señalar que el grado de oxidación de la chatarra no deberá alterar significativamente la calidad del material en cuanto a su contenido metálico.



Figura N° 1.3: Chatarra de alto residual, está constituida químicamente por: 0.76% Mn, 0.42% Si, 0.044% P, 0.069% S, 0.46 Cr, 0.12 Ni, 0.03% Mo, 0.33% Cu y 0.024% Sn.



Figura N° 1.4: Chatarra automotriz compactada, está constituida por:
0.04% Cu, 0.20% Cr, 0.20% Ni y 0.100% Sn.

1.1.3 Tipo B

La Chatarra tipo “B” son aquellas chatarras provenientes del desarme de automóviles, restos de diferentes piezas, recortes de planchas sueltas <1.5mm, como calaminas, tubos, aparatos electrodomésticos, catres, letreros, cilindros viejos, alambres enredados (exentos de revestimiento de cobre), viruta de acero (proveniente del maquinado de piezas de acero) compactados o cualquier chatarra liviana suelta como los recortes del proceso de hojalata (0.16mm de espesor) usados en la fabricación de envases para conservas y chapas, estos se reciben en paquetes o sueltos; también son considerados chatarra tipo “B” los recortes industriales utilizados en la fabricación de tarros de leche, sueltos o compactados, paquetes de

tarros de leche nuevos o usados compactados y derrames de fundición.

En la calificación de la chatarra se debe tener en cuenta que el grado de oxidación de la chatarra no debe alterar significativamente la calidad del material en cuanto a su contenido metálico.



Figura N° 1.5: Electrodomésticos obsoletos, su composición química es: 0.10% Cu, 0.05% Cr, 0.03% Ni y 0.080% Sn.



Figura N° 1.6: Recortes industriales (fabricación de chapas). Esta chatarra está constituida químicamente por: 0.07% C, 0.55% Mn, 0.07% Si, 0.016% P, 0.025% S, 0.03% Cr, 0.03% Ni, 0.01% Mo, 0.03% Cu y 0.025% Sn.



Figura N° 1.7: Latas de conservas compactadas. Esta chatarra químicamente está constituida por: 0.08% C, 0.50% Mn, 0.08% Si, 0.018% P, 0.027% S, 0.03% Cr, 0.03% Ni, 0.01% Mo, 0.03% Cu y 0.35% Sn.



Figura N° 1.8: Viruta. Esta chatarra está constituida químicamente por: 0.4% C, 0.95% Mn, 0.20% Si, 0.040% P, 0.080% S, 0.40% Cr, 0.40% Ni, 0.01% Mo, 0.50% Cu y 0.045% Sn.

1.1.4 Tipo C

Se conoce como chatarra tipo “C” a los envases vacíos de tarros de leche, envases libres de pinturas, conservas de pescado, frutas, etc.

La chatarra tipo C, posee elementos químicos como: 0.03% Cu, 0.03% Cr, 0.03% Ni, y 0.35% Sn.

1.2 Metálicos Propios

Son aquellos materiales producidos como pellets y generados como mermas como son los materiales de recuperación ferrosa.

1.2.1 Pellets de Hierro Esponja

Material de bajo contenido de elementos residuales procedente del proceso de Reducción Directa del pellets de mineral de hierro. Se usan en los Hornos Eléctricos y LD (Hornos BOF).



Figura N° 1.9: Hierro esponja (DRI), se compone de 86.98% Fe total, 76.41% Fe metálico, 87.77% grado de metalización, 0.15% S, 0.01% C, 0.02% Cu, 0.02% Zn y sus residuales 0.003% Cu, 0.004% Cr, 0.009% Ni y 0.006% Sn.

1.2.2 Recuperaciones Ferrosas de Acero al Carbono

1.2.2.1 Recuperación Ferrosa Tipo A

Estas recuperaciones tipo “A” Grúa (a), su granulometría oscila entre 50mm a 800mm y “A” Planta (b), su granulometría oscila entre 50mm a 150mm. El contenido metálico de los dos tipos de recuperaciones varía de 85% a 90%.

La recuperación ferrosa tipo “A” presenta elementos como: 0.42% C, 1.36% Mn, 0.050% S, 0.18% Si, 0.013% Cr, 0.035% P, 0.010% V, 0.002% Ti, 0.001% Nb, 0.002% Mo, 0.01% Cu, 0.01% Ni, 0.001% Sn y 0.001% Al.

1.2.2.2 Recuperación Ferrosa Tipo B

Este tipo de recuperación ferrosa posee una granulometría de 12mm a 50mm, con un contenido metálico de 70%.

1.3 Metálicos importados

1.3.1 Chatarra Fragmentada

Metálicos provenientes de la trituración o fragmentación de automóviles, presenta una gran variabilidad en sus residuales.



Figura N° 1.10: Chatarra Automotriz



Figura 1.11: Chatarra fragmentada (posee una densidad mayor a $0.8t/m^3$), está constituida químicamente por: 0.25% Cu, 0.30% Cr, 0.036% Ni y 0.05% Sn.

1.3.2 Briquetas de hierro esponja

Material proveniente de la reducción directa del mineral de hierro y que posteriormente es compactado en caliente en piezas pequeñas de un tamaño nominal de $100 \times 50 \times 30$ mm. Tiene una densidad de $2.4-2.8 t/m^3$.



Figura N° 1.12: Briquetas, químicamente esta compuestos por 0.003%Cu, 0.004%Cr, 0.009% Ni y 0.006%Sn.

1.3.3 Chips



Figura N° 1.13: Chips son mermas de materiales finos que se originan durante la manipulación de las briquetas de hierro esponja, donde su grado de metalización no supera el 80%, y posee los residuales como 0.003% Cu, 0.004% Cr, 0.009%Ni y 0.006% Sn.

1.4 Características de la chatarra

1.4.1 Características físicas de la chatarra

La densidad de la chatarra determinará cuantas cargas son necesarias para la producción de una colada.

La práctica moderna de la producción de aceros vía HORNO ELÉCTRICO DE ARCO, compatibiliza la densidad de la chatarra con el volumen interno del HORNO ELÉCTRICO DE ARCO, para obtener el máximo de dos cargas por colada.

Una carga adicional significa de 3 a 5 minutos en el tiempo de operación del horno, aumentando el consumo de energía y electrodos.

El costo de la pérdida de tiempo del HORNO ELÉCTRICO DE ARCO es de aproximadamente \$1,00/min./t colada.

El tamaño máximo de la chatarra para el HORNO ELÉCTRICO DE ARCO es del orden de 1,0 a 1,5 m, para obtener una densidad compatible. Cabe

indicar que una chatarra larga es suficiente para impedir el cierre de la bóveda del horno, y incrementa la posibilidad de perforación de un panel refrigerado debido a que el arco es más alto con pedazos más grandes de chatarra.

Juntamente con el tamaño de la chatarra y la densidad de la misma, otra característica física importante, es la forma, la cual afecta la transferencia de calor.

Chatarra con densidades y contenidos de hierro, iguales tienen diferentes consumos específicos de energía eléctrica y diferentes tiempo de fusión. La chatarra en bloques y la chatarra prensada tienen la tendencia a aumentar el consumo de energía y mayor tiempo de fusión.

Las chatarras fragmentadas tienen una buena transferencia de calor y buenas características de fusión.

Tabla N° 1.1: Composición química de los metálicos

MUESTRAS	ANÁLISIS QUÍMICO (%)													
	C	Mn	S	Si	Cr	P	V	Ti	Nb	Mo	Cu	Ni	Sn	Al
Chatarra pesada	0.270	0.677	0.022	0.143	0.027	0.013	0.001	0.001	0.001	0.005	0.06	0.04	0.004	0.003
Chatarra liviana	0.098	0.494	0.028	0.044	0.019	0.012	0.002	8E-04	0.003	0.002	0.07	0.01	0.196	0.002
Lácteo	0.160	0.46	0.011	0.01	0.017						0.28	0.02	0.985	
Recuperación de Arrabio	3.750	0.31	0.07	1.10	0.01	0.04	0.02	0.05	0.00	0.00	0.01	0.01	0.001	0.005
Recuperación de escorias-A Champas	0.420	1.36	0.050	0.18	0.013	0.035	0.010	0.002	0.001	0.002	0.01	0.01	0.001	0.001

1.4.2 Contaminantes de la chatarra

Los principales contaminantes de la chatarra son:

El estaño es controlado de cerca por causa de posibles problemas de fragilidad en el trabajo en frío; el fósforo que es controlado por razones similares y por causa de efectos adversos en la soldadura de los aceros inoxidables. En tanto es utilizado en niveles controlados en láminas de acero de alta resistencia.

