



**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL
HORNO ELÉCTRICO DE ARCO AL MODIFICAR LAS
CONDICIONES DE CARGA DE CHATARRA**

ANDRES ROA PRADA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE
MATERIALES**

BUCARAMANGA

2006



**EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL
HORNO ELÉCTRICO DE ARCO AL MODIFICAR LAS
CONDICIONES DE CARGA DE CHATARRA**

ANDRES ROA PRADA

**Informe final de la práctica empresarial realizada en la empresa
Acería de Caldas S.A., ACASA con el fin de optar al título de
Ingeniero Metalúrgico**

Tutor UIS:

Ing. ARNALDO ALONSO BAQUERO

Cotutor ACASA:

Ing. ORLANDO PLATA HERNÁNDEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA METALURGICA Y CIENCIA DE
MATERIALES**

BUCARAMANGA

2006

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar les doy mis más sinceros agradecimientos a mis padres Esther y Germán, a mis hermanos Sebastián y Aura María, a mi novia Marcela y a todos quienes de una u otra forma aportaron su granito de arena en mi formación personal y profesional.

Durante el desarrollo de mi práctica empresarial en Acería de Caldas S.A., algunas personas colaboraron directa e indirectamente. En primer lugar quiero agradecer al Doctor Eduardo Villegas, al Ingeniero Orlando Plata Hernández, al Ingeniero Luis Carlos Corzo Gamboa y a todo el personal de ingeniería y de la parte administrativa de la empresa.

En la Universidad Industrial de Santander a mi tutor el Ingeniero Arnaldo Alonso Baquero, al Ingeniero Iván Uribe Pérez, director de la escuela de Ingeniería Metalúrgica y a los demás profesores de la escuela, quienes me guiaron y me apoyaron en el transcurso de la práctica.

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL HORNO ELÉCTRICO DE ARCO AL MODIFICAR LAS CONDICIONES DE CARGA DE CHATARRA.*

AUTOR: ROA P., ANDRÉS.**

PALABRAS CLAVE: Práctica empresarial, horno eléctrico, parámetros de operación, chatarra.

Este informe final presenta una valoración de los cambios que sufren las variables que gobiernan el funcionamiento del horno eléctrico de arco de Acerías de Caldas S.A. (ACASA) al variar las condiciones de cargue de la chatarra.

El objetivo principal fue la determinación de la variación que sufren los parámetros de operación del horno eléctrico de arco, al modificar las condiciones de carga de chatarra con el objeto de aumentar la productividad. Para esto se cuantificó la influencia del tipo, tamaño, forma y composición de la chatarra cargada al horno sobre el consumo de energía, la velocidad y tiempo de fusión del chatarra en el horno; además se determinó la afectación en el tiempo de operación de cargue del horno al variar la cantidad de chatarra y el modo de llenado de las cestas de carga y se evaluó la variación en la producción de acero líquido como resultado de la modificación de las condiciones de carga de chatarra en el horno eléctrico y el impacto del consumo de chatarra fragmentada importada sobre los índices de productividad del horno determinando la dosificación óptima en el proceso de llenado de cestas.

Los resultados obtenidos se muestran en forma de graficas y tablas en los anexos al final del documento. Se concluyó que la combinación de algunos tipos de chatarra en la fabricación de los cargues, por lo general, disminuye el rendimiento de la fusión y los índices de operación del horno eléctrico de arco; por otra parte, la utilización de un tipo de chatarra fragmentada mejora los resultados en el proceso global del producción de acero.

** Facultad de ingenierías Físico-químicas, Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales, Director Ing. M.Sc. Iván Uribe Pérez.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF THE OPERATION PARAMETERS OF THE ELECTRIC ARC FURNACE AFTER MODIFYING THE CONDITIONS OF SCRAP IRON LOAD *

AUTHOR: ROA P., ANDRÉS.**

KEY WORDS: Internship, electric furnace, operation parameters, scrap iron.

This final report presents an appraisal of the changes suffered by the variables governing the functioning of the electric arc furnace at Acerías de Caldas S.A. (ACASA), due to changes in the load of scrap iron.

The main objective was the determination of the variation suffered by the operation parameters of the electric arc furnace, after modifying the conditions of scrap iron load, with the goal of increasing the productivity.

To accomplish this, the influence of the type, size, shape and composition of the scrap iron loaded; over the energy consumption, velocity and melting time of the scrap iron in the furnace, was quantified. The effects over the loading time of the furnace due to variations in the amount of scrap iron, and the method of filling the baskets of load were also determined. Additionally, the variations in the production of liquid steel as a result of modifying the conditions of scrap iron load in the electric furnace, and the impact of the fragmented-imported scrap iron consumption over the furnace's indices of productivity were evaluated, leading to the determination of the optimal dosing in the filling process of the basket.

The obtained results are shown in graphs and tables in the annexes at the end of this document. It was concluded that the combination of some types of scrap in the fabrication of the loads, in general, reduces the melting efficiency and the operation indices of the electric arc furnace. On the other hand, by using certain type of fragmented scrap iron, the results from the global process of steel production are improved.

** Department of Physical Chemistry Engineering, School of Metallurgical Engineering and Material Science. Advisors: Engineer Arnaldo Alonso Baquero (UIS) and Engineer Orlando Plata H. (ACASA)

TABLA DE CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1. Generalidades.	2
2.2. Preparación de las cargas de chatarra.	5
2.2.1. Chatarra.	5
2.2.1.1. Criterios para la preparación de la chatarra.	5
2.2.1.2. Procedimiento para preparar la carga de chatarra.	6
2.2.2. Disponibilidad de equipo.	6
2.2.3. Diseño de cargas.	6
2.2.4. Adición de cales.	7
2.2.4.1. Tipo de acero a producir.	7
2.2.4.2. Tiempo de proceso.	7
2.2.4.3. Efectos de la composición química sobre el refractario.	7
2.3. Carga y fusión de la chatarra.	8
2.3.1. Carga.	8
2.3.2. Fusión.	8
3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL	12
3.1. Verificación y reconocimiento del proceso global de producción.	12
3.2. Reconocimiento de la operación del horno eléctrico.	12
3.3. Definición de labores y trazado del plan de trabajo.	12
3.4. Ejecución de las actividades programadas.	12
3.5. Realización de informes.	13
3.6. Presentación de los resultados e informe final.	13

4. RESULTADOS	14
4.1. Adición de chatarra por tobogán de carga.	14
4.2. Manejo de chatarra para aumentar la productividad.	18
4.3. Desempeño del material de chatarra y despunte que se genera en el área de laminación de la empresa.	25
4.3.1. Cargue de chatarra al horno.	28
4.3.1.1. Densidad de la chatarra.	32
4.3.1.2. Cantidad de tierra en la chatarra.	33
4.3.1.3. Disponibilidad de los diferentes tipos de chatarra.	34
4.3.1.4. Estado en que se encuentren los puentes grúas.	34
4.3.1.5. Tipo de acero a fabricar.	35
4.3.1.6. Estado del material refractario del horno.	35
4.4. Máquina de proyección de antracita.	36
4.5. Chatarra fragmentada.	37
5. CONCLUSIONES	54
6. RECOMENDACIONES	56
7. REFERENCIAS	57
ANEXOS	
A. Resultados de la adición de chatarra por tobogán de carga.	58
A1. Manual de operación del tobogán.	58
A2. Influencia del tobogán sobre la velocidad de fusión para el primer y segundo cargue.	61
A3. Influencia del tobogán sobre la velocidad de fusión para el tercer y cuarto cargue.	62

B. Histogramas del comportamiento del porcentaje de carbono de entrada, tiempo de afino y temperatura de vaciado para los meses de octubre y noviembre.	63
B1. Comportamiento del %C para los meses de octubre y noviembre.	63
B2. Figuras del comportamiento de la temperatura de vaciado en el transcurso de los meses de octubre y noviembre.	64
B3. Gráficas del comportamiento del tiempo de afino en función del porcentaje de carbono de entrada.	65
B4. Gráfica comparativa porcentual del comportamiento de los tiempos de afino durante los meses de octubre y noviembre.	66
C. Resultados de la evaluación del desempeño del material de chatarra que se genera en el área de laminación.	67
C1. Instructivo sobre el manejo del sistema de modificación de chatarra con cizalla.	67
C2. Seguimiento a la operación de la maquina de proyección de antracita.	70
D. Resultados de los ensayos con chatarra fragmentada.	72
D1. Porcentaje de chatarra fragmentada contra número de recargues.	72
D2. Porcentaje de chatarra fragmentada contra velocidad de fusión de la colada.	72
D3. Peso total contra la velocidad de fusión para coladas entre 10-12% de chatarra fragmentada.	73
D4. Peso total contra la velocidad de fusión para coladas entre el 13-15% de chatarra fragmentada.	73
D5. Peso total contra la velocidad de fusión para coladas entre el 16-25% de chatarra fragmentada.	74
D6 y D7. Comportamiento del tiempo de afino durante el mes de Noviembre y Diciembre.	74

D8 y D9. Comportamiento del porcentaje de carbono de entrada durante los meses de noviembre y diciembre.	75
D10 y D11. Comportamiento del peso del primer y segundo cargues durante los meses de noviembre y diciembre.	76
D12. Distribución de la chatarra en los fosos de la nave de acería.	77

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Clasificación de los tipos los hornos eléctricos según la forma de producir el calor.	4
Tabla 2. Valores medios del %C de entrada, del primer y segundo cargues del horno, el peso combinado y el tiempo de traslado calculados.	21
Tabla 3. Valores definidos como ideales y establecidos como metas próximas.	21
Tabla 4. Metas de los valores de trazadas para el %C de entrada, peso del 1º cargue, peso del 2º cargue, total 1º y 2º cargue y el tiempo de traslado.	23
Tabla 5. Cuadro de funciones y responsables en el proceso de cizallado del despunte proveniente del área de laminación.	24
Tabla 6. Densidad de los diferentes tipos de chatarra.	30
Tabla 7. Porcentaje de llenado de las cestas según el número de recargue del horno.	30
Tabla 8. Distribución de los tipos de chatarra para cada uno de los recargues.	32
Tabla 9. Diseño de experimentos para el uso de chatarra fragmentada.	39
Tabla 10. Resultados del muestreo realizado a la chatarra fragmentada.	42
Tabla 11. Promedio de resultados de los pesos del primer y segundo cargues durante los meses de noviembre y diciembre.	43

Tabla 12. Dimensiones para foso a construir.	47
Tabla 13. Resultados de la iteración de los valores de profundidad para cada foso propuesto.	48
Tabla 14. Valores obtenidos para los cálculos de capacidad de arrume y sobrearrume de los módulos.	51
Tabla 15. Resumen de los consumos de chatarra.	52

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Esquema del proceso de colada continua para la producción de palanquillas.	5
Figura 2. Esquema del horno eléctrico y el tobogán de carga de chatarra.	15
Figura 3. Esquema de los fosos en vista superior y corte longitudinal.	46
Figura 4. Esquema de la distribución de los volúmenes calculados para las pilas de chatarra en los nuevos módulos.	49

1. INTRODUCCION

La preparación y adición de la chatarra juega un papel muy importante en el proceso de producción de acero. Es por eso que en pro de favorecer el desempeño y los índices de producción de la etapa de fusión en el horno eléctrico y del proceso global de fabricación de palanquilla, se desarrollo el presente trabajo con el fin de determinar la influencia que ella ejerce en parámetros tales como el tiempo y la velocidad de fusión de la chatarra, el tiempo de cargue del horno y los consumos de energía y oxígeno entre otros.

A partir de los datos obtenidos se analiza el efecto del tamaño y forma de la chatarra sobre el llenado de las cestas de cargue, además del efecto de los tipos de chatarra sobre los parámetros de funcionamiento del horno y sobre aspectos importantes del proceso de producción de acero líquido.

En la sección 2, se presenta una breve recopilación bibliográfica de los aspectos teóricos más relevantes concernientes a la operación de un horno eléctrico de arco, y en la sección 3 se resume los resultados obtenidos en los ensayos realizados durante la práctica empresarial. Las últimas secciones de éste informe, presentan las conclusiones derivadas de los ensayos y algunas recomendaciones con respecto a futuros trabajos en este mismo campo.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Generalidades

La fabricación de acero en un país permite medir el crecimiento económico que tenga éste en función de las toneladas del metal que se produzcan anualmente. En Colombia, este índice ha ido en aumento de tal forma que desde el año 1999 al 2001 la producción creció de 534 mil toneladas a un poco menos de 640 mil participando en el 1% de la producción del acero bruto en América Latina [1]. Y es así como la industria siderúrgica nacional se ha encaminado en un crecimiento progresivo de su producción, como resultado de un gran esfuerzo e inversión, tanto en tecnología como en investigación; por esto, ACASA y otras empresas del ramo se empeñan en la mejora de sus operaciones y en el aumento de su producción.

En la producción del acero, la selección y el procesamiento de la chatarra juegan un papel primordial y definitivo en la calidad del producto terminado, así como en la rentabilidad del proceso mismo. El paso de la chatarra al horno, conlleva un consumo importante de energía, tiempo y dinero que debe ser regulado y disminuido en la medida en que las capacidades operativas de la planta siderúrgica permitan realizar la recarga del horno, la fusión de la chatarra, el afinado del baño y el vaciado del acero líquido en las cucharas en el menor tiempo posible y al menor costo [2].

El tipo de horno, que posee ACASA, marca LECTROMELT-OPT, es un horno eléctrico de arco con el que se produce actualmente 18 toneladas por colada de acero líquido, consumiendo cerca de 500 kWh por tonelada de chatarra cargada utilizando para la fusión la

energía liberada por el arco eléctrico. Estos equipos son los más utilizados en industrias de tamaño mediano y pequeño, en donde la producción del acero es para un fin determinado, como varilla corrugada, aleaciones especiales, etc. [9]. El proceso de fusión de la chatarra es entonces particular para el tipo de horno que se maneje y requiere una explicación algo mas detallada.

En algunos hornos el calor para fundir y refinar el acero, procede de la electricidad y no de la combustión del gas. Como las condiciones de refinado de estos hornos se pueden regular más estrictamente que las de los hornos de crisol abierto o los hornos básicos de oxígeno, los hornos eléctricos son sobre todo útiles para producir acero inoxidable y otros aceros de aleación que deben ser fabricados según unas especificaciones muy exigentes.

En la tabla 1 se muestra una clasificación de los tipos de horno eléctrico [3]:

Hornos eléctricos	Resistencia	Conducción	Contacto directo	Fabricación de abrasivos
		Convección	Corriente de aire	Tratamientos térmicos
		Radiación		Fusión de metales y tratamientos térmicos
	Arco voltaico	Indirecto	Para no férreos y aceros Un electrodo es el metal hasta 50 ton Un electrodo es el crisol hasta 50 ton	
		Directo Solera conductora		
Arco Resistencia	La corriente atraviesa el metal			

	Inducción	Baja frecuencia Alta frecuencia Frecuencia de red	Rinden un 10 % más que los de arco
--	-----------	---	------------------------------------

Tabla 1. Clasificación de los tipos los hornos eléctricos según la forma de producir el calor.

Una vez cargado el horno se, hacen descender unos electrodos hasta la superficie del metal. La corriente eléctrica fluye por uno de los electrodos, forma un arco voltaico con la carga metálica, recorre el metal y vuelve a formar un arco hasta el siguiente electrodo. La resistencia del metal al flujo de corriente, genera calor, que (junto con el producido por el arco voltaico) funde el metal con rapidez. Hay otros tipos de horno eléctrico donde se emplea un espiral para generar calor.

Del horno eléctrico, el acero líquido se pasa a una cuchara y luego a una máquina de colada continua para producir barras de acero de sección cuadrada llamadas palanquillas. El proceso de colada continua, se desarrolló en Europa en los años cincuenta para producir secciones de acero directamente a partir del acero líquido [4].

Anteriormente se producían lingotes, que más tarde se laminaban en rodillos para formar las palanquillas. La colada continua, con la cual se procesa más de un tercio de la producción mundial de acero, se ilustra en la figura 1. El acero líquido de la cuchara se vacía en un recipiente en donde, a velocidad controlada, pasa a un molde de sección cuadrada.

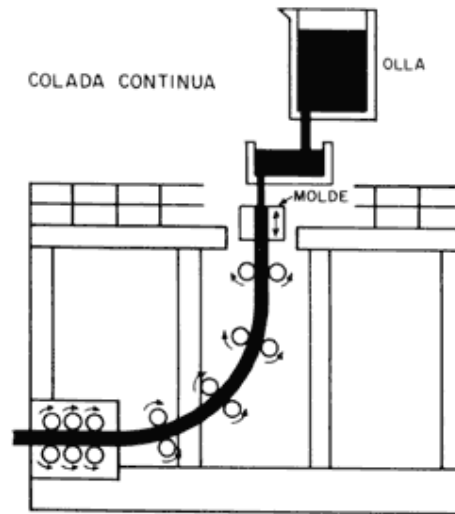


Figura 1. Esquema general, donde se muestra el proceso de colada continua para la producción de palanquillas [4].

A continuación se hace referencia de los principales procesos en la fabricación del acero líquido a partir de la chatarra [5].

2.2. Preparación de las cargas de chatarra.

2.2.1. Chatarra.

2.2.1.1. Criterios para la preparación de la chatarra.

- Aplicar el patrón de carga que se haya seleccionado, que debe especificar los siguientes datos: el tipo de acero que se va a fabricar y la mezcla de tipos de chatarra para consumirla en función de la suma de residuales, sin que quede rezagada la que tenga alta suma de residuales.
- Evitar cargar chatarra que contenga recipientes cerrados.

- La chatarra en la cesta debe tener la siguiente distribución: chatarra ligera en el fondo de la cesta, chatarra de mayor densidad en el medio y chatarra ligera en la parte superior.

2.2.1.2. Procedimiento para preparar la carga de chatarra.

- Cargar la cesta de chatarra con el electroimán, cuidando de no dejarla caer a una altura que produzca daños sobre la misma.
- Como la grúa no tiene sistema de pesaje, al momento de la carga, el operador debe saber a cuantos kilogramos de chatarra equivale una carga de imán para los diferentes tipos de chatarra, calculando así el tonelaje que debe cargar.
- Llevar la cesta a la báscula y determinar la cantidad de chatarra cargada.
- Transporte de la cesta al área del horno.

2.2.2. Disponibilidad de equipo.

Este factor es de gran importancia porque determina el diseño de carga y el tiempo productivo. Si fuera necesario cargar 100% de chatarra de baja densidad, se aumenta el número de recargues, por lo que el equipo trabajará más y habrá mayor probabilidad a que falle.

2.2.3. Diseño de cargas.

El diseño de la práctica de cargas, deberá hacerse considerando los siguientes factores:

- Optimizar el tiempo de recargues.

- Evitar bloquear la puerta de escoria.
- Evitar cargas altas y por consiguiente algún retraso.
- Consumo de chatarra adecuada.

2.2.4. Adición de cal.

Los criterios que determinan la adición de cal en las cargas son los siguientes:

2.2.4.1. Tipo de acero a producir: hay tipos de acero que tienen altos porcentajes de fósforo y azufre; así como otros aceros estos elementos definitivamente les restan propiedades. Para estos últimos es necesario que la eliminación de elementos perjudiciales (P y S) se haga durante el proceso de fusión para que el afino sea mas corto. El método más recomendado, es adicionar la cal necesaria repartida en las cargas para formar los compuestos químicos en los cuales va el elemento que se requiere eliminar.

2.2.4.2. Tiempo de proceso: cuando el tiempo de afino es muy corto, el ataque por erosión en el refractario es muy poco. Pero en otros casos este tiempo aumenta, ya sea por el tipo de acero o por el proceso metalúrgico; así se justifica la adición de cal en la solera antes de realizar la primera carga, para reponer y/o evitar la erosión mencionada sin provocar la formación de pisos falsos.

2.2.4.3. Efectos de la composición química sobre el refractario: hay tipos de cargas que tienen elementos químicos en un porcentaje alto que al combinarse con el oxígeno, forman compuestos de carácter ácido. Estos llegan a ser perjudiciales al horno, por el carácter básico del refractario con el cual está revestido. El ataque se puede evitar adicionando cal (CaO) que es un compuesto básico que neutraliza la acidez de los óxidos nombrados anteriormente. La adición del compuesto básico, se hace desde el inicio de la fusión de

la carga y tanto la cantidad como la distribución de la cal, estarán en función del diseño de la carga.

2.3. Carga y fusión de la chatarra.

2.3.1. Carga.

Con respecto a la carga de la chatarra se deben tener en cuenta dos aspectos importantes: la distribución y de la chatarra en el horno y la altura de la carga.

Acerca de la distribución de la chatarra en el horno, se debe decir que si la chatarra se prepara en la cesta en tramos de alta densidad, ésta dañará el crisol cuando se descargue en el horno. Además la chatarra densa debe quedar sobre un colchón de chatarra ligera, así no se daña el piso del horno ni se rompen los electrodos cuando hay caída de la carga. Es necesario que en la parte alta de la carga, haya chatarra de baja densidad que no sean piezas planas grandes, de esta forma se facilita la penetración de los electrodos y se alcanza la máxima potencia en el menor tiempo posible sin dañar el refractario.

La altura máxima de la carga, es la altura del sello entre la bóveda y la cuba del horno, cuando no es así, al establecer el arco en la carga y por la cercanía de éste, se dañaría considerablemente el refractario de la bóveda.

2.3.2. Fusión.

En cuanto a la fusión, se deben indicar tres aspectos fundamentales: la práctica eléctrica, la fusión de la carga y las adiciones correctivas.

La importancia de la práctica eléctrica, radica en tener una operación controlada, buena eficiencia del horno y detectar cualquier anomalía

en la operación. Es necesario establecer lineamientos que satisfagan estas necesidades que deben quedar claramente especificados en una práctica eléctrica. La práctica eléctrica, debe ser elaborada básicamente por el personal que opera el horno y el especialista eléctrico que conoce la operación eléctrica y práctica del horno (ingeniero electricista o electrónico).

Después de elaborada la práctica, debe hacerse un seguimiento y nadie debe alterarla sin previa autorización del responsable o responsables de su cumplimiento; si hay autorización debe anotarse en el reporte de colada la causa de la desviación y la actividad que se realizó. Si por algún motivo fuera necesario cambiar la práctica eléctrica, no debe considerarse la experiencia de una sola persona, sino la de todo el personal involucrado en el logro de resultados en la acería.

En el desarrollo de la práctica eléctrica, se deben considerar varias etapas. La primera es el establecimiento del arco y la penetración de los electrodos en la carga; aquí debe establecerse el nivel de voltaje necesario para lograr el máximo de la energía y penetración de la carga en el menor tiempo posible sin causar daño al refractario. En el punto de fusión se especifica la potencia promedio a que debe trabajar el horno para obtener su máxima eficiencia. Cuando la fusión se acaba y se inicia el afino, se presenta uno de los principales problemas que son los puntos calientes, por esto debe existir un control estricto para usar apropiadamente el voltaje requerido y no dañar el refractario del horno.

El proceso de fusión de la carga, inicia con el establecimiento del arco y la penetración de los electrodos en la carga, esto se realiza seleccionando un TAP o nivel de potencia según la densidad de la chatarra. Posteriormente, se realiza la graduación de los reóstatos que controlan los niveles de corriente en las fases y se conecta el

horno de tal forma que en un paso siguiente los electrodos desciendan para formar el arco. El arco por su intensidad siempre debe estar protegido por la carga, para evitar que irradie hacia el refractario (paredes y bóveda) y que por su acción, se disminuya la vida útil del mismo.

Si el arco esta protegido por la carga, no se disipa el calor hacia las paredes y se aprovecha el arco en un alto porcentaje. La penetración de los electrodos en la chatarra, también juega un papel importante en el proceso de fusión y se ve afectada por varios factores. Desde el punto de vista operacional ésta definida por el tipo de carga, esto es mayor o menor velocidad y desde el punto de vista del equipo, la define el desajuste entre los electrodos, uno penetrara más despacio que los otros.

Por otra parte, cuando se funde el punto de apoyo de la chatarra, esta cae al centro del horno por gravedad; este efecto favorece el proceso porque acelera la fusión al caer la carga en la zona de generación de calor, pero puede generar una rotura de electrodos. En el proceso básico que se describe, se agrega cal para la formación de compuestos cálcicos, de fósforo y azufre, que pasan a la escoria, reduciendo su porcentaje en el baño durante la etapa de refinación. El desescoriado normalmente se hace cuando se hace un recargue o minutos antes de que se termine la fusión [8].

Para el proceso, el factor de potencia es de gran importancia, el cual determina la eficiencia del horno. Se puede determinar el estado de éste parámetro por instrumentos correspondientes o por observaciones visuales del arco. Si se detecta que el factor de potencia no corresponde a la etapa del proceso (arco largo para fundir, arco corto para refinar) se hace el ajuste en la etapa de refinación, por que es la mejor condición por la estabilidad del arco en el baño plano.

Al cargar el horno, frecuentemente queda carga obstruyendo la puerta, si son piezas densas tardan en fundirse ocasionando que la escoria de la fusión se deposite en esa carga y en el delantal del horno. Esto impide observar el interior para comprobar el avance de la fusión y sacar las muestras correspondientes. En este caso, se utilizan dos elementos que son el uso de un empujador o ariete y la inyección de oxígeno con lanzas, ambos a través de la puerta de escoria. El ariete empuja la chatarra hacia el arco cerca de los electrodos donde se encuentra el punto mas caliente de la fusión además de ayudar al descenso de la carga; el uso de las lanzas para inyectar oxígeno permite cortar la chatarra cuando ya se encuentra caliente mejorando el despeje de la puerta además del rendimiento de la fusión.

Se sabe de antemano que entre menor sea el número de operaciones que se realicen durante la refinación, menor es el tiempo consumido para su finalización; las adiciones correctivas son aquellas realizadas durante la fusión preparando el baño para la refinación. Para realizar las acciones correctivas se tiene en cuenta el tipo de chatarra cargada, la condición del refractario, la generación de la escoria espumosa durante la fusión y el análisis de la muestra de entrada. Según sea el caso, se hacen adiciones carburantes u oxidantes; en el primer caso se puede agregar pedazos de electrodos, coque y grafito en polvo; en el segundo, el oxígeno y el mineral de hierro serán una buena opción.

3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1. Verificación y reconocimiento del proceso global de producción.

En la primera etapa de la práctica, se realizará el reconocimiento del proceso global de producción de perfiles en acero, partiendo desde la llegada de la chatarra hasta el embalaje y entrega final de producto.

3.2. Reconocimiento de la operación del horno eléctrico.

El desarrollo de la práctica, se centra principalmente en la operación del horno eléctrico de arco con el que cuenta la empresa, por lo tanto, se hará un reconocimiento de los parámetros de operación, las operaciones que se realizan durante la producción del acero líquido, el estado actual de la preparación de la chatarra entre otros aspectos.

3.3. Definición de labores y trazo del plan de trabajo.

Se hace necesario entonces definir y especificar las labores de forma clara y puntual en el ejercicio del mejoramiento de las condiciones de adición de la chatarra, tanto en la preparación, en el llenado de las cesta y en los recargues del horno.

3.4. Ejecución de las actividades programadas.

Una vez se han definido las actividades a realizar, se llevaran a cabo según el orden especificado acorde la importancia para la empresa, en pro de la mejora de los índices de producción o según se haga

necesario ejecutarlas por la importancia que estas tengan para el proceso productivo mismo.

3.5. Realización de informes.

A medida que se adelante el trabajo, se redactaran informes de avance sobre los resultados o el estado de desarrollo en que se encuentren las actividades en curso. Se elaboraran 3 informes de avance y un informe final.

3.6. Presentación de los resultados e informe final.

Ya finalizada la práctica, se hará una socialización del trabajo realizado y de los resultados obtenidos, tanto en la empresa como en la Universidad Industrial de Santander.

4. RESULTADOS

Las dos primeras actividades planteadas dentro del plan de proyecto de grado, tienden a la verificación y reconocimiento del proceso global de producción que maneja la empresa, además de reconocer el fundamento y los principios de operación del horno eléctrico de arco. Para cumplir estos propósitos se diseñaron planes de trabajo sobre la adición de chatarra al horno, de tal forma que al cumplir con lo propuesto en estos planes, se adquiriera el conocimiento necesario para alcanzar los objetivos planteados.

El primer plan de trabajo se diseñó sobre un sistema de adición de chatarra al horno a través del quinto agujero del mismo, y el segundo plan de trabajo, se trató sobre el manejo de la chatarra para aumentar la productividad.

4.1. Adición de chatarra a través del tobogán.

El sistema de adición de chatarra por tobogán a través del quinto agujero, consistía en cargar un tipo de chatarra llamada menuda por un tobogán cuya alimentación de material se hacía por medio de una banda transportadora. La figura 2, muestra un diagrama de la distribución y funcionamiento general del sistema de tobogán.

La operación del cuerpo del tobogán, se hacía a través de cilindros neumáticos accionados desde una caja de control ubicada junto a la banda. La chatarra era llevada en canecas hasta la plataforma, donde se encontraba la banda, por medio de los puentes grúas disponibles. En este punto, la chatarra se retiraba de forma manual de las canecas y se ubicaba sobre la banda en movimiento. Para efectos de manejo del sistema se trazó un manual para instruir a los

operarios sobre el control de los cilindros neumáticos y sobre las normas de seguridad que deben seguir; este manual se presenta en el Anexo A.

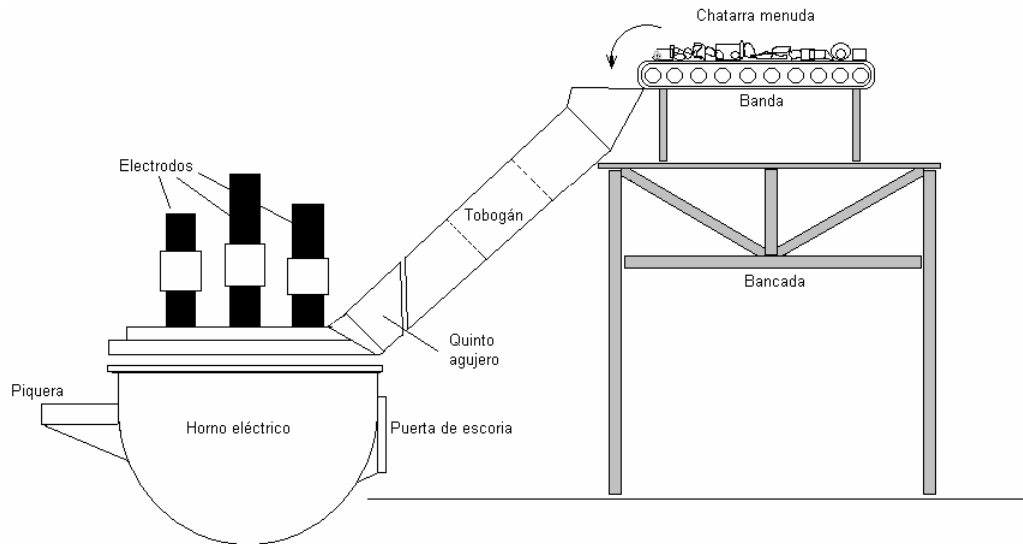


Figura 2. Esquema del horno eléctrico y el tobogán de carga de chatarra; se observa el tobogán en posición de carga de chatarra.

Para aclarar el término chatarra menuda, se debe decir que la empresa maneja varios tipos de chatarra; este tipo en particular se selecciona manualmente de los lotes que llegan a diario en camiones a la planta, la chatarra menuda esta compuesta de piezas de material metálico que presentan alta dureza o que poseen algún tipo de tratamiento térmico y en general son de tamaño pequeño (diámetro máximo de 50 a 60cm).

Otros tipos de chatarra que consume la empresa son las pacas y el prensa-cizallado, elaborados en la presa-cizalla ubicada en la zona de preparación de chatarra de ACASA. Dicho prensa-cizallado se elabora compactando y cortando la chatarra cargada en la prensa cada cierto tiempo de avance del cilindro empujador, así se tiene

prensa-cizallado de diferente numeración, por ejemplo, prensa-cizallado 1.0, 1.2 y 1.4, cuando el pistón ha avanzado durante 1.0, 1.2 y 1.4 segundos respectivamente [6].

También se tiene chatarra llamada PROMATIN, la cual es chatarra con forma de pacas que se compra directamente a una empresa de este nombre. Otros tipos de chatarra que se conocieron, son el llamado oxicorte, el cual, como su nombre lo indica, es el resultado de aplicar corte con oxi-acetileno a láminas y en general a piezas de chatarra muy grandes que no se pueden cargar a la prensa-cizalla; la chatarra ACESCO, proveniente de la empresa con el mismo nombre, tiene las cualidades de ser muy limpia y de generar buenos cargues y por último la chatarra especial HERRAGRO, que al igual que la anterior, se denomina por la empresa que la produce y tiene las mismas características de peso y limpieza.

Antes de iniciar los ensayos con el sistema fue necesario reconocer, en si, la forma en que se carga la chatarra al horno. Este evento consiste en llenar cestas con la chatarra, a un volumen específico según sea el primer cargue o un cargue intermedio, luego detener el arco y destapar el horno, después ubicar la cesta sobre el crisol y abrirla para llenar el horno con la chatarra. Finalmente se cierra la tapa y se enciende el arco eléctrico [7].

En el desarrollo de los ensayos para determinar la eficiencia y conveniencia del uso del sistema de carga de chatarra por el tobogán a través del quinto agujero, se registraron datos como peso de las cargas con cesta, los tiempos de cargue, las cantidades de chatarra adicionadas por el tobogán y el tiempo consumido en dicho evento, los tiempos de fusión de los cargues en el horno y los tiempos de duración de algunos eventos como el tiempo de acción de las lanzas de oxígeno y del empujador. Algunos de estos datos se

graficaron para determinar su tendencia y la efectividad del proceso en si (gráficas A2 y A3).

Antes de realizar los ensayos se esperaba disminuir tanto un cargue en cada colada como los tiempos de fusión, los resultados demostraron que en las condiciones en que se trabajó el sistema, era difícil conseguir cargar la cantidad equivalente a un cargue con cesta por el tobogán (esto es 2000 kg. aproximadamente), pero se vio la influencia positiva del uso del tobogán sobre las velocidades de fusión, disminuyendo ésta, en algunos casos, hasta en 0.5 min/t en el primer cargue (Ver gráficas en anexo A.).