El cobre causa fragilidad en caliente, con rajaduras superficiales, a no ser que los niveles de compensación del níquel estén presentes o a no ser que las temperaturas y atmósferas del recalentamiento estén estrictamente controladas. En tanto, en ciertos casos específicos, el cobre es agregado como un elemento de aleación para promover niveles de alta resistencia a la corrosión. Más comúnmente, éste puede ser sustituido por elementos como el manganeso en el control del endurecimiento (Este aspecto es de importancia creciente con sistemas de previsión que son empleados en una práctica de fabricación del acero para alcanzar propiedades mecánicas más consistentes en el producto final).

El azufre es indeseable cuando altos niveles de ductilidad transversal son exigidos. El S° afecta la soldadura y es uno de los elementos de aleación importantísimo en la obtención de aceros de corte rápido (aceros resulfurados). Los efectos negativos en el proceso de la soldadura, pueden ser controlados por el uso de telurio, que es capaz de aglomerar el MnS.

El níquel, el cromo y el molibdeno son elementos primarios de aleación para endurecer los aceros, pero tienen que ser controlados en niveles bajos en aceros usados para conformación en frío, así como por ejemplo aceros para trefilería de alambres.

La fuente de la chatarra original y su proceso subsiguiente por los comerciantes de chatarra, determina el nivel de contaminantes en cada colada como son el cobre que viene principalmente de motores eléctricos, el estaño que viene en láminas revestidas, el azufre es encontrado en la chatarra de maquinado, el fósforo tiene origen en los aceros producidos con alto contenido de este elemento y en el arrabio; otros elementos son el níquel, el cromo y el molibdeno que aparecen en la chatarra de aceros aleados.

Los niveles residuales aceptables difieren de región en región, de acuerdo con los patrones de calidad acordados entre el proveedor y el usuario. Todavía, la preocupación del usuario, que se refiere a la consistencia de la composición así como, a los niveles residuales.

CAPITULO II

INFLUENCIA DE LA DENSIDAD Y LAS IMPUREZAS DE LA CHATARRA EN LA PRODUCCIÓN DE ACERO EN LOS HORNOS ELECTRICOS DE ARCO

El carguío de los hornos eléctricos se efectúa por cestas, una empresa peruana que llamaremos “B S.A” realizan su carguío en 3 cestas, lo que origina una apertura de la bóveda por 3 veces, esto genera un incremento en el power off y mayor consumo de energía en el proceso de producción del acero, y a su vez, incremento de los costos de producción.

2.1 Análisis de la influencia de la densidad de la chatarra

La chatarra que se compra en el mercado peruano posee una densidad promedio entre 0.15t/m³ a 0.41t/m³, por lo general toda la chatarra debe ser industrializada para su consumo como materia prima para la fabricación de acero en los Hornos Eléctricos de Arco.

Para medir la influencia de la densidad de la chatarra tomaremos datos de la operación de Horno con piquera de 15 MVA.

Tabla N° 2.1: Datos de operación del Horno Eléctrico

Mix de carga del horno eléctrico	32 t
Carga de chatarra	6 t
Densidad de chatarra	0.41t/m ³
Tiempo que está abierto el horno por cargar una cesta	2.67 min
Tiempo total de aperturas en una colada	8.00 min
Número de cestas cargadas al horno para una colada	3
Ritmo de producción del horno eléctrico	16.40 t/h
Número de coladas al mes	642
Tiempo empleado para producir 27.52 t de acero en una colada	103.20 min

Tabla N° 2.2: Resultados de operación con chatarra de mayor densidad

Densidad de chatarra (t/m ³)	0.70
Tiempo que está abierto el horno por cargar una cesta (min).	2.35
Tiempo total de aperturas para una colada	4.7
Número de cestas cargadas al horno en una colada	2
% de disminución del número de cestas	41.43%
Ritmo de producción del horno eléctrico t/h	16.96
Tiempo ganado para la producción de acero	
En una colada	3.31 min
En un mes	2127.77 min
En un año	24469.37 min
Aumento de producción de acero por la reducción del tiempo de apertura del horno	
En una colada	0.91 t
En un mes	581.59 t
En un año	6688.29 t
Incremento de ganancias por producción	
En una colada	135.89 US\$
En un mes	87238.63 US\$
En un año	1003244.23 US\$
Energía aprovechada para producir acero	
Pérdida por apertura en una colada (860 k calorías/min.)	1.00 kwh/min.
En una colada	3.31 kwh
En una mes	2128.15 kwh

En un año	24473.78 kwh
Ahorro de energía	
En una colada	0.17 US\$
En una mes	106.41 US\$
En un año	1223.69 US\$
Ahorro al trabajar con chatarra de mayor densidad (0.7t/m ³)	
En una colada	136.05 US\$
En una mes	87345.04 US\$
En un año	1004467.92 US\$

Luego del análisis podemos afirmar lo siguiente:

La chatarra con densidad **0.41 t/m³**, ocasiona que se realice el carguío de **3** cestas a los hornos eléctricos. Al utilizar chatarra con densidad de **0.70 t/m³**, se logra disminuir a **2** el número de cestas y/o carguíos, con lo que se consigue un ahorro de **US\$ 135.89/colada**, es decir **US\$ 4.94/t acero**.

Al subir la densidad de la chatarra cizallada a **0.70 t/m³**, se consigue como resultado el incremento del ritmo de producción de **16.40 t/h** a **16.96 t/h**.

Tabla N° 2.3: Resultados del análisis del incremento de la densidad de la Chatarra

Ítem	Descripción	Chatarra de baja densidad	Chatarra de alta densidad
1	Mix de carga del horno eléctrico	32	32
2	Carga de chatarra al horno eléctrico	6	6
3	Densidad de chatarra	0.41 t/m ³	0.70 t/m ³
4	Tiempo que está abierto el horno por cargar una cesta	2.67 min	2.35 min
5	Tiempo total de aperturas en una colada	8.00 min	4.70 min

6	Número de cestas cargadas al horno para una colada	3	2
7	Ritmo de producción del horno eléctrico	16.40 t/h	16.96 t/h
8	Número de coladas al mes	642	663
9	Tiempo empleado para producir 27.52 t de acero en una colada	103.2 min	99.9 min

2.2 Análisis de la influencia de las impurezas de la chatarra en los Hornos

Eléctricos de Arco

El mix de carga de chatarra a los hornos eléctricos usualmente posee tierra (SiO_2) mientras que no se haya separado estas impurezas de la chatarra durante la clasificación o industrialización. Este hecho tiene una influencia negativa en el proceso productivo del acero, pues origina una gran cantidad de escoria e incrementa los costos de producción de acero.

Para evaluar la influencia de la tierra (SiO_2) y su efecto en proceso y en los costos operativos de la producción de acero, se realizará el análisis en dos escenarios, uno cuando no se limpia la tierra de la chatarra y la otra cuando se extrae esta impureza.

2.2.1 Situación sin limpieza de la tierra

Tabla N° 2.4: Muestra la cantidad de impurezas que posee la chatarra

TIPO DE CHATARRA	MIX DE CARGA (t)	% TIERRA	PESO DE LA TIERRA (kg)	% SÍLICE	PESO DE LA SÍLICE (kg)
CIZALLADA	6	9.86	591.6	6.83 %	409.98
PESADA	6	2.67	160.2	1.85 %	111.02
FIERRO FUNDIDO	2	2.49	49.8	1.73 %	34.51
LACTEA COMPACTADA	1	1.02	10.2	0.71 %	7.07
VIRUTA	1	23.83	238.3	16.51%	165.14
HIERRO ESPONJA	8	5.57	445.6	3.86 %	308.80
MUTISERV	6	2.30	138	1.59 %	95.63
FABRICA	2	2.67	53.4	1.85 %	37.01
TOTAL	32	5.11	1633.7	3.54 %	1,132.15

*La tierra contiene **69.30%** sílice.

2.2.1.1 Análisis de los parámetros de operaciónem Hornos Eléctricos de Arco

Análisis Respecto a la tierra total

La composición de química de la Cal Dolomítica empleada es: 23.98% MgO, 62.23% CaO, 5.70% SiO₂ y 1.15% Al₂O₃

Del análisis de la chatarra se obtuvo que la cantidad de total de tierra cargada al

Horno Eléctrico en la cesta es el **5.11% (1633.7 kg)**, donde la carga metálica para

un colada del Horno Eléctrico es 32000kg, por lo tanto el %SiO₂ en la cesta es 3.54% (1132.15kg).

Teniendo en cuenta la composición química de cal y el %SiO₂ en la carga metálica para una colada se realiza el siguiente análisis:

Tabla N° 2.5: Evaluación de la influencia de la tierra en Hornos Eléctricos

Peso de cal necesaria para neutralización de Sílice	
%Cal Dolomítica para neutralización	86.21%
W Cal Dolomítica para neutralización (IB = 1.4)	2008.74 kg
Evaluación de energía, tiempo, consumo de electrodos, cal y costos debido a la tierra	
Energía Consumida por 1t de Acero kwh/t a Liq.	503
Energía Consumida por 1t de Escoria kwh/t Escoria	760
Consumo de electrodos por 1t de Acero kg/t a Liq.	3.66
Consumo de electrodos por energía g/kwh	7.28
Ritmo de producción toneladas de acero liq/h	16.4
Número de coladas al mes Col/mes	642
Número de coladas al año	7383
Flujo kwh/min	205
Cal consumida	
Cal consumida en una colada	2.01 t
Cal consumida en un mes	1289.61 t
Cal consumida en un año	14830.51 t
Costo por consumo de cal	
Precio de 1 t de Cal Dolomítica US\$/t	136.00
Costo de la cal por colada	273.19 US\$
Costo de la cal en un mes	175,386.85 US\$
Costo de la cal en un año	2,016,948.75 US\$
Peso de la escoria producida	
W Escoria en una colada (peso la de tierra + cal)	3.14 t
W Escoria en un mes (peso de la tierra + cal)	2016.45 t
W Escoria en un año (peso de la tierra + cal)	23189.20 t
Consumo de energía por la escoria	

Consumo en una colada	2387.08 kwh
Consumo en un mes	1532503.60 kwh
Consumo en un año	17623791.41 kwh
Costo de energía consumida por la escoria	
Precio de la energía eléctrica US\$/kwh	0.05
Costo en una colada	119.35 US\$
Costo en un mes	76625.18 US\$
Costo en un año	881189.57 US\$
Consumo de electrodos por la escoria	
Consumo de electrodos en una colada	17.37 kg
Consumo de electrodos en un mes	11,151.02 kg
Consumo de electrodos en un año	128,236.73 kg
Costos por consumo de electrodos	
Precio de electrodos	2300 US\$/t
Costo de electrodos en una colada	39.95 US\$
Costo de electrodos en un mes	25647.35 US\$
Costo de electrodos en un año	294944.49 US\$
Tiempo perdido	
Tiempo perdido en una colada (tiempo para fundir escoria)	11.64 min
Tiempo perdido en un mes (tiempo para fundir escoria)	7475.63 min
Tiempo perdido en un año (tiempo para fundir escoria)	85969.71 min
Consumo de refractario por la escoria	
Consumo de refractarios kg/t acero liq.	3.31
En una colada	10.53 kg
En un mes	6763.45 kg
En un año	77779.67 kg
Costo por consumo de refractario	
Costo equivalente US\$/t de refractario	2.25
En una Colada	0.02 US\$
En un mes	15.22 US\$
En un año	175.00 US\$
Acero que se dejó de producir	
En una colada	3.18 t
En un mes	2043.34 t
En un año	23498.39 t
Costo total debido a la tierra	
En una colada	*432.51 US\$
En un mes	277674.59 US\$
En un año	3193257.81 US\$

El sobre costo, por tratar la tierra del mix de carga metálica en el horno eléctrico, es de **15.72 US\$/t de acero líquido**.

2.2.2 Situación luego de la limpieza

2.2.2.1 Análisis de los parámetros de operación en Hornos Eléctricos después de la limpieza de la chatarra

Tierra cargada al Horno Eléctrico

El porcentaje de tierra en la chatarra cizallada luego de la limpieza es **1.2%** y el porcentaje de la tierra en la carga total luego de la limpieza es **4.38% (1114.1 kg)**. La carga metálica del horno es 32000kg, en donde el %SiO₂ en la cesta es 3.04% que equivale a 772.07kg.

Tabla N° 2.6: Evaluación de la influencia de la tierra en Hornos Eléctricos

Peso de cal necesaria para neutralización de Sílice	
% Cal Dolomítica para neutralización	86.21%
W Cal Dolomítica para neutralización (IB = 1.4)	1369.86 kg
Evaluación de energía, tiempo, consumo de electrodos, cal y costos debido a la tierra	
Energía Consumida por 1t de Acero kwh/t a Liq.	503
Energía Consumida por 1t de Escoria kwh/t Escoria	760
Consumo de electrodos por 1t de Acero kg/t a Liq.	3.66
Consumo de electrodos por energía g/kwh	7.28
Ritmo de producción tonelada de acero liq/h	16.4
Número de coladas al mes Col/mes	642
Número de coladas al año	7383
Flujo kwh/min	205
Cal consumida	

Cal consumida en una colada	1.37 t
Cal consumida en un mes	879.45 t
Cal consumida en un año	10113.65 t
Costo consumo de cal	
Precio de 1 t de Cal Dolomítica US\$/t	136.00
Costo de la cal por colada	186.30 US\$
Costo de la cal en una mes	119,604.88 US\$
Costo de la cal en una año	1,375,456.08 US\$
Peso de la escoria producida	
W Escoria en una colada (peso de la tierra + cal)	2.14 t
W Escoria en un mes (peso de la tierra + cal)	1375.12 t
W Escoria en un año (peso de la tierra + cal)	15813.85 t
Consumo de energía por la escoria	
Consumo en una colada	1627.86 US\$
Consumo en un mes	1045089.22 US\$
Consumo en un año	12018526.05 US\$
Costo de energía consumida por la escoria	
Precio de la energía eléctrica US\$/kwh	0.05
Costo en una colada	81.39 US\$
Costo en un mes	52254.46 US\$
Costo en un año	600926.30 US\$
Consumo de electrodos por la escoria	
Consumo de electrodos en una colada	11.84 kg
Consumo de electrodos en un mes	7,604.43 kg
Consumo de electrodos en un año	87,450.91 kg
Costo por consumo de electrodos	
Precio de electrodos	2300 US\$/t
Costo de electrodos en una colada	27.24 US\$
Costo de electrodos en un mes	17490.18 US\$
Costo de electrodos en un año	201137.08 US\$
Tiempo perdido	
Tiempo perdido en una colada (tiempo para fundir escoria)	7.94 min
Tiempo perdido en un mes (tiempo para fundir escoria)	5098.00 min
Tiempo perdido en un año (tiempo para fundir escoria)	58626.96 min
Consumo de refractario por la escoria	
En una colada	7.18 kg
En un mes	4612.33 kg
En un año	53041.76 kg
Costo por consumo de refractario	
En una colada	0.02 US\$

En un mes	10.38 US\$
En un año	119.34 US\$
Acero que se dejo de producir	
En una colada	2.17 t
En un mes	1393.45 t
En un año	16024.70 t
Costo total debido a la tierra	
En una colada	*294.95 US\$
En un mes	189359.90 US\$
En un año	2177638.81 US\$

El sobre costo, por tratar la tierra del mix de carga metálica en el horno eléctrico, es de **10.72 US\$/t de acero líquido.**

Luego de la evaluación en escenarios sin limpieza y con extracción de la tierra de la chatarra se puede afirmar que:

La chatarra sin limpiar posee un 9.86% de tierra. Después de la limpieza la chatarra quedará con un 1.2% de tierra. Esta disminución en la tierra de la chatarra gracias a la limpieza, permitiría bajar los costos de producción de acero en los hornos eléctricos.

El sobre costo producido en el proceso productivo del acero, en los hornos eléctricos, debido a la tierra de la chatarra es de: US\$ 432.51 /colada. Por esta razón el costo de producción se eleva en US\$ 15.72/t de acero.

El ahorro que se produciría después de la extracción (limpieza) de la tierra de la chatarra sería US\$ 5.00/t de acero.

CAPITULO III

MÉTODOS DE CALIFICACIÓN DE CHATARRA

3.1 Método de Calificación de la chatarra adquirida por la empresa “A”

Para calificar la chatarra con el método de la competencia, los camiones con chatarra fueron medidos en sus tres dimensiones: largo, ancho y altura. Para esto se empleó una regla de 2.4 metros con divisiones de 10cm.

Con estas medidas y el peso de la chatarra se calculó la densidad, con la que se obtuvo los porcentajes de participación de chatarra pesada y liviana.