Este comportamiento no se evidenció en el cuarto cargue, debido principalmente a que fueron pocos los ensayos que se realizaron y a los tiempos cortos de fusión. Además, se observó en las curvas, que el tiempo de fusión se incrementaba a medida que se incrementaba la cantidad cargada, lo cual era de esperarse, pero según se notó, hay algunos puntos mínimos que indican el máximo cargue con el mínimo tiempo de fusión, que como ejemplo, para el caso del primer cargue estaría entre 5700 y 5800 kg. Estos puntos críticos pudieron ser explotados en pro de optimizar el proceso de fusión de la chatarra. En general, se muestran resultados favorables sobre la utilización del tobogán en los tres primeros cargues, como se ilustra en las figuras.

Esto significó, que se podían mejorar las velocidades de fusión siempre y cuando se mejoraran algunos aspectos en la organización del sistema de carga por el tobogán, tales como la logística en la coordinación de las grúas, la preparación de la chatarra en las canecas, la mejora en la velocidad de avance de la banda transportadora, la incorporación de un malacate para descargar el material sobre la banda y el entrenamiento del personal a cargo de

la operación para lo cual ya se ha realizado la segunda versión del instructivo de operación del sistema de tobogán.

Con los resultados obtenidos con estos ensayos, se definió que el sistema de carga con tobogán no era viable con el tipo de chatarra disponible a pesar de que se hubieran implementado las mejoras propuestas, por lo cual se decidió desmontar la estructura y cerrar el quinto agujero.

4.2. Manejo de la chatarra para aumentar la productividad.

El segundo plan de trabajo contenía dos partes, que se enumeran a continuación:

1. Con las hojas de marcha, se tabularon los siguientes datos desde el mes de octubre:
 - Porcentaje de carbono de entrada, para las coladas de tipo A36 y A572.
 - Peso del primer cargue.
 - Peso del segundo cargue.
 - Tiempo de traslado de la cuchara.
 - Tiempo de afino.
 - Temperatura de vaciado.
 - Temperatura de llegada a la máquina de colada continua.
2. De la misma manera se hicieron ensayos con diferentes diámetros de lanzas de oxígeno, para corte de chatarra en fusión y oxidación del baño en afino.

La finalidad de estas partes, se definió a través de los siguientes objetivos:

- Lograr que el porcentaje de carbono de entrada se ubique en el rango de 0.15 a 0.25%. Se requiere hacer un histograma de los datos tabulados y analizar los resultados.

- Controlar el peso de los cargues de tal forma que entre los dos primeros se llegue a 12 toneladas por colada. Para esto se requiere calcular la media aritmética de los valores del mes de octubre y noviembre. Se requiere realizar la logística del corte del despunte generado en laminación, comprendido esto como el retiro del material, recepción en acería, preparación para el cargue y almacenamiento.
- Disminuir el tiempo de alistamiento de la máquina de colada continua, para esto se calcula la media aritmética de los valores del mes de octubre y noviembre, de tal forma que, en primer lugar, se pueda reducir al máximo este valor, luego, se disminuyan las pérdidas de calor y finalmente se pueda vaciar el acero líquido a una temperatura menor.
- Al analizar los datos de temperatura de vaciado y de llegada a la máquina de colada continua, se deben encontrar las condiciones para minimizar el valor de temperatura al cual debe salir la colada del horno.

Una vez definidos los objetivos y las actividades a realizar, se generó un plan de acción para lograr que la ejecución de las tareas y el cumplimiento de los objetivos planteados, tuvieran una repercusión directa sobre la producción.

Este plan de acción consistió en lo siguiente:

1. Realizar una correlación entre el porcentaje de carbono de entrada y el tiempo de afino de las coladas, para encontrar el rango de valores del porcentaje de carbono que minimice el tiempo de afino de las coladas.
2. Definir metas para este mes, tanto en el porcentaje de coladas en el rango descrito anteriormente como para los pesos de los dos primeros cargues y el tiempo de alistamiento de las cucharas.

3. Definir otras acciones para disminuir la temperatura promedio de vaciado.
4. Definir el plan de acción para disminuir el tiempo promedio de traslado. Reunir a los operarios de la válvula deslizante para garantizar que la información registrada sea real.
5. Para garantizar que la colada llegue a la máquina de colada continua en el rango definido de temperatura (1600-1620°C o según tipo de acero a fabricar, ver norma) se deben considerar las siguientes variables adicionales:
 - Temperatura de la cuchara al descenderla del quemador.
 - Tiempo de traslado de la cuchara.
 - Temperatura de vaciado.
 - Diámetro del agujero de vaciado, que debe tener un mínimo de 6 pulgadas.
 - Pérdidas de tiempo durante el vaciado, definiendo la composición química (cuando se empieza el vaciado debe estar definida la composición química).
 - Agitación con Argón.
7. Considerar la solución para la toma de temperatura errónea en el horno, esto debido al gran espesor de la escoria espumosa que impide la penetración correcta hasta el baño.

Los resultados conseguidos a través del cumplimiento del plan de acción y de la ejecución de las tareas asignadas en la programación de trabajo, se exponen a continuación.

Se realizó la tabulación de los datos encontrados en las hojas de marcha a fin de calcular los valores medios. Las gráficas se presentan en el Anexo B. Los valores medios se muestran en la tabla 2 y fueron:

	%C de entrada	Peso del 1 ^{er} cargue (kg)	Peso del 2 ^o cargue (kg)	Total 1 ^{er} y 2 ^o cargue (kg)	Tiempo de traslado (min)
Octubre	0.194	5232.36	3458.70	8691.10	11.45
Noviembre	0.221	5359.93	3680.17	9040.10	11.18

Tabla 2. Valores medios del %C de entrada, del primer y segundo cargue del horno, el peso combinado y el tiempo de traslado calculado; el tiempo de traslado se refiere al tiempo transcurrido entre el momento de desmontar la cuchara del quemador hasta el momento del vaciado del horno a la cuchara.

A partir de estos resultados se trazaron las siguientes metas, resumidas en la tabla 3:

%Carbono de entrada	Peso del 1 ^{er} cargue (kg)	Peso del 2 ^o cargue (kg)	Total 1 ^{er} y 2 ^o cargue (kg)	Tiempo de traslado (min)
0.15 - 0.25	7000	5000	12000	8

Tabla 3. Valores definidos como ideales y establecidos como metas próximas para los parámetros de funcionamiento del horno a partir de los resultados obtenidos del análisis de los datos registrados y tabulados.

Los valores que se estipularon como metas para el primer y segundo cargue y para el tiempo de alistamiento, se derivaron tanto de los valores encontrados a través de la tabulación como de los objetivos trazados.

El valor del rango de carbono de entrada se dedujo a partir de la correlación de los datos tabulados del porcentaje de carbono y del tiempo de afino de los meses de octubre y noviembre que se

encuentran en el Anexo B3 (gráfica %Carbono vs. tiempo de afino para los meses de octubre y noviembre).

En esta figura, se puede ver como los menores valores del tiempo de afino se hallaron entre 0.07 y 0.31% de carbono para el mes de noviembre y entre 0.04 y 0.45% para el mes de octubre, y a partir del ajuste las variables, se determinó que los valores mínimos del tiempo de afino fueron de 23.02 minutos para el mes de octubre y de 24.09 minutos para el mes de noviembre, correspondientes estos a 0.14 y 0.18% de carbono respectivamente.

Además se muestra en la gráfica comparativa de valores porcentuales (ver Anexo B4, gráfica tiempo de afino porcentual octubre - noviembre) que solo entre el 20 y el 28% de las coladas tabuladas, se encontraron en el rango de valores de tiempo de afino correspondiente a los porcentajes de carbono trazados como metas.

Estos valores de meta enunciados anteriormente, se escalaron en magnitud, es decir, la meta final fue la planteada pero se dosificaron las cantidades, como se muestra en la tabla 4, generando metas a corto plazo de la siguiente forma:

	%Carbono de entrada	Peso del 1 ^{er} cargue (kg)	Peso del 2 ^o cargue (kg)	Total 1 ^{er} y 2 ^o cargue (kg)	Tiempo de traslado (min)
Octubre	0.194	5232.36	3458.70	8691.10	11.45
Primera mitad de Noviembre	0.221	5359.93	3680.17	9040.10	11.18
Fin de Noviembre	0.20	6000	4200	10200	10
Diciembre	0.15	6500	4500	11000	9
Enero	0.10	7000	5000	12000	8

Tabla 4. Metas de los valores de trazadas para el %C de entrada, peso del 1º cargue, peso del 2º cargue, total 1º y 2º cargue y el tiempo de traslado para los meses siguientes, se nota el aumento parcial en cada lapso de tiempo con el fin de evitar traumatismos en los procesos y garantizar su cumplimiento a futuro.

Con base a las observaciones hechas con anterioridad y teniendo en cuenta el plan de acción, se propusieron dos procedimientos para realizar el proceso de cizallado de la chatarra, estos se enumeran a continuación, pero sus resultados se discutirán mas adelante:

Procedimiento #1. Almacenamiento en módulo de ACESCO

1. Llegada del despunte al descargadero.
2. Llenado de las cocas en el mismo descargadero.
3. Traslado de las cocas con el despunte hasta la cizalla.
4. Corte del despunte en la cizalla.
5. Retorno del cizallado y descargue en el módulo de ACESCO.

Procedimiento #2. Dividir en dos el módulo para chatarra fragmentada

1. Llegada del despunte al módulo dividido.
2. Llenado de las cocas en el descargadero.
3. Traslado de las cocas con el despunte hasta la cizalla.
4. Corte del despunte en la cizalla.
5. Retorno del cizallado y descargue en el módulo dividido.

Dentro de estos dos procedimientos se definieron funciones y responsables para el proceso de cizallado del despunte (tabla 5), estos son:

Funciones	Responsable (s)
Trasladar despunte desde laminación.	Conductor volqueta. Operarios de laminación.
Ubicación en descargaderos o módulos.	Operarios puente grúa.
Traslado de despunte para corte a la cizalla.	Operarios puente grúa. Operario (s) de la cizalla.
Corte del despunte.	Operario (s) de la cizalla.
Almacenamiento en módulo correspondiente.	Operarios puente grúa. Operario (s) de la cizalla.

Tabla 5. Cuadro de funciones y responsables en el proceso de cizallado del despunte proveniente del área de laminación, los responsables de cada función variarían según haya disponibilidad de equipo y personal.

Continuando con el numeral 2 del plan de trabajo, se hicieron ensayos con diferentes diámetros de lanzas de oxígeno para corte de chatarra en fusión y oxidación del baño en afino. Antes de realizar las pruebas, se utilizaban dos lanzas de ½ pulgada de diámetro cada una y se mantenía una tercera línea de oxígeno con manguera para lanza de este mismo diámetro. A la presentación de este informe, se realizaron pruebas con lanzas de inyección de oxígeno con diámetro de ¾ de pulgada. Los dos resultados principales a este diámetro fueron los siguientes:

- Mayor rendimiento en el corte de chatarra en la etapa de fusión de la chatarra.

- Mayor rendimiento en el afino, en los casos donde fue necesario oxidar el baño para ajustar la composición química.

A partir de estos resultados se sugirió mantener una sola lanza de $\frac{3}{4}$ de pulgada en el proceso, mientras se aclaraban las dudas sobre el consumo de oxígeno y de tubería para este tipo de lanza.

4.3. Desempeño del material de chatarra y despunte que se genera en el área de laminación de la empresa.

El sentido de modificar algún tipo de chatarra, era buscar la forma de aumentar la densidad de la chatarra cargada a las cestas. Es por esto que se sugirió al jefe de producción de la acería, procesar la chatarra proveniente de laminación ya que esta tiene características valiosas como es su limpieza, el conocimiento exacto de su composición química y la posibilidad de tener una cantidad constante de material en los módulos de cargue.

Antes de continuar se debe hacer claridad entre los términos despunte y chatarra de laminación. El material de despunte se genera a partir del ajuste de los tramos de ángulo que se fabrican en la planta; estos despuntes pueden tener longitudes entre 15 y 90cm; así que la operación a efectuar sobre esta chatarra es la disminución de su longitud a un máximo de 30cm.

Por otra parte el material de chatarra, es un material que no cumple especificaciones técnicas estipuladas en las normas bajo las cuales se rige la producción de perfilaría en la empresa, por lo tanto este material es cortado y llevado a los módulos de chatarra para su recirculación. Un lote de perfiles puede chatarreararse por no cumplir con las dimensiones especificadas para el cual fue fabricado, o por no cumplir con los estándares establecidos para la composición química, por tener propiedades mecánicas insuficientes, por ejemplo

la resistencia última a la tracción o por poseer defectos metalúrgicos tales como grietas y porosidades.

El material de despunte y el chatarreado, se almacena en contenedores los cuales son cargados por medio de puentes grúas a volquetas que llevan la chatarra hasta los módulos de la acería donde son descargados posteriormente.

Antes de comenzar con el proceso de corte de la chatarra fue necesario adecuar y ubicar la cizalla, esta se encontraba fuera de servicio por lo cual se trabajó con los encargados de mantenimiento mecánico y mantenimiento eléctrico de la acería. Una vez puesta a punto la máquina, se trasladó hasta el lugar designado para su ubicación. El lugar donde se decidió montar la máquina, fue analizado teniendo en cuenta la seguridad de los operarios de la cizalla y la eficiencia del proceso mismo de modificación de la chatarra. En este punto se hizo necesario definir el procedimiento a establecer para la realización de los ensayos con esta chatarra; la llegada de la chatarra fragmentada importada para comienzos del mes de diciembre permitió tomar la decisión de aplicar el procedimiento #1 que consistía en el almacenamiento de la chatarra ya procesada en módulo de dispuesto para la chatarra ACESCO.

Una vez instalada la máquina y definido el procedimiento a seguir, se realizó la capacitación del personal en lo relacionado con la operación correcta de la máquina y con las normas de seguridad a observar durante el proceso. Por lo anterior se decidió elaborar un instructivo sobre el manejo del sistema de modificación de chatarra con cizalla, el cual se consigna en el Anexo C1.

Se consultó con el jefe de producción de laminación la cantidad diaria de material de chatarra y a partir de este dato se realizaron cálculos sobre la producción que se obtendría del proceso de cizallado. La cantidad de chatarra generada diariamente fue, para el

mes de noviembre, de 8 a 10 toneladas de material. Luego se realizaron ensayos para cuantificar la cantidad de chatarra que podía procesar un operario, obteniendo como resultado que un solo operario seleccionando y clasificando la chatarra pudo procesar entre 450 y 500 kg/h.

Posteriormente se hicieron pruebas con dos operarios, llegando a una producción de 900 a 1000 kg/h. Ahora con una cantidad promedio de chatarra disponible de 8 t/día se llegó a concluir que un solo operario requeriría entre 16 y 18 h/día para procesar toda la chatarra, lo cual equivale a dos turnos de 8 horas, y que si se colocara a trabajar dos operarios el procesamiento de las 8 t/día, solo requeriría de 8 a 9 h/día, eso es equivalente a 1 turno de 8 horas. Por otra parte se determinó que si se mantuviera un promedio de 14 coladas/día, se podría cargar al horno una cantidad de material entre 580 y 700 kg/colada.

Una vez se identificaron las condiciones en que trabajaría la cizalla, se comenzó a procesar el despunte ocupando para ello un solo operario en dos turnos. Al mismo tiempo se identificó como se estaba realizando el llenado de las cestas de cargue, y se notó que este procedimiento estaba influenciado, principalmente, por factores como: la disponibilidad de los diferentes tipos de chatarra, del estado en que se encuentren los puente grúas encargados de realizar los cargues, el tipo de acero a fabricar y el estado del material refractario del horno.

El resultado final del uso del material cizallado sobre el peso de los cargues y sobre los parámetros de operación del horno, fue el siguiente:

- Se consiguió elevar el peso de los cargues en los cuales se utilizó despunte cizallado, comparando un cargue realizado con

los mismos tipos y cantidades de chatarra y a un mismo volumen de llenado de cesta.

- Se redujo el tiempo total de cargue por colada, al mejorar los pesos de los recargues cuando se utilizó una cantidad de chatarra procesada mayor a la que se presupuestó para cada colada.
- El resultado del cargue de este tipo de chatarra sobre parámetros tales como la velocidad y el tiempo de fusión, no fue suficientemente notorio como para ser cuantificable.

4.3.1. Cargue de chatarra al horno.

A partir de las observaciones hechas anteriormente y de los datos consignados en las hojas de marcha, se hizo un acercamiento para calificar la influencia que tienen el tipo, tamaño, forma y composición de la chatarra que se carga al horno sobre parámetros de operación del mismo, tales como el consumo de energía, la velocidad y tiempo de fusión de la chatarra.

Sobre lo anterior, es necesario hacer varias aclaraciones y apreciaciones sobre términos, elementos y datos relacionados con el cargue de chatarra al horno. Primero las hojas de marcha son documentos llenados para cada colada, en los cuales se consignan los datos de tiempos de fusión, de cargue, de afinó, consumo de energía y de materias primas, cantidad de chatarra cargada en cada recargue y otros datos necesarios para el control de los parámetros e índices involucrados en el proceso de producción de acero líquido.

Es válido recordar que la empresa consume varios tipos de chatarra, que son: la chatarra menuda, compuesta de piezas de material metálico de alta dureza y de tamaño pequeño; las pacas y el prensa-cizallado elaborados en ACASA, compactando material liviano y de

baja densidad; la chatarra PROMATIN con forma de pacas que se compra directamente a una empresa de este nombre; el oxicorte que es el resultado de aplicar corte con oxi-acetileno a láminas y a piezas grandes; la chatarra ACESCO, proveniente de la empresa con el mismo nombre, es un material de alta densidad y por último la chatarra especial HERRAGRO, que es el retal del proceso de fabricación de herramientas agrícolas, siendo un material de baja densidad.