3.2 Método de calificación de la chatarra de la empresa “B”

Este método de calificación se emplea actualmente, donde el personal encargado de esta función, observa la carga de los camiones y luego da su apreciación sobre la cantidad de chatarra pesada y/o liviana.

3.3 Resultados de la comparación de calificación entre los métodos “A” y “B”

Para realizar el estudio de la comparación de los métodos de calificación de la chatarra entre “A” y “B”, se tomó una muestra de 304 camiones, los resultados se observan en el anexo N°1.

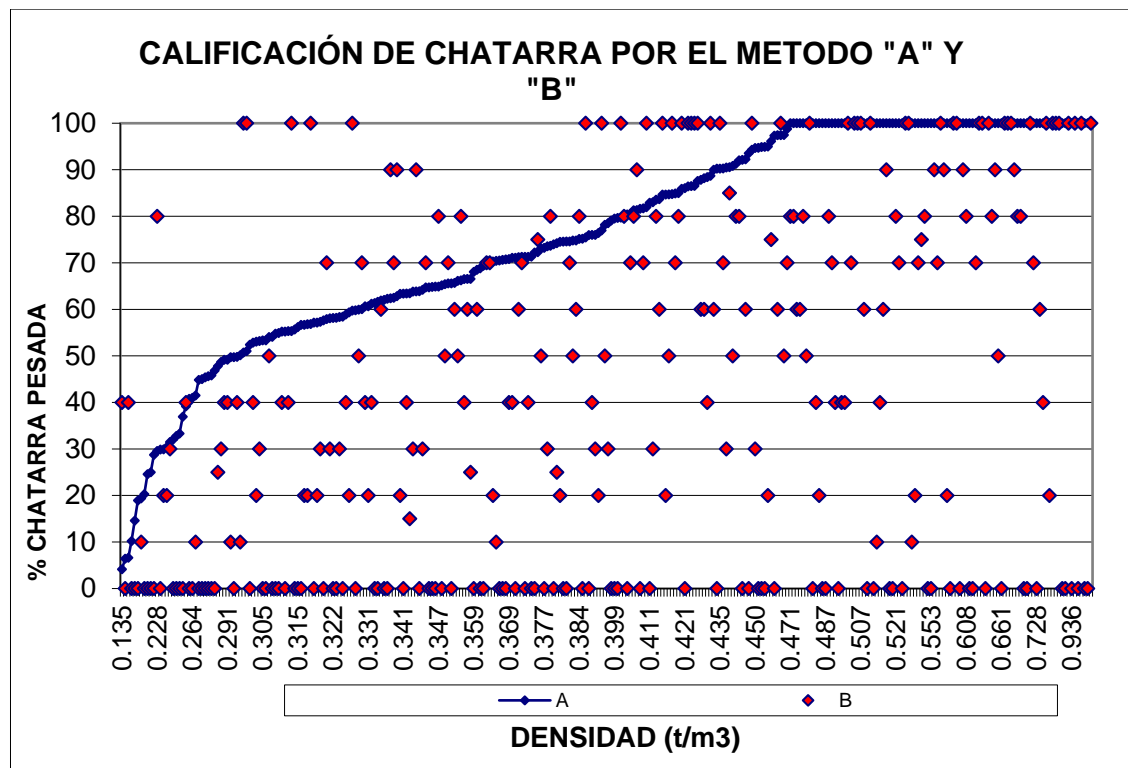


Figura N° 3.1: la figura muestra los dos métodos de calificación de la chatarra, “A” y “B” (puntos rojos) donde se por cálculos de determina que las curvas sólo coinciden en un 11.18%, para una calificación de chatarra pesada, el error de aproximación entre los métodos es de 43.00%.

Tabla N° 3.1: Variación de las calificaciones de chatarra obtenidas entre el método “A” y “B”

<i>Clase(*x)</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>% Acumulado</i>
[-68,-58>	1	.33%
[-58,-48>	0	.33%
[-48,-38>	3	1.32%
[-38,-28>	4	2.63%
[-28,-19>	3	3.62%
[-19,-9>	8	6.25%
[-9,1>	19	12.50%
[1,11>	48	28.29%
[11,21>	31	38.49%
[21,31>	31	48.68%
[31,41>	34	59.87%
[41,51>	25	68.09%
[51,60>	24	75.99%
[60,70>	22	83.22%
[70,80>	15	88.16%
[80,90>	18	94.08%
[90,100>	2	94.74%
[100,110>	16	100.00%

*X: es la diferencia entre los porcentajes de calificación de chatarra pesada de “A” menos calificación de la chatarra pesada de “B”.

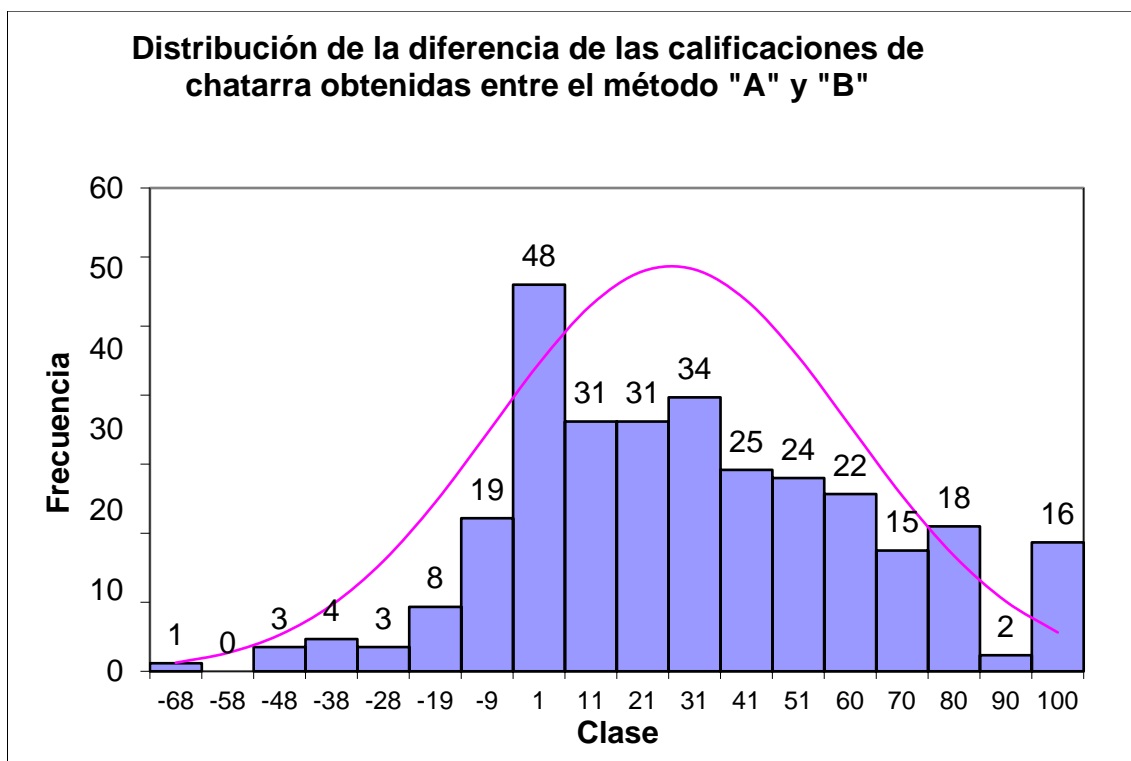


Figura N° 3.2: el gráfico muestra el histograma de la diferencia de las calificaciones entre el método "A" menos el de "B", se aprecia "x" tiende a aumentar, esto quiere decir que "B" paga cada vez menos que la "A".

La media del conjunto de muestras que se encuentra en lado negativo es de 19.22% de chatarra pesada, que es el exceso de la calificación, que equivale al 3.29% de chatarra pesada calificada por el método de "B".

La media del conjunto de muestras que se encuentra en lado positivo es 41.41% de chatarra pesada que equivale a 29.69% de chatarra pesada calificada por exceso, por "A".

La coincidencia de las calificaciones entre los métodos mencionados equivale a 11.18 % de la chatarra pesada que ingresa a empresa "B".