Se hace referencia a la densidad como densidad volumétrica de la chatarra que se carga a las cestas de cargue del horno, por tanto este parámetro es fundamental a la hora de hablar de los pesos conseguidos en cada cargue. A continuación se muestra en la tabla 6, las densidades de los diferentes tipos de chatarra.

TIPO DE CHATARRA	DENSIDAD (t / m ³)	OBSERVACIONES
P-cizallado 1.0 (con prensachapa)	0.62-0.65	Oscila entre estos valores.
P-cizallado 1.2 (con prensachapa)	0.55-0.57	Oscila entre estos valores.
P-cizallado 1.4 (con prensachapa)	0.48-0.52	Oscila entre estos valores.
P-cizallado 1.6 (con prensachapa)	0.42-0.48	Oscila entre estos valores.
P-cizallado 1.0 (sin prensachapa)	0.48-0.50	En cesta sin pisar.
	0.53-0.55	En cesta pisando.
P-cizallado 1.2 (sin prensachapa)	0.44-0.46	En cesta sin pisar.
	0.49-0.52	En cesta pisando.

Pacas (lata)	0,71	Densidad volumétrica.
Pacas (pipas)	0,71	Densidad volumétrica.
Menuda	0,54	-----
Oxicorte Preparado	0.5-0.7	Variado.

Tabla 6. Densidad de los diferentes tipos de chatarra, la prensachapa es un dispositivo que se antepone a la cuchilla de corte de la cizalla para aumenta el grado de compactación.

También se observó la forma de llenar las cestas, dependiendo del número de cargue que se estaba realizando. Con relación a lo anterior, cabe resaltar que para el mes de noviembre, el promedio de recargues del horno fue de 6.71 recargues/colada y el promedio de chatarra cargada al horno durante este mismo mes, fue de 20859.48 kg/colada.

Para simplificar los resultados observados, se presenta en la tabla 7 la forma de realizar los cargues teniendo en cuenta el porcentaje de llenado de las cestas, esto es:

No. de recargue	% Llenado de cesta
1	100
2	70 – 80
3	50 – 60
4	30 – 50
5 – 8 *	30

Tabla 7. Porcentaje de llenado de las cestas según el número de recargue del horno; los porcentajes varían según el tipo de chatarra disponible.

* La fabricación de los recargos 7 y 8 depende de la calidad de la chatarra.

Al hablar del llenado de las cestas, hay que decir en que orden realizan estos procedimientos en cuanto a la cantidad y posición de los tipos de chatarra que componen cada cargue. La realización de los cargues sigue un orden establecido que es conocido por los operarios de los puente grúas encargados de estas labores, el orden y las cantidades están subordinados, como se mencionó anteriormente, a la disponibilidad de todos los tipos de chatarra en los módulos de almacenamiento de la acería; en la tabla 8, se condensa los contenidos de los tipos de chatarra en cada uno de los recargues.

No. de recargue.	Componentes (Tipo de chatarra)	Cantidad (Modo de cargue)
1	Menuda	2 – 3 imantadas**
	Pacas	6 – 10 pacas
	Despunte	2 imantadas
	Prensa – cizallado	2 – 3 imantadas
	Oxicorte	2 – 3 imantadas
	HERRAGRO	1 imantada
	PROMATIN	2 – 3 pacas
2	Menuda	2 – 3 imantadas
	Pacas	4 – 5 pacas
	Despunte	2 imantada
	Prensa – cizallado	1 – 2 imantadas
	Oxicorte	1 - 2 imantadas
	HERRAGRO	1 imantada
	PROMATIN	1 – 2 pacas
3	Menuda	1 – 2 imantadas
	Pacas	3 – 4 pacas
	Despunte	1 imantada
	Prensa – cizallado	1 – 2 imantadas
	Oxicorte	0 – 1 imantada
	HERRAGRO	0 – 1 imantada
	PROMATIN	0 – 1 paca

4 – 8 *	Menuda	1 – 2 imantadas
	Pacas	3 – 4 pacas
	Despunte	0 – 1 imantada
	Prensa – cizallado	1 – 2 imantada
	Oxicorte	0 – 1 imantada
	HERRAGRO	0 – 1 imantada
	PROMATIN	0 – 1 paca

Tabla 8. Distribución de los tipos de chatarra para cada uno de los recargues, las cantidades se refieren a la forma en que cada tipo de chatarra es cargada en las cestas.

* La chatarra para estos cargues es la misma, el peso conseguido fluctúa debido a la naturaleza variable de cada tipo de chatarra.

** Una imanada equivale 500 – 1000 kg de chatarra según el tipo y según el puente grúa con el que se realice la preparación del cargue.

Como se mencionó anteriormente, la preparación de un cargue depende de las cantidades de chatarra con las que se disponga, la distribución de los tipos de chatarra que se muestra en la tabla 7 puede variar dentro de los rangos señalados. Los factores que modifican estos valores, se anotaron anteriormente y se retoman a continuación de la misma manera haciendo referencia a los efectos que tienen estos mismos factores, sobre la operación del horno.

4.3.1.1. La densidad de la chatarra: cuando esta propiedad tiene valores mas bajos, los pesos de los recargues caen y es necesarios aumentar el número de recargues y aumentar el volumen de llenado de las cestas. Al cargar chatarra con baja densidad, el tiempo de fusión se eleva debido al descenso lento de esta chatarra hacia el baño líquido y a la tendencia de la chatarra a pegarse a las paredes del horno. Al verse afectado el tiempo de fusión, también se afectan la velocidad de fusión, el consumo de oxígeno para el corte de la chatarra y el consumo de energía eléctrica para la fusión,

afectándose estos últimos de la misma manera que el tiempo de fusión.

4.3.1.2. La cantidad de tierra en la chatarra: cuando se realiza un cargue con chatarra que tenga tierra, se descuenta una cantidad de peso al valor que indica la báscula, este descuento se realiza de forma visual; por lo tanto cuando la chatarra contiene tierra, el peso total de la chatarra cargada para la colada es menor al peso total que marca la báscula. Las repercusiones sobre la producción, se centran sobre la disminución del porcentaje de rendimiento metálico de la chatarra, debido a que este relaciona el peso de la chatarra cargada al horno con el peso de las palanquillas, obtenidos ambos pesos para una misma colada.

Por otra parte el contenido de tierra en la chatarra afecta directamente el estado del material refractario, atacándolo debido a la presencia de la sílice (SiO_2) que reacciona con los óxidos que componen las masas refractarias, produciendo silicatos que pasan a la escoria. Este proceso tiene como resultado claro, el aumento de la escoria generada, y por consiguiente un mayor consumo de material escoriante, además de requerir más tiempo para su evacuación fuera del área del horno.

Con relación a la evacuación de la escoria del horno, se aclara que esta operación se realiza basculando el horno hacia la puerta de escoria, luego se extrae la escoria (que se separa del baño líquido gracias a la diferencia entre sus densidades) que cae a un cubo ubicado en un foso justo debajo de la puerta. Se genera de 1.5 a 2 toneladas de escoria por colada en condiciones normales de operación. El cubo de escoria anteriormente nombrado, se vacía en cada tercer cargue, sacándolo del foso con la ayuda de los puente grúas y se tira la escoria en un patio destinado para esta operación.

4.3.1.3. La disponibilidad de los diferentes tipos de chatarra: la falta de uno de los tipos de chatarra, hace que se tengan que cargar cantidades mayores de otro tipo de chatarra de características similares. Los tipos de chatarra con características similares son: la menuda, el prensa-cizallado y la chatarra HERRAGRO. Cuando hay carencia de alguna de estas se reemplaza así: se inicia y se finaliza cada cargue con chatarra menuda, si no hay se reemplaza esta con chatarra HERRAGRO. El prensa-cizallado se usa una o dos veces en cargue según el número de recargue que se prepare (tabla 8), si no hay se puede remplazar, en este caso, con chatarra menuda.

El efecto de estas variaciones en general, son cargues de menor peso que el esperado y una menor densidad de la chatarra en la cesta con los efectos que trae consigo la disminución de este parámetro, que se expusieron arriba.

4.3.1.4. El estado en que se encuentren los puentes grúas encargados de realizar los cargues: el área de acería cuenta con dos puente grúas con electroimanes para realizar el llenado de las cestas. Cada una, cuenta con características particulares en cuanto a velocidades de traslación y de movimiento del imán particular, tanto como electroimanes de diferente diámetro y diferente capacidad de carga. La utilizada para preparar los cargues es la de mayor capacidad, con un electroimán de 2 m aproximadamente. Con esta grúa, 1 imantada de chatarra puede pesar de 500 a 1000 kg dependiendo del tipo de chatarra; el electroimán del otro puente grúa carga aproximadamente la mitad del peso. Es por esto, que si la grúa principal esta fuera de servicio por alguna razón, el tiempo de preparación de los cargues se incrementa.

Ahora, si por alguna razón se encuentran los dos puente grúas fuera de servicio, se cuenta con la opción de hacer los cargues con retroexcavadoras. Aquí el inconveniente, es que el pulpo o la almeja

que tenga acoplada la retroexcavadora no puede tomar todos los tipos de chatarra de la misma manera que el electroimán del puente grúa. Por otra parte el operario de la retroexcavadora no posee las mismas condiciones (entrenamiento, visibilidad, etc.) para ubicar la chatarra dentro de la cesta, es por esto que los cargues preparados con la retroexcavadora tienen comúnmente menor peso que los hechos con el puente grúa.

4.3.1.5. El tipo de acero a fabricar: Acerías de Caldas S.A. fabrica aceros bajo las normas ASTM A-36, ASTM A-572, ASTM A-242, ASTM A-588, AISI 1016, AISI 1035, AISI 1045 y AISI 1060. La fabricación de cada tipo de acero esta regida bajo estándares de calidad, que exigen entre otras características una composición química específica y propiedades mecánicas definidas.

Por lo anterior la fabricación de algunos de estos aceros (como los AISI 1016, AISI 1035, AISI 1045 y AISI 1060) requieren que los porcentajes de elementos residuales (entre estos Cr, Ni, Ti, S, P, etc.) sean muy bajos. Estos elementos pueden provenir de fuentes como algunos tipos de chatarra y de la tierra misma. A causa de lo anterior, la chatarra de cualquier tipo que aporte elemento residuales en cantidades altas, debe ser dividido en pequeños tamaños para ser cargado, o en casos especiales como la fabricación de aceros AISI, ser separado y no cargarse.

4.3.1.6. El estado del material refractario del horno: durante la operación normal de la acería se programan paradas para mantenimiento. Durante estas paradas se inspecciona el estado del material refractario de las paredes y de la solera del horno. Comúnmente se hace un cambio de ladrillos refractarios y se aplica material refractario a la solera y a las paredes del horno.

El resultado de lo anterior, es que el volumen interno del horno disminuye, no pudiendo cargarse la misma cantidad de chatarra

como cuando el material refractario esta desgastado, adicionalmente se reduce el porcentaje de llenado de las cestas de los dos primeros cargues entre un 10 y un 20% y entre un 5 y un 10% el de los cargues siguientes.

4.4. Máquina de proyección de antracita.

Al trabajar con la chatarra, se tiene contacto directo con la operación del horno eléctrico y todos los elementos que están involucrados en los procesos que se desarrollan allí. Uno de estos procesos es la formación de la escoria espumosa para el cual la acería cuenta con una maquina de proyección de antracita fabricada por el personal de ingenieros de la planta. Esta maquina presentaba inconvenientes en su operación por lo cual se decidió hacerle un seguimiento para identificar su causa. El resultado de este seguimiento se consigna en el Anexo C2; a partir de estas observaciones y como se anota al final del informe, las fallas comunes fueron la obstrucción de la válvula de descarga y el daño en la manguera de descarga hacia el horno.

Al realizar una inspección mas minuciosa se encontró que la compuerta de la válvula de descarga se obstruía debido a que un codo de mezcla acoplado a ella, se llenaba y le impedía a la compuerta girar libremente; este codo de mezcla tiene como función inyectarle aire a la antracita a través de un tubo que tenia una longitud de 2 ½ pulgadas y ½ pulgada de diámetro interno. Se determinó que esta longitud era exagerada por tanto que obstruía la caída de la antracita sobre el chorro de aire inyectado. La medida correctiva tomada fue recortar el tubo a 1 pulgada con lo cual se permitió el funcionamiento normal de la máquina.

4.5. Chatarra fragmentada

Se inició el trabajo con la chatarra fragmentada trazando unos objetivos específicos que permitirían identificar los puntos clave del uso de este tipo de material; dichos objetivos fueron:

- Mejorar el peso de los cargues, en especial del primer y segundo cargue, a través de la adición de un porcentaje de chatarra fragmentada.
- Determinar la posibilidad de disminuir la cantidad de recargues del horno en al menos un cargue.
- Identificar la mejor ubicación para agregar la chatarra fragmentada en la práctica de llenado de cestas.

Con estos propósitos en la mira se comenzó el trabajo realizando una inspección del estado en que se encontraba la chatarra a utilizar junto a la chatarra fragmentada. Los resultados de estas observaciones preliminares fueron:

- Sobre la calidad de la chatarra se debe anotar la homogeneidad en gran parte de los lotes que se reciben en los módulos de almacenamiento, pero esta cualidad se ve opacada por piezas de tamaño superior a la mayoría de la chatarra tales como rines, varillas, y otros, además de una gran cantidad de tierra
- La práctica de llenado de cesta depende del tipo de chatarra y su disponibilidad en los módulos de cargue y del buen funcionamiento de las grúas 1 y 1A, se reconoce la influencia directa de la disponibilidad de la grúa 1A para la realización de los cargues siendo esta la encargada permanente de realizar los cargues.
- La determinación de porcentajes en peso precisos de chatarra fragmentada, tanto en cada cargue como por colada, se dificulta

por la variación que presentan estas cantidades en el transcurso del proceso.

- Las paradas no programadas y los fallos en el sistema eléctrico del horno repercuten sobre los parámetros que se observan en los ensayos y pueden dificultar la medición de los resultados.

Una vez realizadas estas observaciones se planteó una metodología para la realización de los ensayos. Los ensayos se realizaron buscando determinar, principalmente, el porcentaje óptimo de chatarra fragmentada que se debe utilizar por colada y por cargue, para lo cual se realizaron ensayos cargando 15, 20 y 30% de chatarra fragmentada del peso total por colada, sin sobrepasar el 40% de chatarra fragmentada en el cargue de cada cesta.

La adición de la chatarra a la cesta se hizo a través de los imanes de las grúas 1 y 1A de la acería, haciéndose necesario conocer, en primera instancia, el peso de una imanada de cada una de las grúas. Como se anotó en informes anteriores cada electroimán tiene capacidad diferente para cargar chatarra, en este caso el peso de una imanada para la chatarra fragmentada estuvo en 700 kg en promedio para el puente grúa 1A y de 350 kg en promedio para el puente grúa 1.

El diseño experimental de los ensayos realizados se consigna en la tabla 9 y es el siguiente:

% Chatarra fragmentada	Número de ensayos
15	3
20	3
30	3
40	3
TOTAL	12

Tabla 9. Diseño de experimentos para el uso de chatarra fragmentada. Los porcentajes se refieren al porcentaje de chatarra fragmentada respecto del total del peso de la chatarra cargada.

Las variables que se controlaron fueron:

- Peso total por colada
- Peso por cargues
- Velocidad de fusión
- Número de cargues por colada

Adicionalmente se registraron datos de otras variables como:

- Porcentaje de carbono de entrada.
- Tiempo de afino.
- Oxígeno consumido.
- Potencia consumida.

Los resultados obtenidos de los ensayos se presentan en forma de tablas y gráficas que se adjuntan en el Anexo D. Se realizaron los ensayos tratando de seguir lo mas cerca posible diseño experimental trazado en la metodología, pero como se observó antes de comenzar con las pruebas, se encontró una gran dificultad al tratar de ajustar los porcentajes de chatarra fragmentada por colada sin sobrepasar el porcentaje por cargue que se fijo. Lo anterior se resume en que aun cuando se realizaron los cálculos pertinentes sobre los porcentajes de chatarra fragmentada que debería llevar cada cargue para un porcentaje de chatarra fragmentada por colada, estos últimos no se consiguieron debido, en particular, a la naturaleza fluctuante del proceso

Por otra parte, se encontró que la velocidad de fusión varió al cambiar el porcentaje de chatarra fragmentada del total de la colada que se adicionó, como se muestra en la figura D2, hay un aumento progresivo en este parámetro al aumentar la cantidad de chatarra fragmentada que se adiciona. El valor promedio de los datos obtenidos fue de 2.30 min/t con una desviación estándar de 0.17 min/t. Quedaron dudas sobre el comportamiento a porcentajes de chatarra fragmentada mayores al 25%, debido a la disminución de la velocidad de fusión para valores entre el 26 y el 33%.

En cuanto al número de recargues (Anexo D1) se tuvo una tendencia a la disminución de este parámetro al aumentar el porcentaje de chatarra fragmentada en el total de la colada. Aunque la gráfica presenta una forma irregular, los datos obtenidos exhiben un valor promedio de 5.66 recargues/colada y una desviación estándar 0.72 recargues/colada. Se reconoció entonces la posibilidad de llegar a 4 o 5 cargues adicionando entre un 20 y 25% de chatarra fragmentada al total de la chatarra cargada en cada colada.