Tabla N° 3.2: Variación de las calificaciones de chatarra obtenidas entre el método “A” y el método propuesto

<i>Clase</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>% Acumulado</i>
[-1.2,-0.8>	1	0.33%
[-0.8,-0.3>	4	1.64%
[-0.3,0.2>	8	4.28%
[0.2,0.6>	116	42.43%
[0.6,1.1>	24	50.33%
[1.1,1.5>	18	56.25%
[1.5,2.0>	17	61.84%
[2.0,2.5>	6	63.82%
[2.5,2.9>	16	69.08%
[2.9,3.4>	16	74.34%
[3.4,3.8>	14	78.95%
[3.8,4.3>	18	84.87%
[4.3,4.8>	17	90.46%
[4.8,5.2>	25	98.68%
[5.2,5.7>	1	99.01%
[5.7,6.1>	0	99.01%
[6.1,6.6>	1	99.34%
[6.6,7.1>	2	100.00%

*X: es la diferencia entre los porcentajes de calificación de chatarra pesada de la “A” menos la calificación de la chatarra pesada por el método propuesto.

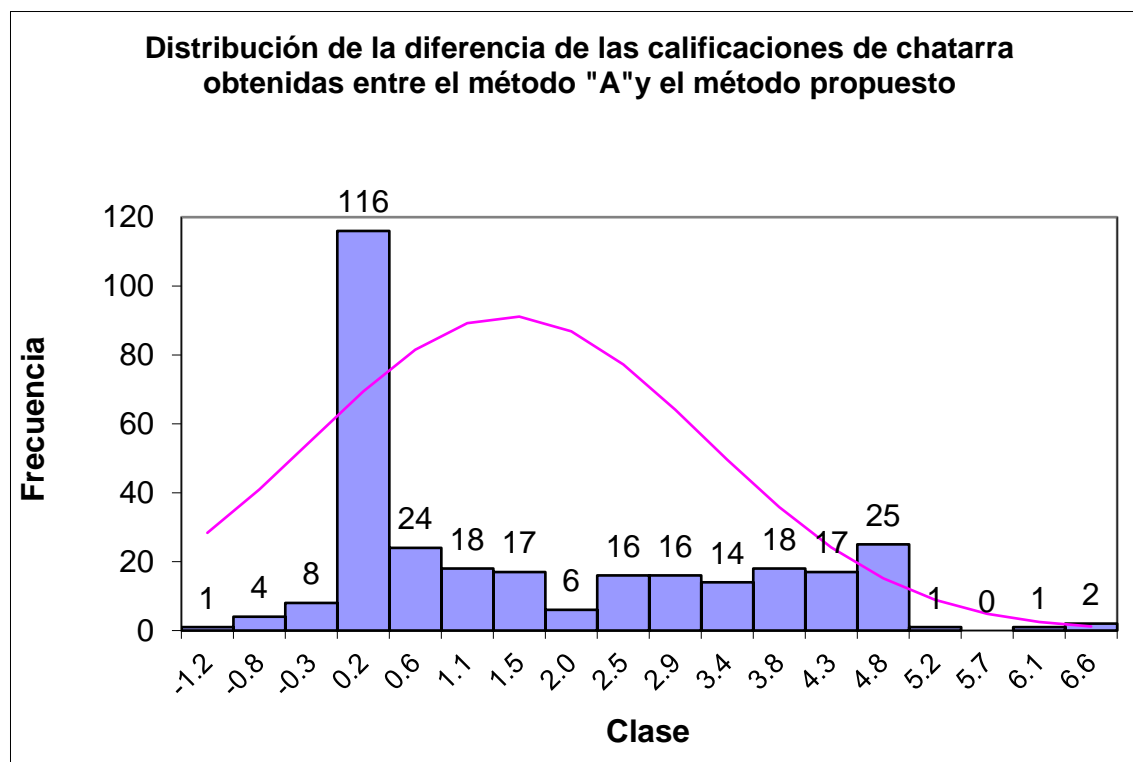


Figura N° 3.3: el gráfico muestra el histograma de la diferencia de las calificaciones entre el método de "A" menos la calificación por el método propuesto, se aprecia que x tiende a disminuir esto quiere decir que las que ambos métodos se aproximan entre sí. La media del conjunto de muestras que se encuentran en lado negativo es 41.93% de chatarra pesada que es la calificación por exceso, que equivale a 3.31% de chatarra pesada calificada con el método de la propuesta.

La media del conjunto de muestras que se encuentra en lado positivo es 2.43% de chatarra pesada, que equivale al 1.48% de chatarra pesada calificada por el método de la competencia. La coincidencia de las calificaciones entre los métodos mocionados equivale a 31.25% de la chatarra pesada.

3.4 Método Propuesto para la calificación de chatarra para la empresa "B"

Para calificar la chatarra con el método propuesto, los camiones con chatarra deben ser medidos en sus tres dimensiones: largo, ancho y altura. Para esto se deberá

disponer de una regla estandarizada con una dimensión 3 metros con divisiones de 10cm.

Con estas medidas y el peso de la chatarra se calculará la densidad, para determinar los porcentajes de participación de chatarra pesada y liviana con una tabla de densidades.

3.4.1 Tabla de densidades

Para la obtención de la tabla de densidades se realizo mediciones de campo para el que se tomo en cuenta los espesores de la chatarra calificada tanto de la Chatarra Pesada (tipo “A” con espesor ¼” o 6.35mm) y la Chatarra liviana (Tipo B con espesor mínimo de 0.2mm), determinándose que para una carga de un tráiler con chatarra 100% pesada su densidad aparente fue de $\frac{0.466t}{m^3}$ y para una carga con chatarra 100% liviana (100% de hojalata de 0.2mmm de espesor) se obtuvo una densidad aparente de $\frac{0.15t}{m^3}$.

Tomando en cuenta 101 valores de densidad aparente del 0% al 100% se obtuvo la siguiente tabla de densidades:

Tabla N° 3.3: Propuesta para Calificación de Chatarra

Densidad	% Chatarra	Densidad	% Chatarra
0.466	100	0.304	49
0.463	99	0.301	48
0.460	98	0.297	47
0.456	97	0.294	46
0.453	96	0.291	45
0.450	95	0.288	44
0.447	94	0.285	43
0.444	93	0.281	42
0.440	92	0.278	41
0.437	91	0.275	40
0.434	90	0.272	39
0.431	89	0.269	38
0.428	88	0.266	37
0.425	87	0.262	36
0.421	86	0.259	35
0.418	85	0.256	34
0.415	84	0.253	33
0.412	83	0.250	32
0.409	82	0.246	31
0.405	81	0.243	30
0.402	80	0.240	29
0.399	79	0.237	28
0.396	78	0.234	27
0.393	77	0.231	26
0.390	76	0.227	25
0.386	75	0.224	24
0.383	74	0.221	23
0.380	73	0.218	22
0.377	72	0.215	21
0.374	71	0.212	20
0.370	70	0.208	19
0.367	69	0.205	18
0.364	68	0.202	17
0.361	67	0.199	16
0.358	66	0.196	15
0.355	65	0.192	14
0.351	64	0.189	13
0.348	63	0.186	12
0.345	62	0.183	11
0.342	61	0.180	10
0.339	60	0.177	9
0.336	59	0.173	8
0.332	58	0.170	7

0.329	57	0.167	6
0.326	56	0.164	5
0.323	55	0.161	4
0.320	54	0.157	3
0.316	53	0.154	2
0.313	52	0.151	1
0.310	51	0.148	0
0.307	50		

Tabla N° 3.4: Propuesta para calificación de chatarra ajustada al centésimo

Densidad (t/m ³)	% Chatarra	Densidad	% Chatarra
0.47	100	0.30	47
0.46	97	0.29	44
0.45	94	0.28	40
0.44	91	0.27	37
0.43	88	0.26	34
0.42	84	0.25	31
0.41	81	0.24	28
0.40	78	0.23	25
0.38	72	0.22	22
0.37	69	0.21	18
0.36	66	0.20	15
0.35	62	0.19	12
0.34	59	0.18	9
0.33	56	0.17	6
0.32	53	0.16	3
0.31	50	0.15	0

Esta tabla se ajusto al centésimo, aproximándola al valor inmediato inferior.

Para la aplicación del método propuesto se requiere medir el volumen de la carga de chatarra con el apoyo de una regla así como contar con el peso neto de la misma para finalmente obtener la densidad aparente con la que se podrá emplear la tabla de densidades y calificar la chatarra para su compra.