Ahora, teniendo en cuenta los resultados por separado para cada rango de porcentajes obtenidos (Anexos D3, D4 y D5), se encontró que para los porcentajes de chatarra fragmentada entre 10 y el 12%, un aumento en el peso total de la colada de una tonelada, se refleja en la disminución de la velocidad de fusión en aproximadamente 0.1 min/T; aquí el valor medio fue de 2.23 min/T y la desviación fue de 0.13 min/T. Para valores entre el 13 y el 15% de chatarra fragmentada, se encontró una fluctuación en los datos entre 1.9 y 2.5 min/T, el valor promedio para la velocidad de fusión en este porcentaje de chatarra fue de 2.23 min/T con una desviación de 0.21 min/Ton. Cuando se aumentó el porcentaje de chatarra fragmentada a valores entre el 16 y el 25% se observó una caída mínima en la

velocidad de fusión al aumentar el peso de los cargues evidenciado esto por una desviación de 0.095 min/T del valor promedio de los datos; esta último se calculó en 2.41 min/T. En el último rango trabajado, los datos no son contundentes ya que solo se logró ejecutar dos ensayos cuyo valor promedio de velocidad de fusión fue de 2.35 min/T.

Los resultados mostraron otras ventajas de la utilización de la chatarra fragmentada en cuanto a mejoras en el tiempo de afino con porcentajes de carbono de entrada más bajos y primeros y segundo recargues con pesos promedios superiores en meses anteriores. Para mostrar los resultados de estas variables se compararon los datos medidos durante el mes de diciembre con los que se presentaron en el mes de noviembre cuando no se utilizó este tipo de chatarra. A continuación se destacan estos temas uno por uno.

Los tiempos de afino que se registraron durante los ensayos realizados con la chatarra fragmentada son considerablemente más bajos, pasando de un promedio de 27.14 minutos en el mes de noviembre a un promedio de 23.88 minutos para las coladas a las cuales se les cargó chatarra fragmentada, en el Anexo D6 y D7 se observa el comportamiento de este parámetro

En estas figuras se puede observar como la curva de ajuste trazada en ambas graficas tiene su punto máximo mas cerca al eje vertical para el mes de diciembre indicando esto que el promedio de tiempo de afino para este mes es menor que para el mes de noviembre, además de esto, el número de coladas con valores de tiempo de afino superiores a 35 minutos fue menor en 2 unidades reforzando este hecho la mejora en los tiempos de afino por el uso de la chatarra fragmentada en los cargues.

El porcentaje de carbono de entrada presentó una disminución en su valor promedio, para el mes de diciembre, en comparación con el

valor obtenido para este parámetro en el mes de noviembre. Las figuras del Anexo D8 y D9 a ilustran este hecho.

La comparación del comportamiento de este parámetro para los meses analizados permite determinar un descenso en el valor del porcentaje de carbono de entrada de 0,30% en promedio para el mes de noviembre a un 0,21% en promedio para el mes de diciembre. Este resultado, en principio, era inesperado, debido a que se sospechaba un aumento en el porcentaje del carbono de entrada por la presencia dentro de la chatarra fragmentada de piezas de fundición y de acero de alto carbono.

En este aspecto se realizaron muestreos de la chatarra fragmentada teniendo en cuenta elementos como fundición, aceros de alto carbono, chatarra de aluminio, estaño y cobre, tierra y material plástico. Se siguió el método de cono y cuarteo partiendo de una muestra de 100 kg y llegando a una muestra de 15 kg. Los resultados de estos análisis se consignan en la siguiente tabla.

Elemento	Porcentaje
Tierra	3.95
Material no ferroso (Cu, Al, Sn)	5.26
Fundición	6.58
Acero	84.21

Tabla 10. Resultados del muestreo realizado a la chatarra fragmentada, el porcentaje de materiales diferentes a la chatarra de acero es superior al 15%.

A partir de los resultados presentados en la tabla se nota que el porcentaje de fundición gris que presenta la chatarra fragmentada no

es suficiente para elevar el porcentaje de carbono por encima de los niveles permisibles por las normas que se manejan. Además, se debe decir que el porcentaje de tierra cargada en la chatarra fragmentada ataca de manera notoria el material refractario.

Este menor valor en el porcentaje de carbono va ligado, en general, a una mejora en el tiempo de afino del baño líquido, debido a que la composición de la colada se encuentra en un punto tal, que el tiempo necesario para la oxidación del baño con oxígeno para ajustar el porcentaje de carbono a las normas ACASA, es mínimo, reduciéndose de esta forma el consumo de insumos como el oxígeno mismo y el tubo utilizado para inyectar el oxígeno al baño.

Por otra parte, la utilización de la chatarra fragmentada permitió conseguir primeros y segundos recargues con pesos promedios superiores durante el mes de diciembre en contraste con los realizados durante el mes de noviembre. Los datos pertinentes a estos parámetros, se muestran en la tabla a continuación:

MES	PESO (Kg)		
	1 ^{er} Cargue	2 ^o Cargue	TOTAL
Noviembre	5427,85	3553,16	8981,01
Diciembre	6057,89	4272,18	10330,08

Tabla 11. Promedio de resultados de los pesos del primer y segundo cargues durante los meses de noviembre y diciembre, se nota un aumento del 11,61% para el primer cargue, del 20,24% para el segundo y del 15,02% en el total combinado de los dos.

Se logró un aumento del peso del primer y segundo cargue de 630,05 kg y 719,02 kg respectivamente. Las gráficas de los Anexos D10 y D11 muestran el comportamiento de los datos recolectados.

Un mayor tonelaje en el primer y segundo cargues es un indicador confiable de mejoría en el rendimiento de la fusión, de tal forma que si se logra cargar pesos elevados en los primeros cargues se puede asegurar tiempos TAP TO TAP menores, a través de un menor número de recargues (6.71 en noviembre y 5.58 en diciembre en promedio) en cada colada lo cual, a su vez, reduce el tiempo de cargue del horno, de la misma manera en que se reduce la velocidad de fusión misma, pasando de 2.70 min/t en el mes de noviembre a 2.32 min/t en el mes de diciembre.

Otros dos parámetros de operación del horno se vieron reducidos durante la utilización de la chatarra fragmentada en los cargues de los cuales se hará breve reseña. En primer lugar se encuentra el consumo de energía, este viene ligado a la velocidad de fusión, ya que si se tienen menores tiempos de fusión se utilizaran menores tiempos de arco y por lo tanto menores consumos de energía eléctrica. Este indicador se encontró para el mes de noviembre en 524,50 kWh/t y en 499,67 kWh/t para el mes de diciembre mostrando así una reducción de 24.83 kWh/t.

En segundo lugar se tiene el consumo de oxígeno. Como ya se había mencionado, el consumo de oxígeno se disminuye cuando el porcentaje de carbono de entrada se encuentra en un rango de valores específicos. Durante el uso de la chatarra fragmentada se obtuvo un promedio de porcentaje de carbono más cercano a este rango que en meses anteriores. Dicho rango parece encontrarse entre el 0.10 y el 0.15% de carbono. Específicamente el consumo de oxígeno durante el mes de noviembre fue de 16.85 m³/t y para el mes de diciembre disminuyó hasta 14.39 m³/t.

Ahora bien, se debe hacer claridad en cuanto a la afectación de los parámetros de operación del horno en el sentido de la naturaleza fluctuante del proceso. Esto quiere decir que aunque los índices y parámetros que se controlan en la producción de acero líquido se vieron mejorados durante la utilización de la chatarra fragmentada, no se puede asegurar que sea esta última la única causante del buen rendimiento en la fusión. Hay que anotar el aporte realizado por los asesores mexicanos, Ing. Marcelo Valdez e Ing. José Rodríguez, sobre la regulación del horno.

El último trabajo realizado durante la práctica empresarial estuvo relacionado con el proyecto que tiene la empresa de ampliación de su producción denominado ACASA 8000. El desarrollo de este proyecto tiene una parte relacionada con la ampliación de los módulos de chatarra de la acería. Dicha ampliación consiste en alargar la nave de acería y elaborar unos fosos en los módulos de chatarra.

La labor realizada se concentró en estudiar la capacidad de los fosos para el volteo de las volquetas, en el estudio del volumen de almacenamiento del foso teniendo en cuenta el arrume y sobrearrume que genere la chatarra.

Los fines de construir estos fosos de almacenamiento son:

- Ganar volumen de almacenamiento de chatarra en la acería, de tal forma que se puede tener ventaja respecto de la chatarra almacenada a la chatarra consumida.
- Facilitar el descargue de la chatarra que se transporta en las volquetas, prescindiendo de una operación continua de los electroimanes sobre el descargue de la chatarra de las volquetas.

- Evitar el remonte del 100% de la chatarra que se descarga en los módulos, sabiendo que el remonte es la formación de pilas con la chatarra que se descarga, y,
- Tener la capacidad de recibir un mayor tonelaje por hora de chatarra en los módulos, y así ahorrar trabajo en tiempo de invierno.

En primer lugar se tiene el estudio de la capacidad de los fosos de para volteo de las volquetas. Aquí la variable sobre la cual se va a trabajar es la profundidad del foso. Un esquema del foso se muestra a continuación en la figura 3:

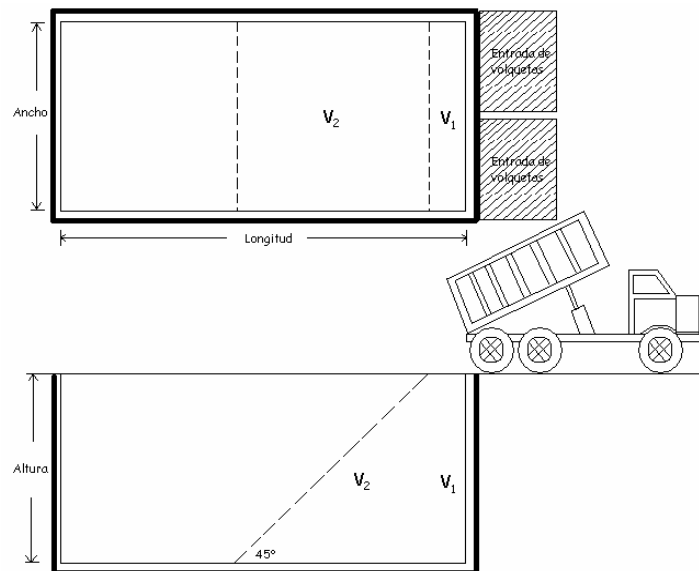


Figura 3. Esquema de los fosos en vista superior y corte longitudinal, se muestra la posición de descarga de las volquetas y en líneas punteadas la forma de la pila de chatarra

El volumen 1 (V_1) en la figura hace referencia al volumen de la parte plana que queda en la pila de chatarra después del descargue y el volumen 2 (V_2) esta relacionado con el volumen de la pila en su

parte inclinada, donde se supone un ángulo de reposo de la chatarra equivalente a 45° según lo observado en las pilas de chatarra de los módulos actuales.

Se pretende construir 4 fosos cuyas dimensiones se muestran en la tabla que se muestra a continuación:

Foso	Ancho (m)	Longitud (m)
1	7.15	14.7
2	12.52	
3	10.72	
4	7.15	

Tabla 12. Dimensiones para foso a construir, la longitud es la misma para todos los fosos ya que esta se encuentra atada a la luz existente entre las columnas de la nave de acería a de la empresa.

Con estos datos se realiza una iteración de los valores de volumen total del foso (V_T) siendo este la suma de V_1 y V_2 ; los resultados obtenidos se resumen en la tabla 13. La variable H hace referencia a la profundidad del foso en metros y el peso que se describe al final de la tabla se calcula con base a una densidad promedio de la chatarra de 0.45 t/m³.

FOSO	H (m)	V_1 (m ³)	V_2 (m ³)	V_{TOTAL} (m ³)	PESO (t)
1	1	7,15	3,58	10,73	4,83
	1,5	10,73	8,04	18,77	8,45
	2	14,30	14,30	28,60	12,87
	2,5	17,88	22,34	40,22	18,10
	3	21,45	32,18	53,63	24,13
	3,5	25,03	43,79	68,82	30,97
	4	28,60	57,20	85,80	38,61
	4,5	32,18	72,39	104,57	47,06
	5	35,75	89,38	125,13	56,31

2	1	12,52	6,26	18,78	8,45
	1,5	18,78	14,09	32,87	14,79
	2	25,04	25,04	50,08	22,54
	2,5	31,30	39,13	70,43	31,69
	3	37,56	56,34	93,90	42,26
	3,5	43,82	76,69	120,51	54,23
	4	50,08	100,16	150,24	67,61
	4,5	56,34	126,77	183,11	82,40
3	5	62,60	156,50	219,10	98,60
	1	10,72	5,36	16,08	7,24
	1,5	16,08	12,06	28,14	12,66
	2	21,44	21,44	42,88	19,30
	2,5	26,80	33,50	60,30	27,14
	3	32,16	48,24	80,40	36,18
	3,5	37,52	65,66	103,18	46,43
	4	42,88	85,76	128,64	57,89
4	4,5	48,24	108,54	156,78	70,55
	5	53,60	134,00	187,60	84,42
	1	7,15	3,58	10,73	4,83
	1,5	10,73	8,04	18,77	8,45
	2	14,30	14,30	28,60	12,87
	2,5	17,88	22,34	40,22	18,10
	3	21,45	32,18	53,63	24,13
	3,5	25,03	43,79	68,82	30,97
4	28,60	57,20	85,80	38,61	
4,5	32,18	72,39	104,57	47,06	
5	35,75	89,38	125,13	56,31	

Tabla 13. Resultados de la iteración de los valores de profundidad (H) para cada foso propuesto, también se incluye el peso de chatarra que podría almacenar cada foso propuesto bajo la suposición de una densidad promedio de la chatarra de 0.45 Ton/m³.

Los datos mostrados en la tabla 13, no son suficientes para determinar las dimensiones de los fosos a construir debido a que falta determinar la cantidad de material que se puede almacenar una vez se haya llenado el foso en su totalidad. La distribución de estos volúmenes adicionales (conocidos como arrume y sobrearrume) se muestran en la figura 4.

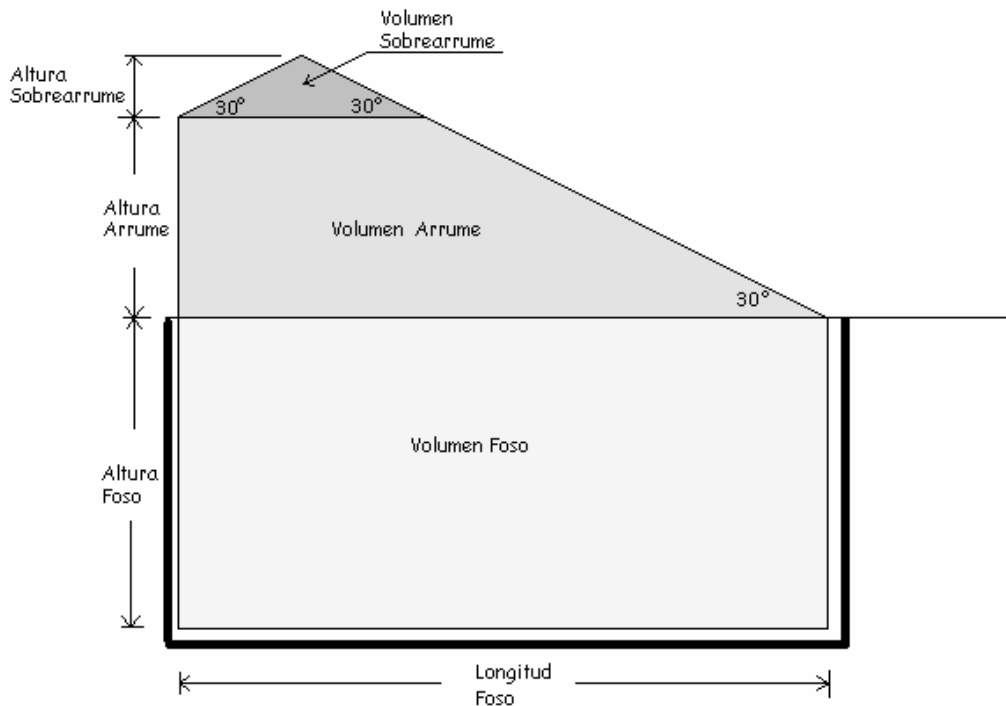


Figura 4. Esquema de la distribución de los volúmenes calculados para las pilas de chatarra en los nuevos módulos

Lo que permite ver la tabla 13, es que se puede descargar un número de veces definido en cada módulo sin la intervención del puente grúa. Cada viaje de las volquetas puede transportar 5 toneladas de chatarra en promedio, esto quiere decir que para ocupar los volúmenes 1 y 2 se requieren 4, 8, 7 y 4 viajes para los fosos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, esto si se construyeran los fosos a 3 metros de profundidad.

Volviendo al tema de la capacidad total de los fosos, se muestra en la figura una sección de la pila de chatarra estratificada en el volumen del foso, el volumen del arrume y el volumen del sobrearrume.

El cálculo de los volúmenes resultantes del arrume y sobrearrume de la chatarra se realizó teniendo en cuenta un ángulo de reposo para la chatarra de 30° tanto en el arrume como en el sobrearrume, y de

la misma manera que para la capacidad de volteo de las volquetas, se realizó una tabulación de los datos iterando la altura del sobrearreme y la profundidad del foso. Los valores obtenidos se muestran en la tabla 14.

Se debe anotar que la altura del arrume se ajusta por medio de paraleles (no indicados en la figura 4), dichos paraleles son de manufactura propia y se pueden fabricar a la medida que se defina en cuanto a esta dimensión.

FOSO	H _{FOSO} (m)	V _{FOSO} (m ³)	H _{ARRUME} (m)	V _{ARRUME} (m ³)	H _{SOBREARRUME} (m)	V _{SOBREARRUME} (m ³)
1	1	105,11	1	98,91	3,74	173,55
	1,5	157,66	1,5	143,73	3,49	151,15
	2	210,21	2	185,44	3,24	130,29
	2,5	262,76	2,5	224,06	2,99	110,98
	3	315,32	3	259,59	2,74	93,21
	3,5	367,87	3,5	292,01	2,49	77,00
	4	420,42	4	321,35	2,24	62,33
	4,5	472,97	4,5	347,58	1,99	49,22
	5	525,53	5	370,72	1,74	37,65
2	1	184,04	1	173,20	3,74	303,90
	1,5	276,07	1,5	251,67	3,49	264,66
	2	368,09	2	324,72	3,24	228,14
	2,5	460,11	2,5	392,34	2,99	194,33
	3	552,13	3	454,55	2,74	163,22
	3,5	644,15	3,5	511,33	2,49	134,83
	4	736,18	4	562,69	2,24	109,15
	4,5	828,20	4,5	608,63	1,99	86,18
	5	920,22	5	649,15	1,74	65,92
3	1	157,58	1	148,30	3,74	260,21
	1,5	236,38	1,5	215,49	3,49	226,61
	2	315,17	2	278,03	3,24	195,34
	2,5	393,96	2,5	335,94	2,99	166,39
	3	472,75	3	389,20	2,74	139,76
	3,5	551,54	3,5	437,82	2,49	115,45
	4	630,34	4	481,80	2,24	93,46
	4,5	709,13	4,5	521,13	1,99	73,79
	5	787,92	5	555,83	1,74	56,44

4	1	105,11	1	98,91	3,74	173,55
	1,5	157,66	1,5	143,73	3,49	151,15
	2	210,21	2	185,44	3,24	130,29
	2,5	262,76	2,5	224,06	2,99	110,98
	3	315,32	3	259,59	2,74	93,21
	3,5	367,87	3,5	292,01	2,49	77,00
	4	420,42	4	321,35	2,24	62,33
	4,5	472,97	4,5	347,58	1,99	49,22
5	525,53	5	370,72	1,74	37,65	

Tabla 14. Valores obtenidos para los cálculos de capacidad de arrume y sobrearrume de los módulos, para estos cálculos se tienen en cuenta los valores de la tabla 4 y un ángulo de reposo para la chatarra de 30° que se toma de ensayos realizados en los módulos actuales.

Junto con los resultados obtenidos en estos cálculos se debe tener en cuenta el consumo de chatarra sobre el cual se va a hacer la selección de las dimensiones de los fosos y de los parales. En la tabla 15 se presentan los consumos de los meses de agosto del 2005, enero del 2006 y el consumo de chatarra proyectado para el año 2007.

Al escoger una profundidad igual para todos los fosos de 3 metros (como se anotó para el volteo de las volquetas), y una altura de arrume de 4 metros se obtendrá una capacidad de almacenaje de 1651 toneladas de chatarra en los fosos.

Tipo de chatarra	Agosto/2005		Enero/2006	
	T/día	%	T/día	%
Prensa-cizallado	114	49,57	120	40,00
Pacas ACASA	56	24,35	72	24,00
PROMATIN	-	-	45	15,00
Oxicorte	15	6,52	19,5	6,50
Menuda	30	13,04	24	8,00
HERRAGRO	5	2,17	6	2,00
Retorno	10	4,35	13,5	4,50
TOTAL	230	100	300	100

Tipo de chatarra	Proyectado/2007	
	T/día	%
Pacas ACASA	165	30,00
Fragmentada	220	40,00
Oxicorte	36	6,55
PROMATIN	82	14,91
HERRAGRO	22	4,00
Retorno	25	4,55
TOTAL	550	100

Tabla 15. Resumen de los consumos de chatarra, se muestran los datos de un mes típico del año anterior (Agosto/2005), del primer mes del año (Enero/2006) y de la proyección de consumo para el año siguiente.

Esto significa que si se construyeran los fosos a 3m y se levantarán los arrumes a 4m, en la actualidad, se tendría un almacenamiento de chatarra equivalente a 5,5 días de producción y en las condiciones proyectadas para el año siguiente se tendría almacenamiento para 3,0 días de producción, si se tuviera que almacenar todos los tipos de chatarra en estos 4 módulos.

Con toda la información disponible se debe llegar finalmente a realizar la distribución de los tipos de chatarra en los diferentes módulos, teniendo en cuenta las cantidades de chatarra de cada tipo que se consume en la actualidad y las que se supone para el año siguiente.

Debido al efecto positivo de la chatarra fragmentada se observa en la tabla 15 que el 40% de la chatarra que se piensa consumir el año próximo es de este tipo. El siguiente tipo de chatarra en cantidad de consumo sería las pacas ACASA el cual ocupa un 30% de la chatarra total. Estos dos tipos deben ser los que ocupen los módulos de mayor capacidad de almacenamiento. Luego se encuentra la chatarra PROMATIN con un 15% del consumo total, esta ocuparía el siguiente módulo de mayor capacidad.

Los tipos de chatarra se distribuyen además, del porcentaje de consumo, por la forma de entrada a los módulos. Esto significa que se debe buscar que la chatarra que se descarga con mayor facilidad y tenga mayor consumo debe tener un mejor acceso a la nave. El resultado de estas observaciones se resume en una vista en planta de la nave de acería que se presenta en el Anexo D12.

La figura del Anexo D12 es una propuesta realizada con base a los supuestos de consumo de chatarra anteriormente descritos, por lo tanto el resultado final de la modificación de la nave puede cambiar según lo dispongan los directivos de la empresa.

5. CONCLUSIONES

El reconocimiento del proceso global de producción y de operación del horno eléctrico de arco con el que cuenta ACASA, ligado a la ejecución de las actividades concernientes al manejo de la chatarra para aumentar la productividad; llevó a identificar la modificación de los parámetros de funcionamiento del horno eléctrico de arco al variar el modo de realizar los cargues de chatarra al horno, conociendo al mismo tiempo los tipos de chatarra que consume la empresa, la forma en que se manejan los módulos de almacenamiento del área de acería y el proceso interno de preparación de la chatarra. De los procesos nombrados anteriormente se derivan las siguientes conclusiones:

- La transformación de la chatarra proveniente del área de laminación de la empresa por medio del uso de una cizalla, llevó a mejorar el llenado de las cestas de cargue del horno, elevando tanto la densidad como el peso de la chatarra cargada al ser ocupados los espacios vacíos que dejan entre si los diferentes tipos de chatarra que se cargan.
- La evaluación del uso de la chatarra fragmentada, arrojó resultados con los que se identificaron mejoras en los parámetros de operación del horno, tales como la disminución del número de cargues por colada, pasando de 6.71 en noviembre a 5.66 en diciembre del 2005. (Ver figura D1).
- Durante los ensayos realizados con la chatarra fragmentada, se presentó una disminución del tiempo promedio de afino por colada, partiendo en 25.43 minutos en noviembre y llegando a 23.42 minutos en diciembre del 2005, lo cual se observa en las figuras D6 y D7.

- El porcentaje de carbono de entrada, siendo una variable de suma importancia en el proceso de refinación del acero, paso de 0.30% en noviembre a 0.21% en diciembre del 2005, lo cual tiende a favorecer el proceso de afino disminuyendo el tiempo necesario para su desarrollo. Este comportamiento se resumen en las figuras D8 y D9.
- Los consumos de energía y oxígeno por tonelada, presentaron valores mas bajos durante los ensayos realizados con la chatarra fragmentada, pasando 565.5 kWh/t en noviembre a 535.8 kWh/t en diciembre del 2005 y de 311.4 m³/t en noviembre a 263.9 m³/t en diciembre del 2005 respectivamente.
- Con el trabajo realizado dentro del proyecto “ACASA 8000”, se generó una propuesta de modificación de los módulos almacenamiento de chatarra en el área de acería, teniendo en cuenta las características de la chatarra y las necesidades del proceso de producción de acero actuales, esperando aumentar en aproximadamente 60% la cantidad de material a almacenar.

6. RECOMENDACIONES

Se sugiere continuar evaluando la forma de carga de los diferentes tipos de chatarra, según los resultados obtenidos en el presente trabajo con los propósitos de corroborar las deducciones establecidas, de fortalecer la base del procedimiento de carga de chatarra al horno y de establecer condiciones de operación del horno mismo.

Dentro del proceso de ampliación de la producción, establecido en el proyecto ACASA 8000, se recomienda estimar la acumulación de tierra que se encuentra adherida a la chatarra y que caería al fondo de los módulos, además determinar la forma de limpieza y mantenimiento de los fosos en los nuevos módulos de chatarra planteados. Así mismo, determinar la forma de incluir un sistema zaranda o de tamices en los fosos para eliminar la mayor cantidad de tierra de la chatarra.

7. REFERENCIAS

- [1]. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Republica de Colombia. Cadena siderúrgica y metalmecánica, www.colombia-compite.gov.co, 2004
- [2]. Ministerio de Economía y Producción, Republica Argentina, Mercado de hierro redondo, www.mecon.gov.ar, 2005
- [3]. FISICANET. Metalurgia, www.fisicanet.com.ar, 2000
- [4]. MARTÍNEZ G., Lorenzo, ACERO, www.omega.ilce.edu.mx, 2005
- [5]. SIDERURGIA POTOSINA S. A., Manual informativo de operación del horno eléctrico. México, 2002
- [6]. Norma ACASA, Manejar chatarra AC-MC-DF-01, 2003
- [7]. Norma ACASA, Alistar horno AC-AT-SP-02, 2003
- [8]. Norma ACASA, Fabricar acero liquido AC-FA-DF-01, 2003
- [9]. Curso de procesos de manufactura. Producción de metales férreos, www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso1/Temario1_III.html

ANEXOS

ANEXO A. RESULTADOS DE LA ADICION DE CHATARRA POR TOBOGÁN DE CARGA.

A1. Manual de operación del tobogán.



PROCEDIMIENTO DE OPERACION DEL SISTEMA DE ADICION DE CHATARRA POR TOBOGÁN

Pasos previos antes de operar el sistema de tobogán:

- Asegúrese de tener los elementos de seguridad necesarios para el trabajo, estos son:
 - o Careta
 - o Guantes de carnaza
 - o Tapa boca ó máscara
 - o Gafas de seguridad.
- Antes de comenzar a operar el tobogán o la banda transportadora, asegúrese de que estos se encuentran en buen estado de funcionamiento, tanto mecánica como eléctricamente.
- Identifique plenamente los controles de operación tanto del tobogán como de la banda.
- Cerciórese del movimiento que va a realizar el tobogán en su trayectoria, el desplazamiento del tobogán debe realizarse de tal forma que sea seguro tanto para los operarios de las lanzas de oxígeno, para el del empujador como para los demás operarios que se encuentran cerca del horno.
- Si tiene alguna duda sobre el funcionamiento u operación de alguna parte del sistema de carga de chatarra por tobogán, consulte con el supervisor del horno o con el encargado de mantenimiento.

Procedimiento de operación:

1. Una vez se encuentre cerrado el horno después del cargue, abra o solicite la apertura de la puerta del quinto agujero. El inicio del cargue con el tobogán se hará 1 o 2 minutos después de que el operario del empujador comience su labor o según lo indique el supervisor del horno.

2. Ubique la salida del tobogán en la entrada del quinto agujero de la tapa del horno, operando los gatos hidráulicos con los botones según sea necesario (Fig. 1), de tal forma que la parte inferior de la salida del tobogán quede soportada por la parte inferior del borde de la puerta del quinto agujero. Se debe tener en cuenta la inercia de la estructura para evitar chocar constantemente el tobogán contra la estructura del horno.

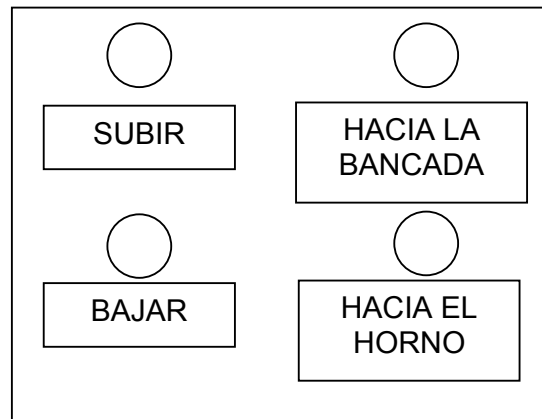


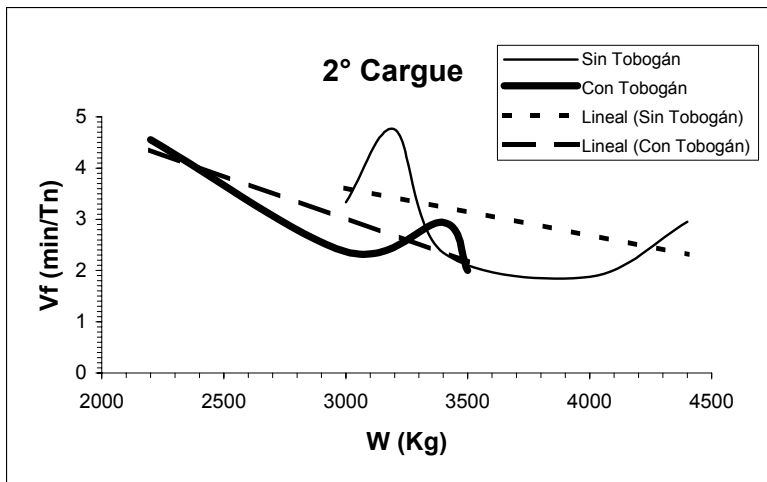
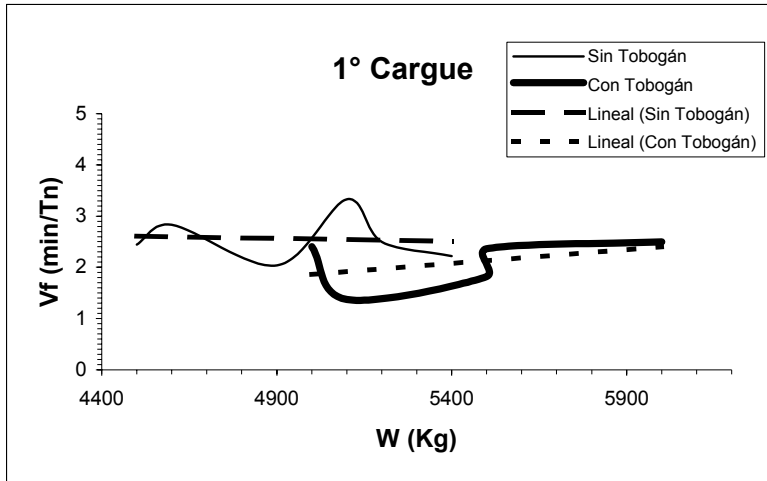
Fig. 1 Distribución de control de los botones

3. Antes de encender la banda transportadora, verifique que esta no este en contacto con el borde del tobogán, si la banda se mueve con libertad inicie la carga de la chatarra teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:
 - Se debe colocar la chatarra en el centro de la banda
 - Las piezas en forma de disco (tales como piñones, engranajes, etc.) se deben ubicar sobre la cara plana, de tal forma que no rueden sobre la banda.
 - Las piezas esféricas o redondas se deben subir a la banda de tal forma que no retrocedan, esto se puede hacer ubicándola junto con mas chatarra.
 - Se debe evitar cargar piezas demasiado grandes porque pueden rebotar contra la banda y saltar fuera de ella. Si la banda esta frenada o no se mueve, apáguela de inmediato, para evitar daños en el motor, revise el borde que se encuentra contra la banda para verificar la presencia de chatarra trabada. Si esto no soluciona el problema, hágaselo saber al supervisor del horno para realizar el debido mantenimiento.
4. La carga se debe realizar hasta que el supervisor del horno lo indique o hasta que los operarios de las lanzas o el del empujador lo hagan. En general se realiza la carga a través del tobogán del primer (1°) al tercer (3°) o cuarto (4°) cargue

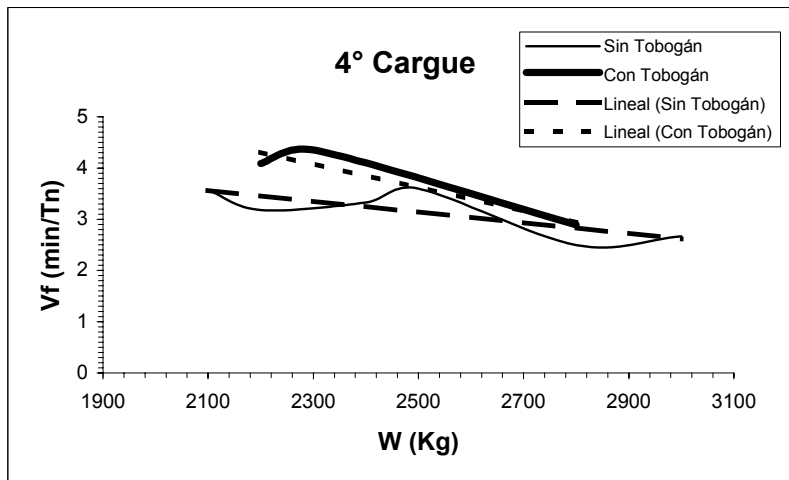
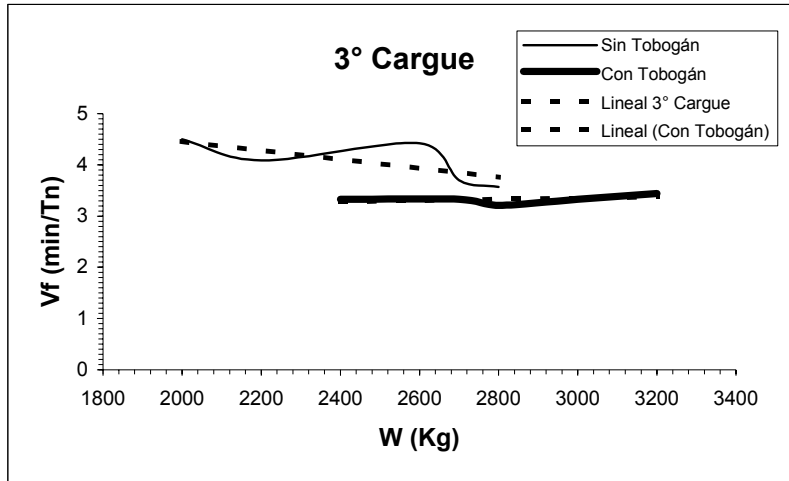
según el peso cargado con la cesta. Se hará cargas por el tobogán de forma descendente desde el 1° cargue hasta completar 1500 a 2000 Kg. Es decir el máximo cargue por tobogán, que debe ser de 600 a 900 Kg., se debe hacer en el 1° cargue del horno.