Ejemplo de una calificación de chatarra con el método propuesto:

Medición de la densidad aparente de la Chatarra cargada en el tráiler



Figura N° 3.4: Medición a la carga del tráiler

La densidad se puede calcular de la siguiente mediante la expresión:

$$\rho = \frac{W_{C.Metálica}}{V_{C.Metálica}}$$

Remplazando valores obtenemos: $\rho = \frac{10t}{22.3m^3} = 0.45 \frac{t}{m^3}$

Se busca este valor de densidad en la tabla como se muestra el grafico:

Tabla N° 3.5: tabla de calificación de chatarra

Densidad (t/m ³)	% Chatarra Pesada	Densidad (t/m ³)	% Chatarra Pesada
0.47	100	0.30	47
0.46	97	0.29	44
0.45	94	0.28	40
0.44	91	0.27	37
0.43	88	0.26	34
0.42	84	0.25	31
0.41	81	0.24	28
0.40	78	0.23	25
0.38	72	0.22	22
0.37	69	0.21	18
0.36	66	0.20	15
0.35	62	0.19	12
0.34	59	0.18	9
0.33	56	0.17	6
0.32	53	0.16	3
0.31	50	0.15	0

Finalmente la calificación de la chatarra, es 94% es chatarra pesa y 6% es chatarra liviana.

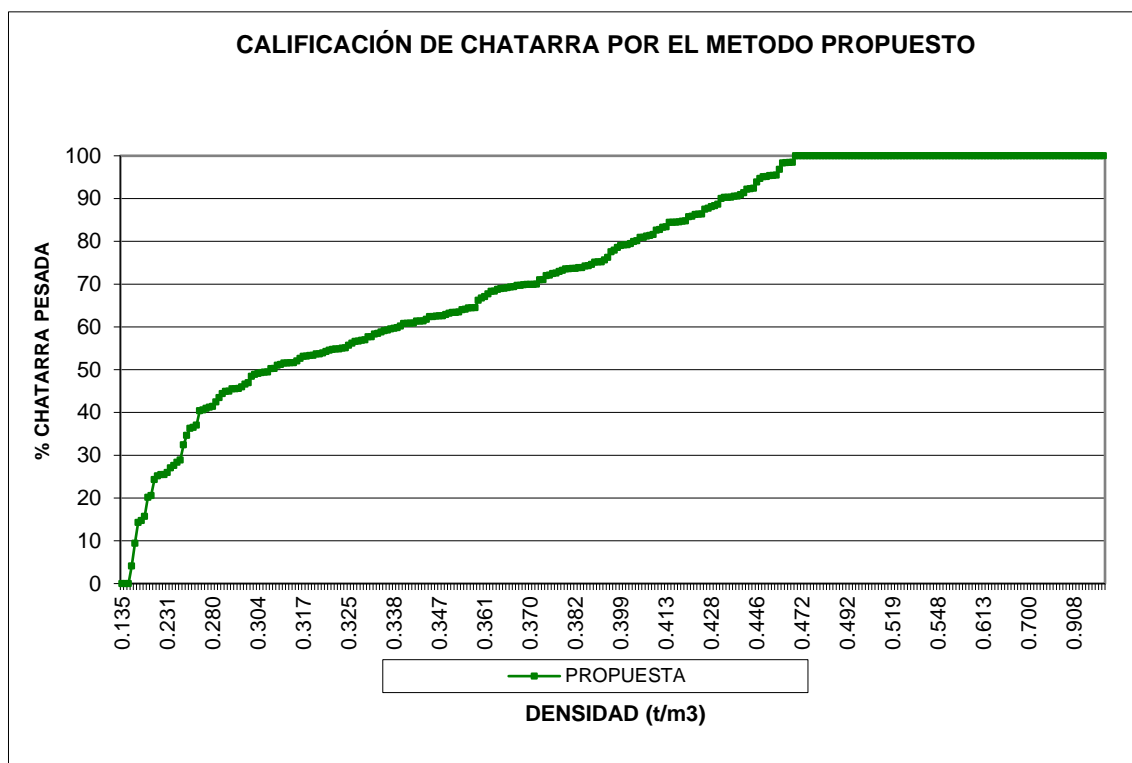


Figura N° 3.5: El gráfico muestra el método propuesto para la calificación de chatarra para la empresa “B”, evaluada en una muestra con 304 elementos.

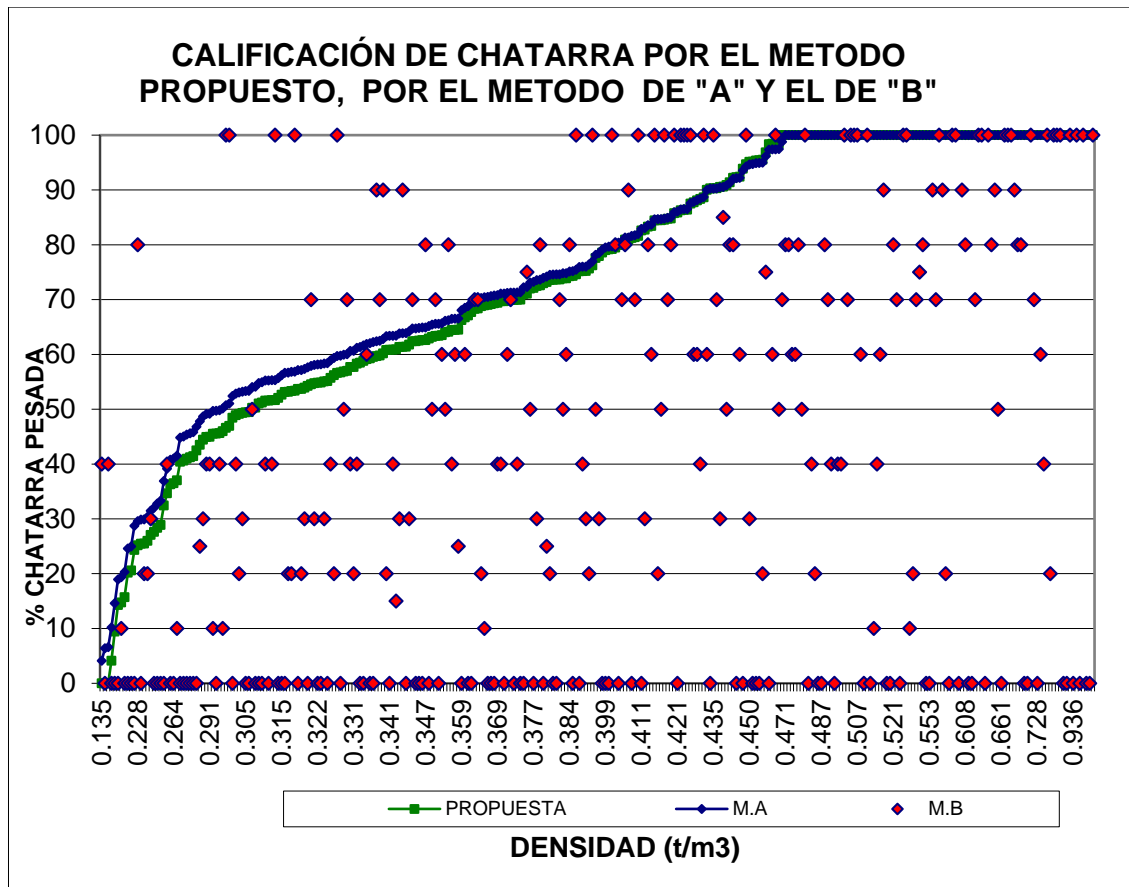


Figura N° 3.6: La figura muestra los métodos de calificación de la chatarra, “A”, la propuesta y el de “B”, donde el número de coincidencias para calificaciones de chatarra pesada entre la “A” y la propuesta es 31.25%, y el error de aproximación entre ambos métodos de calificación es 2.27%. El error de aproximación del método de calificación entre la competencia y el de “B” es de 43%.

CONCLUSIONES

Al comparar los métodos de calificación de chatarra, entre “A” y “B”, se observó que se paga un exceso de 3.29% por la calificación de chatarra pesada que ingresa a la empresa “B”, y “A” paga por demás 29.69%. Las coincidencias en la calificación entre ambos métodos es 11.18%, y el error de la aproximación entre ambos es 43.00%.

Al comparar los métodos de calificación de chatarra, entre “A” y la propuesta, se obtuvo que el error de aproximación existente entre ambos métodos es 2.27%. Las coincidencias de calificación chatarra entre ambos métodos es 31.25%, y el pago excesivo por “A” es 1.48% de chatarra pesada más que la propuesta.

De las calificación de “B” obtenidas en el muestreo, se observa que, dentro un rango de calificación de [50% a 100%] con chatarra liviana, existen 129 elementos de un total de 304, esto quiere decir que al parque de chatarra, está ingresando 42.43% más chatarra liviana en comparación a la chatarra pesada.

Por ser el método de calificación de “B”, muy subjetivo da lugar a diferencias en las calificaciones entre el personal. Así mismo es la causa de divergencias entre la opinión de los proveedores y los calificadores.