5. Antes de retirar el tobogán se debe verificar la presencia de chatarra en los extremos del tobogán o que se encuentre taponada. Si el humo y/o las llamas no permite hacer esta verificación, desplace el tobogán hasta un punto sobre el cubo de escoria, de tal forma que no haya operarios debajo del extremo inferior del tobogán, y haga el chequeo.
6. Una vez libre de chatarra el tobogán, mueva el tobogán hacia su posición contra la bancada. Se debe recordar que cuando se bascula el horno hacia la piqueta el tobogán se puede trabar en la puerta del quinto agujero, por lo tanto no se debe cargar por el tobogán después de del 4° cargue.
7. Una vez terminado cada cargue se debe coordinar con el supervisor del horno y con los operarios de las grúas el montaje de las cocas con la chatarra en la plataforma; las cocas vacías se deben retirar con la grúa y no lanzándolas por el borde de la estructura.

RECUERDE QUE SU SEGURIDAD Y LA DE SUS COMPAÑEROS ESTA EN SUS MANOS: EL CONOCIMIENTO DE LOS PROCESOS Y LA SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES EVITAN ACCIDENTES.

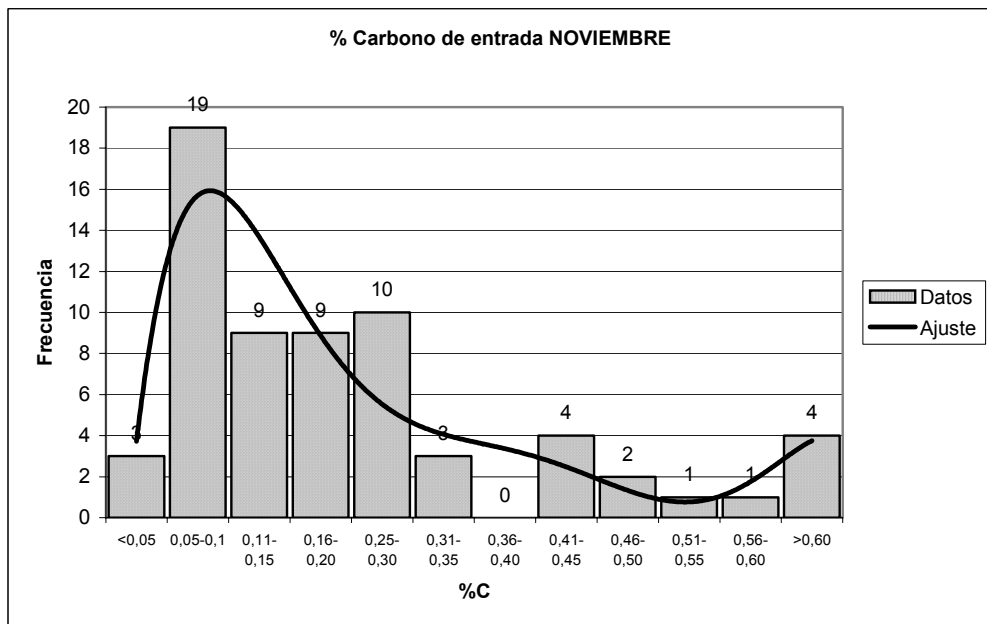
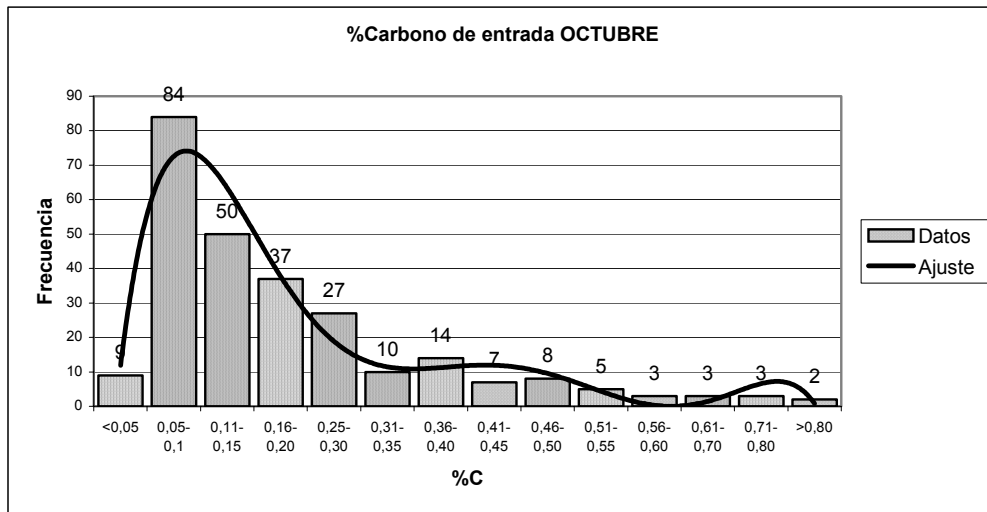


A2. Graficas de velocidad de fusión contra peso total de los cargues para el primer y segundo cargue, respectivamente, la línea gruesa indica las coladas donde se uso el tobogán y la línea delgada las coladas regulares

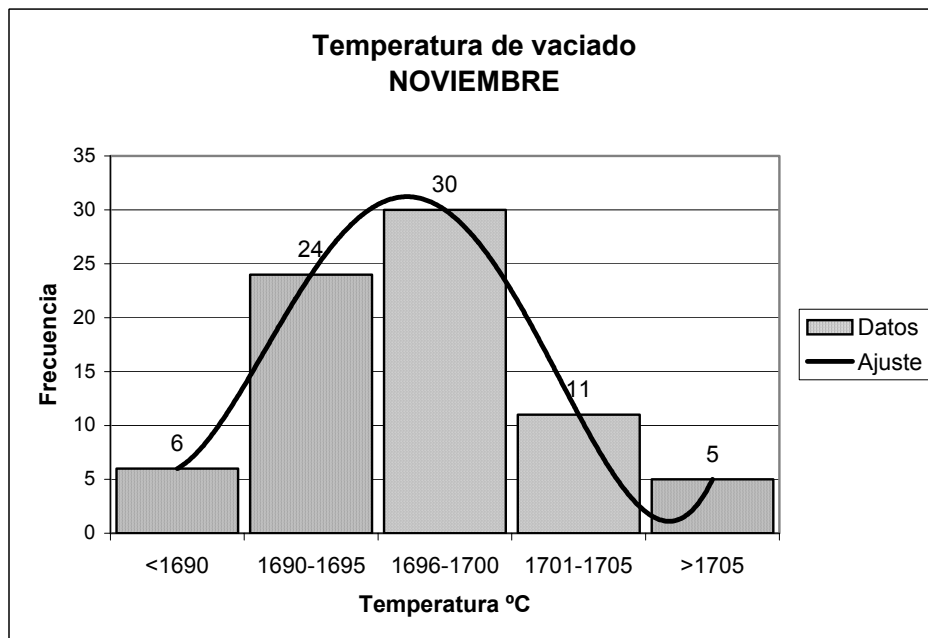
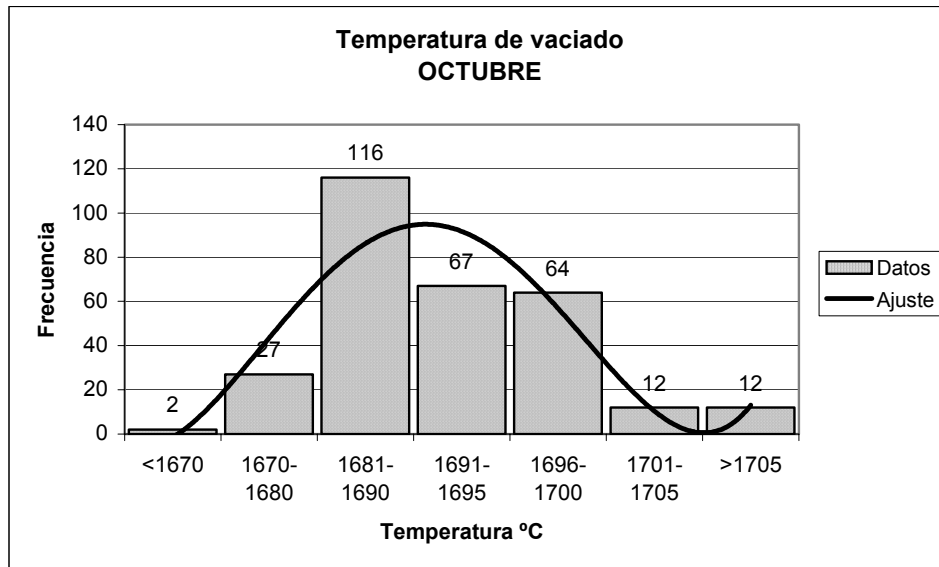


A3. Graficas de velocidad de fusión contra peso total de los cargues para el tercer y cuarto cargue, respectivamente, la línea gruesa indica las coladas donde se uso el tobogán y la línea delgada las coladas regulares

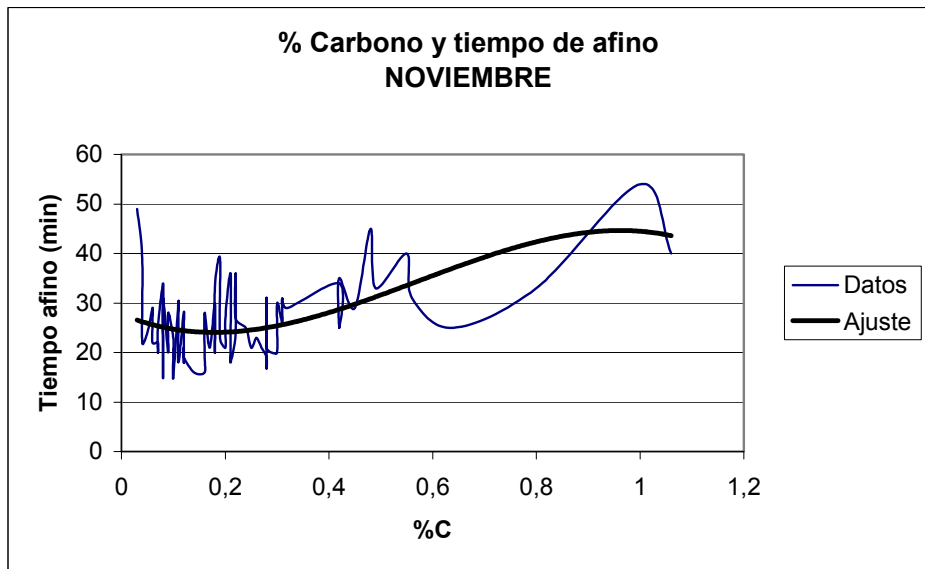
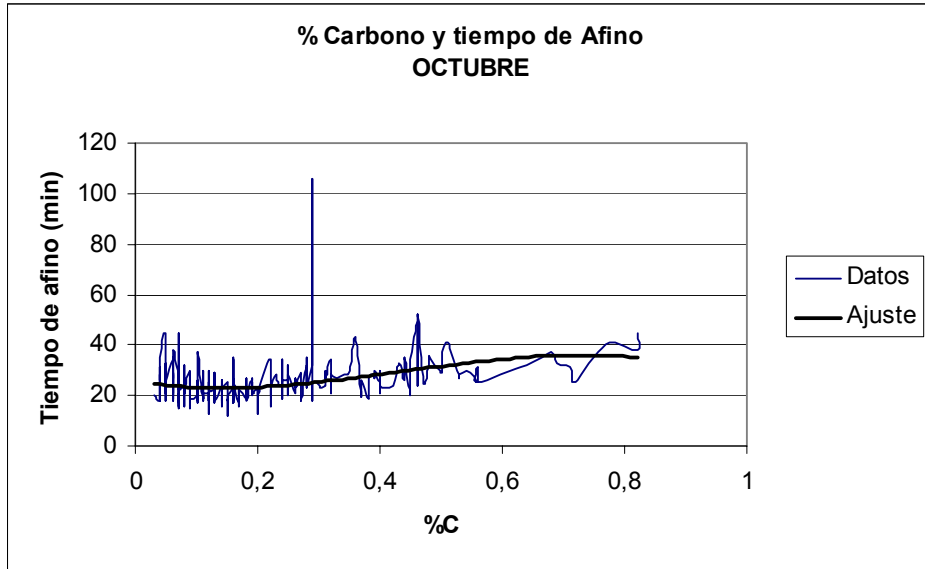
**ANEXO B. HISTOGRAMAS DEL COMPORTAMIENTO DEL
PORCENTAJE DE CARBONO DE ENTRADA, TIEMPO DE AFINO
Y TEMPERATURA DE VACIADO PARA LOS MESES DE
OCTUBRE Y NOVIEMBRE**



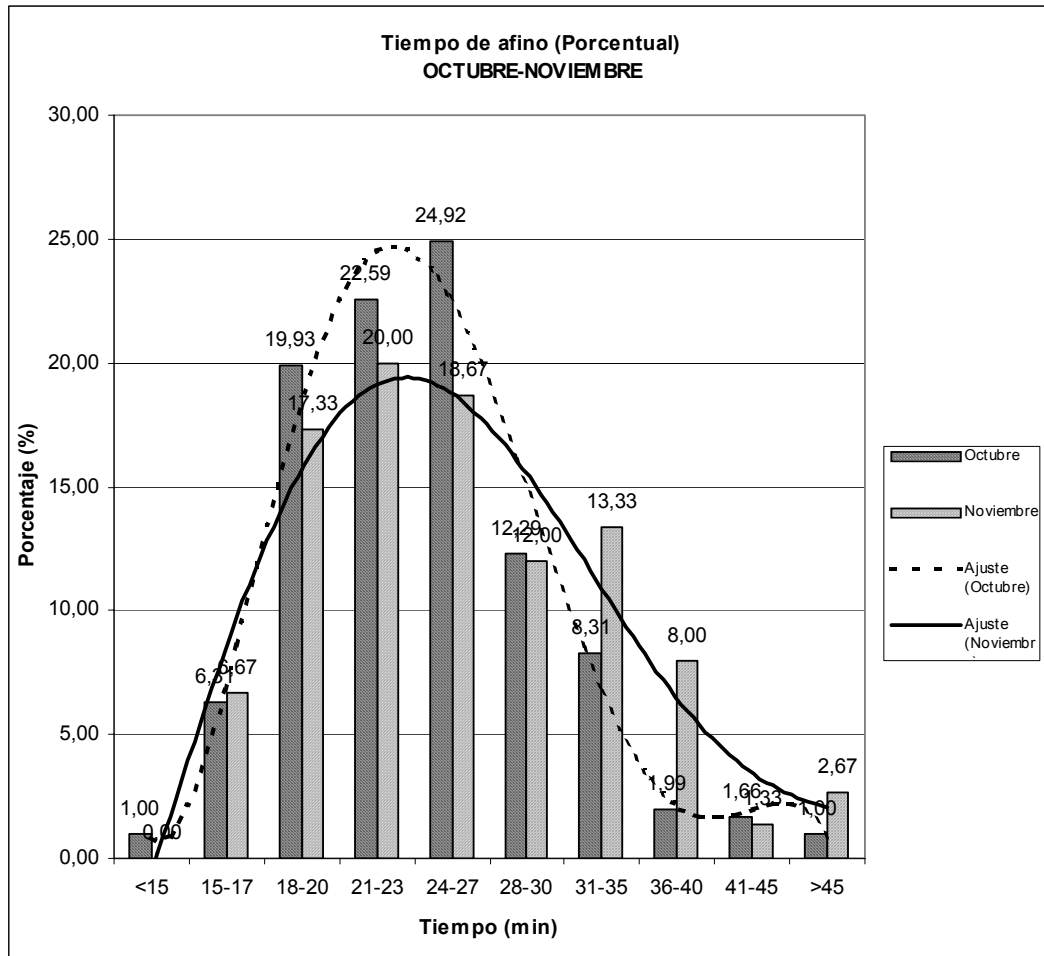
B1. Figuras del comportamiento del %C para los meses de octubre y noviembre, se observa en ellas un comportamiento muy similar en la curva de ajuste trazada, aunque los valores promedios para cada mes es diferente.