Por esa razón se proponemos otro método, basado en la densidad de la chatarra para la calificación en la empresa “B”, para de esta manera contar con un método confiable técnicamente.

La tabla de densidad puede modificarse teniendo en cuenta la compactación de la chatarra (variación de extremo de densidades) situación que facilitaría a la gerencia en la toma de decisiones para adoptar políticas en la compra de chatarra, manejo de precios de compra de chatarra en función de su densidad, aplicar penalidades debido a las impurezas, así como otorgar incentivos a los proveedores de chatarra.

Adoptar la propuesta para la calificación de la chatarra facilitará la compra de la materia prima, así como también, podría crear una corriente de opinión positiva sobre el sistema de calificación y compra de chatarra.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Ernandes Marcos Da Silveria Rizzo**, Introducción a los Procesos de Preparación de de Materias Primas para Refino de Acero, Asociación Brasileña de Metalurgia y Materiales, 2005.
2. **Astigarraga Uргуiza Julio**, Hornos de Arco para Fusión de Acero, McGraw-Hill/Interamericana de España S.A, 1995.
3. **Fabricación de Acero en Horno Básico a Oxígeno**, Asociación Brasileña de Metalurgia y Materiales, 2007.
4. **Robert E. Reed Hill**, Principios de Metalurgia Física, Editorial Continental, 1980.
5. **ASTM International**, Metals Handbook Ninth Edition, 1998.
6. **Roger J. Austin**, Materials Engineering Consultant, 1984.
7. **Leonard A. Weston**, Lehigh Testing Laboratories, Inc.

ANEXOS

ANEXO N°1

TABLA DE COMPARACION

N° MUESTRAS	PLACA VEHÍCULO	DENSIDAD t/m ³	CALIFICACIÓN DE LA		CALIFICACIÓN	
			*%CHATARRA	%CHATARRA	*%CHATARRA	%CHATARRA
1	YG-4788	0.135	4	96	40	60
2	YD-2293	0.145	6	94	0	100
3	YD-3302	0.146	7	93	40	60
4	YC-1068	0.161	10	90	0	100
5	YG-8007	0.178	15	85	0	100
6	YH-2986	0.193	19	81	0	100
7	YH-1544	0.195	19	81	10	90
8	YH-1544	0.198	20	80	0	100
9	YE-1010	0.212	25	75	0	100
10	YG-8007	0.213	25	75	0	100
11	WE-2494	0.225	29	71	0	100
12	YG-4788	0.228	30	70	80	20
13	YE-1130	0.229	30	70	0	100
14	YE-1094	0.229	30	70	20	80
15	YC-1294	0.231	30	70	20	80
16	XG-7380	0.234	31	69	30	70
17	WE-2494	0.236	32	68	100	0
18	YD-2605	0.238	33	67	0	100
19	YF-5024	0.240	33	67	0	100
20	YG-9487	0.251	37	63	0	100
21	YE-1077	0.258	39	61	40	60
22	YG-8357	0.263	41	59	0	100
23	YE-1087	0.264	41	59	0	100
24	YH-1544	0.266	42	58	10	90
25	YG-8005	0.276	45	55	0	100
26	YE-1219	0.277	45	55	0	100
27	YE-1087	0.278	45	55	0	100
28	YE-1173	0.279	46	54	0	100
29	YC-1241	0.280	46	54	0	100

30	YK-1573	0.283	47	53	0	100
31	YB-1411	0.286	48	52	25	75
32	YI-3328	0.289	49	51	30	70
33	YI-3328	0.291	49	51	40	60
34	YG-8255	0.291	49	51	40	60
35	YH-1544	0.293	50	50	10	90
36	YH-1544	0.293	50	50	0	100
37	YH-1544	0.293	50	50	40	60
38	YI-4845	0.294	50	50	10	90
39	YI-4949	0.296	51	49	100	0
40	YD-1230	0.297	51	49	100	0
41	YD-2163	0.302	52	48	50	50
42	YG-3479	0.303	53	47	40	60
43	YI-3331	0.304	53	47	20	80
44	YG-7170	0.305	53	47	30	70
45	YP-7526	0.305	53	47	0	100
46	YG-8973	0.305	53	47	0	100
47	WD-2016	0.308	54	46	50	50
48	YE-1197	0.308	54	46	0	100
49	YG-9487	0.310	55	45	80	20
50	YP-7605	0.311	55	45	0	100
51	YE-1148	0.312	55	45	40	60
52	YD-2565	0.312	55	45	70	30
53	YI-4718	0.312	55	45	40	60
54	YI-6400	0.312	55	45	100	0
55	YG-5009	0.313	56	44	0	100
56	YI-3328	0.315	56	44	50	50
57	YG-8196	0.317	57	43	0	100
58	YK-1686	0.317	57	43	20	80
59	YD-2310	0.317	57	43	20	80
60	YG-6298	0.318	57	43	100	0
61	YD-1491	0.319	57	43	75	25
62	YE-1173	0.319	57	43	20	80
63	YI-5295	0.319	57	43	30	70
64	YG-5416	0.320	58	42	0	100
65	YG-5648	0.321	58	42	70	30
66	YE-1197	0.322	58	42	30	70
67	YG-2472	0.322	58	42	0	100
68	YE-1160	0.322	58	42	0	100
69	YG-7231	0.323	58	42	30	70
70	YG-8007	0.323	58	42	0	100
71	YC-1068	0.325	59	41	40	60
72	YG-8196	0.327	59	41	20	80
73	YI-5295	0.328	60	40	100	0
74	YD-2565	0.328	60	40	100	0
75	YG-5648	0.329	60	40	50	50
76	YG-8574	0.329	60	40	70	30
77	YE-1077	0.331	61	39	40	60
78	YE-1083	0.331	61	39	20	80

79	YI-5338	0.333	61	39	40	60
80	YE-1130	0.334	61	39	0	100
81	YD-2354	0.335	62	38	0	100
82	YD-2354	0.336	62	38	60	40
83	YG-5992	0.336	62	38	0	100
84	YG-8574	0.337	62	38	20	80
85	YF-5024	0.338	62	38	90	10
86	YH-2253	0.338	62	38	70	30
87	YC-1068	0.339	63	37	90	10
88	YG-8373	0.341	63	37	20	80
89	YD-3582	0.341	63	37	0	100
90	YG-3479	0.341	63	37	40	60
91	YD-1975	0.342	63	37	15	85
92	YD-1491	0.343	64	36	30	70
93	YH-4043	0.343	64	36	90	10
94	YD-1001	0.343	64	36	0	100
95	YG-9490	0.344	64	36	30	70
96	YE-1220	0.346	65	35	70	30
97	YK-1686	0.346	65	35	0	100
98	YI-5338	0.347	65	35	40	60
99	YG-6832	0.347	65	35	0	100
100	YG-6722	0.347	65	35	80	20
101	YI-5978	0.348	65	35	0	100
102	YI-6031	0.349	65	35	50	50
103	YI-8013	0.349	66	34	70	30
104	YI-5338	0.349	66	34	100	0
105	YE-1148	0.350	66	34	60	40
106	YG-1391	0.351	66	34	50	50
107	YD-2293	0.352	66	34	80	20
108	YE-1094	0.353	66	34	40	60
109	YG-7782	0.353	67	33	60	40
110	YI-5338	0.353	67	33	25	75
111	YG-6166	0.359	68	32	0	100
112	YE-1077	0.360	68	32	60	40
113	YE-1010	0.361	69	31	0	100
114	YG-8196	0.363	69	31	0	100
115	YD-1491	0.365	70	30	70	30
116	YD-1548	0.365	70	30	70	30
117	YI-5369	0.367	70	30	20	80
118	YI-4964	0.367	70	30	10	90
119	YE-1144	0.367	70	30	0	100
120	YG-9706	0.368	71	29	0	100
121	YI-6274	0.368	71	29	20	80
122	YE-1144	0.369	71	29	40	60
123	YG-7756	0.370	71	29	40	60
124	YE-1182	0.370	71	29	0	100
125	YD-2163	0.370	71	29	60	40
126	YG-7249	0.370	71	29	70	30
127	YG-2188	0.370	71	29	0	100

128	YI-5979	0.370	71	29	40	60
129	YG-5009	0.370	71	29	0	100
130	YG-7874	0.374	72	28	0	100
131	YD-2310	0.374	72	28	75	25
132	YI-4950	0.377	73	27	50	50
133	YG-2472	0.377	73	27	0	100
134	YE-1173	0.378	74	26	30	70
135	YI-5426	0.379	74	26	80	20
136	YG-8018	0.380	74	26	0	100
137	YI-4718	0.381	74	26	25	75
138	YE-1197	0.382	75	25	20	80
139	YI-4950	0.382	75	25	100	0
140	YG-9521	0.382	75	25	0	100
141	YG-6298	0.382	75	25	70	30
142	YP-7526	0.383	75	25	50	50
143	YD-2624	0.383	75	25	60	40
144	YE-1178	0.384	75	25	80	20
145	YG-8196	0.384	75	25	0	100
146	WD-1216	0.385	75	25	100	0
147	YG-5419	0.387	76	24	0	100
148	YD-3487	0.387	76	24	40	60
149	YI-5979	0.387	76	24	30	70
150	YI-6400	0.388	76	24	20	80
151	YD-1491	0.390	77	23	100	0
152	YI-5426	0.395	78	22	50	50
153	YE-1186	0.396	78	22	30	70
154	YE-1197	0.398	79	21	0	100
155	YC-1068	0.399	80	20	80	20
156	YG-6298	0.400	80	20	90	10
157	WD-2016	0.400	80	20	100	0
158	YE-1212	0.401	80	20	80	20
159	YI-3331	0.402	80	20	60	40
160	YG-1661	0.403	81	19	70	30
161	YI-5426	0.405	81	19	80	20
162	YI-5426	0.405	81	19	90	10
163	YI-3550	0.406	82	18	40	60
164	YD-2310	0.407	82	18	70	30
165	YG-6700	0.407	82	18	100	0
166	YG-9706	0.411	83	17	100	0
167	YD-3641	0.411	83	17	30	70
168	YG-2751	0.413	84	16	80	20
169	YI-4622	0.413	84	16	60	40
170	YD-2565	0.416	85	15	100	0
171	YG-6298	0.416	85	15	20	80
172	YG-2188	0.417	85	15	50	50
173	YG-6172	0.417	85	15	100	0
174	YD-1491	0.417	85	15	70	30
175	YG-1661	0.418	85	15	80	20
176	YI-5338	0.421	86	14	100	0

177	YG-6700	0.421	86	14	100	0
178	YD-2549	0.422	86	14	100	0
179	YG-3905	0.423	87	13	100	0
180	YI-3775	0.423	87	13	100	0
181	YG-6654	0.426	88	12	100	0
182	YI-3331	0.427	88	12	60	40
183	YD-2293	0.428	88	12	60	40
184	YG-3954	0.429	88	12	40	60
185	YD-3618	0.430	89	11	100	0
186	YP-7798	0.434	90	10	60	40
187	YI-6031	0.435	90	10	20	80
188	YG-6700	0.435	90	10	100	0
189	YI-4787	0.435	90	10	70	30
190	YG-1661	0.436	90	10	30	70
191	YE-1130	0.436	91	9	85	15
192	YD-2383	0.437	91	9	50	50
193	YE-1212	0.438	91	9	80	20
194	YB-1617	0.441	92	8	80	20
195	WD-2016	0.441	92	8	0	100
196	YG-9879	0.442	92	8	60	40
197	YI-1089	0.446	94	6	90	10
198	YE-1010	0.449	94	6	100	0
199	YI-4964	0.450	95	5	30	70
200	YE-1144	0.451	95	5	70	30
201	YG-8007	0.451	95	5	0	100
202	YI-5978	0.451	95	5	0	100
203	YI-3328	0.452	95	5	20	80
204	YG-2542	0.456	96	4	75	25
205	YI-4964	0.461	97	3	80	20
206	YG-1661	0.461	97	3	60	40
207	YG-6722	0.461	97	3	100	0
208	YE-1219	0.461	97	3	50	50
209	YG-8581	0.467	99	1	70	30
210	YB-1230	0.471	100	0	80	20
211	YI-4950	0.472	100	0	80	20
212	YG-2542	0.472	100	0	60	40
213	YD-2605	0.473	100	0	60	40
214	YI-8013	0.475	100	0	80	20
215	YG-3479	0.475	100	0	50	50
216	YI-4964	0.476	100	0	100	0
217	YH-2253	0.477	100	0	0	100
218	YC-1068	0.477	100	0	40	60
219	YB-1345	0.479	100	0	20	80
220	YD-1995	0.485	100	0	0	100
221	YE-1130	0.487	100	0	100	0
222	YD-2624	0.491	100	0	80	20
223	YE-1173	0.491	100	0	70	30
224	YG-8581	0.491	100	0	40	60
225	YG-7782	0.492	100	0	0	100

226	YI-4845	0.493	100	0	40	60
227	YL-1038	0.496	100	0	40	60
228	YD-2383	0.496	100	0	100	0
229	YI-5295	0.500	100	0	70	30
230	YL-1032	0.502	100	0	100	0
231	YG-8196	0.504	100	0	100	0
232	YD-2161	0.507	100	0	100	0
233	YI-2578	0.509	100	0	60	40
234	YG-5992	0.511	100	0	0	100
235	YG-2472	0.511	100	0	100	0
236	YG-8196	0.516	100	0	0	100
237	YI-6400	0.516	100	0	10	90
238	YI-1045	0.517	100	0	40	60
239	YI-5978	0.519	100	0	60	40
240	YD-3545	0.519	100	0	90	10
241	YD-3240	0.520	100	0	80	20
242	YG-1661	0.520	100	0	100	0
243	YE-1206	0.521	100	0	80	20
244	YI-3775	0.523	100	0	70	30
245	YG-2188	0.528	100	0	20	80
246	YG-4693	0.531	100	0	100	0
247	YI-3331	0.531	100	0	100	0
248	YB-1617	0.533	100	0	10	90
249	YG-2542	0.534	100	0	20	80
250	YI-1045	0.534	100	0	70	30
251	YE-1178	0.535	100	0	75	25
252	XG-7380	0.539	100	0	80	20
253	YG-3930	0.548	100	0	0	100
254	YG-2188	0.553	100	0	40	60
255	YG-8117	0.558	100	0	90	10
256	YL-1046	0.558	100	0	70	30
257	YG-9473	0.561	100	0	100	0
258	YH-3263	0.564	100	0	90	10
259	YG-6597	0.576	100	0	20	80
260	YG-5009	0.584	100	0	0	100
261	YP-7227	0.586	100	0	100	0
262	YG-6700	0.586	100	0	100	0
263	YG-8019	0.597	100	0	100	0
264	YI-5338	0.605	100	0	90	10
265	YG-2188	0.608	100	0	80	20
266	YD-3074	0.610	100	0	70	30
267	YG-5419	0.613	100	0	0	100
268	YI-4094	0.617	100	0	70	30
269	YG-6350	0.620	100	0	100	0
270	YI-4964	0.623	100	0	100	0
271	YG-3905	0.630	100	0	0	100
272	YG-4037	0.637	100	0	100	0
273	YI-3330	0.638	100	0	80	20
274	YI-1350	0.647	100	0	90	10

275	YG-6762	0.658	100	0	50	50
276	YI-8013	0.661	100	0	70	30
277	YG-9521	0.677	100	0	100	0
278	YG-8846	0.690	100	0	100	0
279	WQ-9219	0.693	100	0	100	0
280	YG-6653	0.698	100	0	90	10
281	YE-1178	0.700	100	0	80	20
282	YG-6722	0.700	100	0	80	20
283	WQ-9219	0.711	100	0	0	100
284	YG-5992	0.714	100	0	0	100
285	WD-2016	0.715	100	0	100	0
286	YG-8581	0.720	100	0	70	30
287	YG-5903	0.728	100	0	0	100
288	YG-6597	0.736	100	0	60	40
289	YI-6400	0.738	100	0	40	60
290	YG-2542	0.768	100	0	100	0
291	YG-5533	0.768	100	0	20	80
292	YG-2751	0.782	100	0	100	0
293	YE-1130	0.795	100	0	100	0
294	WQ-9219	0.865	100	0	100	0
295	YI-3330	0.908	100	0	100	0
296	YG-8196	0.910	100	0	0	100
297	YE-1010	0.918	100	0	100	0
298	YG-8018	0.936	100	0	100	0
299	WE-2494	1.035	100	0	100	0
300	YG-6597	1.072	100	0	100	0
301	YE-1010	1.096	100	0	100	0
302	YG-3905	1.228	100	0	100	0
303	YG-5992	1.378	100	0	100	0
304	YH-3734	3.244	100	0	100	0

ANEXO N°2

ESTRATIFICACIÓN DE CARGA PARA HORNOS ELECTRICOS