B2. Figuras del comportamiento de la temperatura de vaciado en el transcurso de los meses de octubre y noviembre respectivamente, al igual que el grupo de graficas anterior su dispersión en los datos es similar pero los valores medios son diferentes.



B3. Graficas del comportamiento del tiempo de afino en función del porcentaje de carbono de entrada, nótese en ellas el aumento paulatino en el tiempo cuando el %C supera el 0.30.



B4. Grafica comparativa porcentual del comportamiento de los tiempos de afino durante los meses de octubre y noviembre comparando estos contra el tiempo TAP TO TAP de cada colada.

ANEXO C. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO
DEL MATERIAL DE CHATARRA QUE SE GENERA EN EL ÁREA
DE LAMINACIÓN.

C1. Instructivo sobre el manejo del sistema de modificación de chatarra con cizalla.



**MANEJO DEL SISTEMA DE MODIFICACIÓN DE
CHATARRA CON CIZALLA**

Elaboró: ANDRES ROA PRADA
Fecha: 5 de diciembre de 2005

Justificación:

El llenado de las cestas se encuentra atado al tamaño y peso de la chatarra con la que se cuente, por lo tanto si se tiene para carga solo chatarra de gran tamaño, respecto de su peso (densidad baja), se vea que el menor peso de los cargues se debe en parte a los espacios vacíos dejados entre los bloques de chatarra.

Se busca entonces procesar y utilizar el despunte de laminación como un tipo de chatarra que pueda completar estos espacios vacíos, mejorando así el peso de los cargues, y como resultado mejorando los tiempos de cargue y la productividad.

Operación:

La operación del sistema se divide en dos partes: la primera, que consiste en la salida, posterior ubicación y selección del despunte a procesar proveniente de laminación. Esta operación inicial se realiza con la ayuda de una volqueta que transporta las cocas de laminación, donde se almacena el despunte de todos los perfiles que se procesan en la planta (8 a 10 toneladas por día), y se llevan hasta el descargadero número dos en los módulos de preparación de chatarra donde es bajado por la grúa 1 o 1A y ubicado en el módulo destinado para su almacenamiento.

La segunda consiste en el procesamiento con la cizalla y ubicación del despunte ya procesado en el módulo correspondiente. Esta operación requiere que el despunte a procesar ya se encuentre junto

a la máquina, el lugar específico está entre la cizalla y la estructura del depurador de humos sin salir del módulo. Ya con el despunte a procesar en su lugar se procede a operar la cizalla siguiendo los pasos que se dan a continuación:

1. Verifique la ubicación de la válvula de aire en el pulmón ubicado en la estructura del depurador de humos y de paso de aire hacia la cizalla..
2. Verifique la ubicación de la válvula de aire que se encuentra a la llegada en la cizalla y ábrala.
3. Ubique la caja de control del motor eléctrico, identificando el uso de los dos botones así: uno para encendido (verde) y otro para apagado (negro).; Debe resaltarse que para encender la máquina el botón de apagado de estar en su posición hacia fuera para que al oprimir el botón de encendido se active el motor.
4. Introduzca uno a uno los perfiles entre las cuchillas. Hay que notar que las cuchillas con las que cuenta la cizalla tienen límites en su operación y estos restringen su uso a un solo ángulo por corte y ángulos de alas de 2 pulgadas e inferiores.
5. Accionar el pedal de mecanismo neumático para realizar el corte. El paso anterior se puede realizar manteniendo el pedal accionado siempre y cuando la punta del perfil se encuentre en buen estado y el operario de la máquina tenga el entrenamiento y la experiencia necesaria para operar la cizalla en este modo.

El paso continuo de material a procesar y de material procesado es responsabilidad tanto del operario de la cizalla como del de la grúa disponible para el transporte del material. La llegada del despunte sin cizallar a su lugar junto a la máquina debe estar gobernado por profunda coordinación entre los operarios nombrados anteriormente, dándose esta a través de señales claras desde tierra que guíen al operario de la grúa.

El despunte cizallado debe ser almacenado en el módulo destinado para tal fin, que se debe encontrar libre de algún otro tipo de chatarra que lo contamine. El cargue de este material en las cestas depende del criterio del operario de la grúa número 2, y este debe tender, en primer lugar, no a reemplazar un tipo de material para cargue (como lo serían las pacas, el prensa-cizallado o la chatarra menuda) sino a completar los espacios vacíos que se vayan generando en el continuo llenado de la cesta.

Notas complementarias:

Cabe realizar algunos comentarios complementarios sobre el sistema de corte del despunte de laminación para aclarar aspectos que se consideran claves en su operación y eficiencia.

- El rendimiento que se obtenga en la modificación o cizallado del despunte depende de la posibilidad de tener uno o dos operarios en el proceso, de tal forma que uno opere la cizalla y el otro se desempeñe como alistador y clasificador del material.
- Cada uno de los operarios de la cizalla debe recibir un entrenamiento previo, que se explicatorio en contenido y suficiente en practica, para entrar a manejar la máquina.
- Es indispensable que los operarios de la cizalla utilicen los elementos de protección necesaria para su cuidado personal, estos son:
 - Gafas
 - Guantes
 - Botas
 - Mascarilla
- Tanto la máquina como las líneas de aire y corriente eléctrica deben ser objeto de mantenimiento continuo para garantizar el funcionamiento normal del sistema.

C2. Seguimiento a la operación de la maquina de proyección de antracita.



REGISTRO DE OPERACIÓN
MAQUINA DE PROYECCION DE ANTRACITA
NOVIEMBRE

Nombre: ANDRES ROA PRADA

Fecha: 29 de Noviembre de 2005

DIA	ESTADO			CAUSA / OBSERVACION
	BIEN	REG.	MAL	
4		X		Fallas en válvula de descarga, obstrucción de manguera opera en algunas coladas.
7	X			Funcionamiento normal.
11		X		Parada por cambio de manguera quemada.
12		X		Inicia turno con manguera obstruida con elementos metálicos, luego funciona normalmente.
13		X		Inicia operando normalmente, luego manguera obstruida y fallas en válvula de descarga.
14		X		Fallas en válvula de descarga, funciona en algunas coladas
18	X			Mantenimiento preventivo, funcionamiento normal.
19		X		Fallas en válvula de descarga, opera en algunas coladas.
20			X	Pin compuerta de válvula descarga dañado.
21		X		Falla en compuerta de descarga, opera en algunas coladas
22		X		Obstrucción en manguera, mantenimiento a electro válvula, opera en algunas coladas
23		X		Inicia operando normalmente, luego manguera obstruida.

24		X		Fallas en válvula de descarga, funciona en algunas coladas
25			X	Fuga de aire alimentación tanque, funciona en 1 colada.
26		X		Parada por cambio de manguera quemada.
27		X		Fallas en válvula de descarga, opera en algunas coladas.
28			X	Obstrucción continua válvula de descarga.

CONCLUSIONES:

- Se observa dentro de los datos recolectados en el mes de noviembre que el 12% del tiempo hay una operación correcta, el 18% del tiempo se observa una operación muy deficiente y un 70% del tiempo hay un funcionamiento regular.
- Las fallas mas importantes en el mal funcionamiento de la maquina de proyección de antracita son la obstrucción de la válvula de descarga y el daño en la manguera de descarga hacia el horno.
- La ubicación de la manguera en el trayecto de la maquina hasta el horno es deficiente en el sentido de brindar la protección necesaria ante la caída de material a altas temperaturas y de chatarra.

ANEXO D. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS CON CHATARRA
FRAGMENTADA

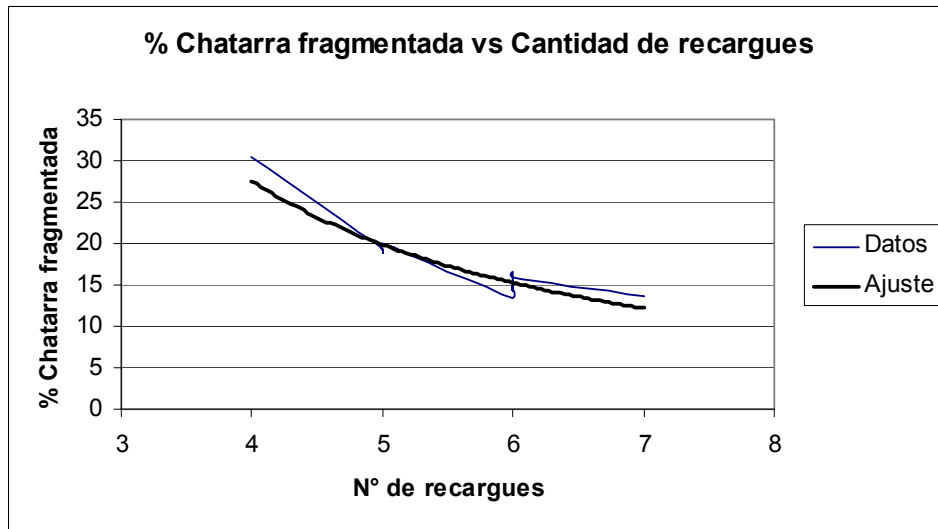


Figura D1. Porcentaje de chatarra fragmentada contra número de recargues, se observa la tendencia a disminuir el numero de recargues al aumentar el porcentaje de chatarra fragmentada

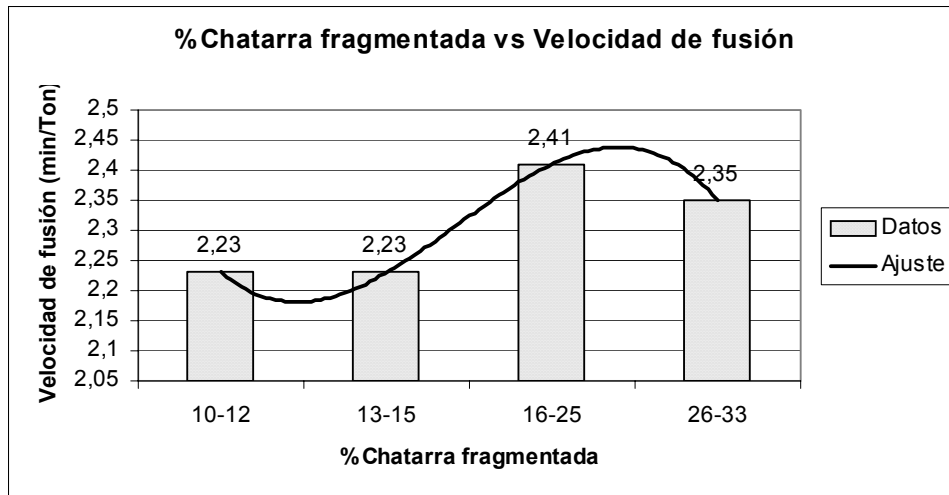


Figura D2. Porcentaje de chatarra fragmentada contra velocidad de fusión de la colada, no se observa un comportamiento claro en cuanto a la velocidad de fusión por encima del 25% de chatarra fragmentada

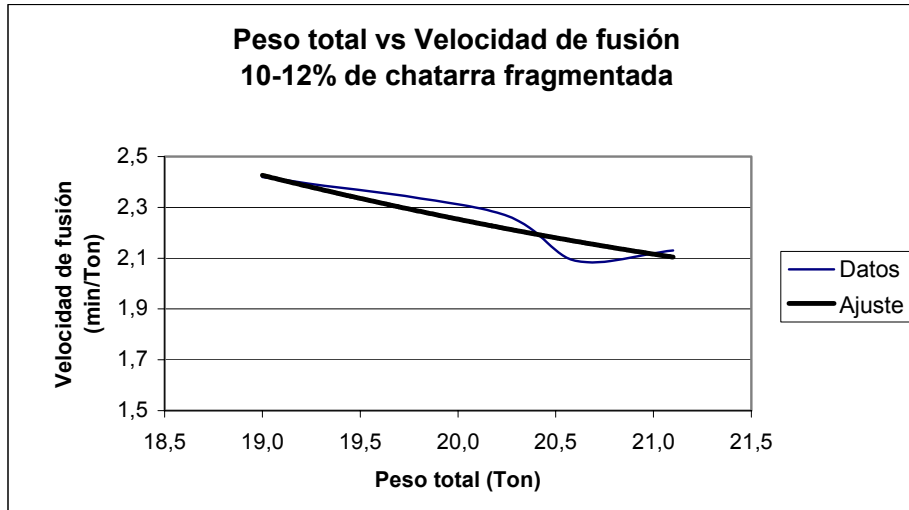


Figura D3. Peso total contra la velocidad de fusión para coladas entre 10-12% de chatarra fragmentada, se observa una disminución en la velocidad de fusión al aumentar el peso total de las coladas.

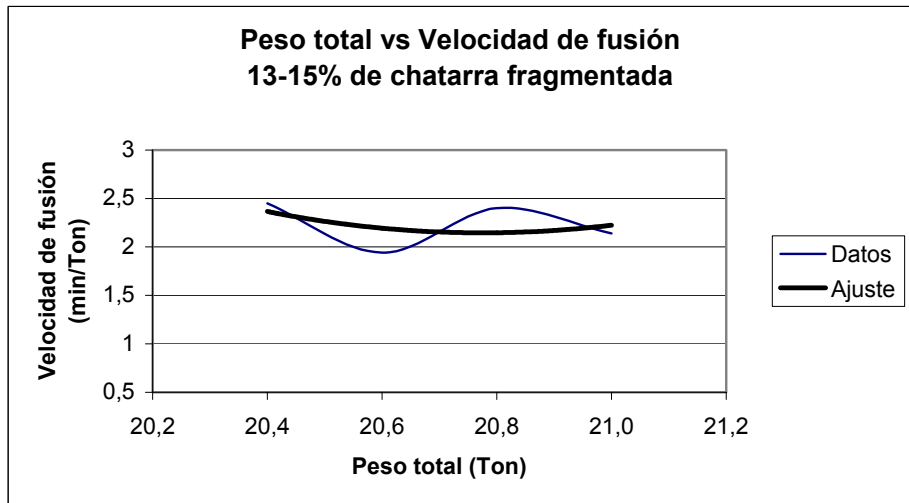


Figura D4. Peso total contra la velocidad de fusión para coladas entre el 13-15% de chatarra fragmentada, no se observa una tendencia clara de los datos recolectados.

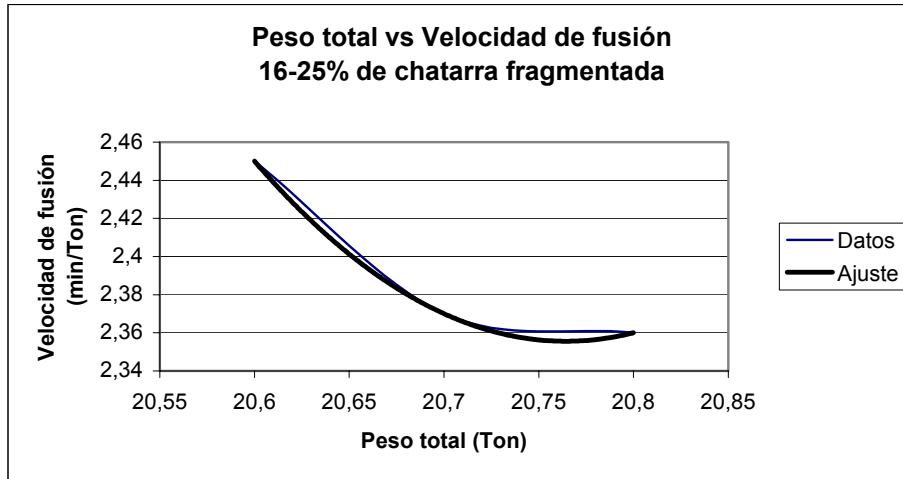
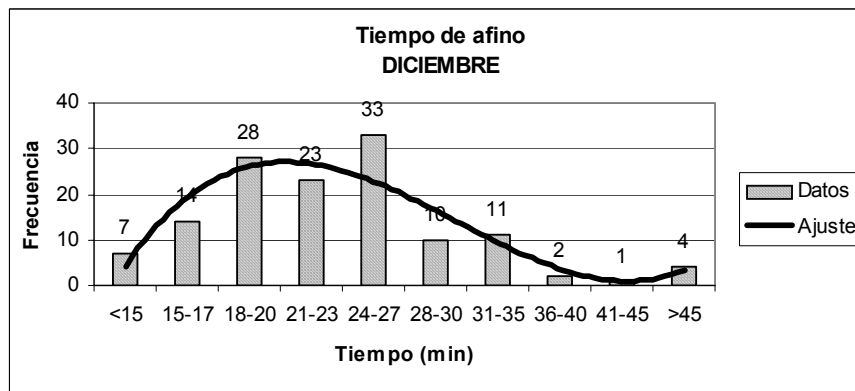
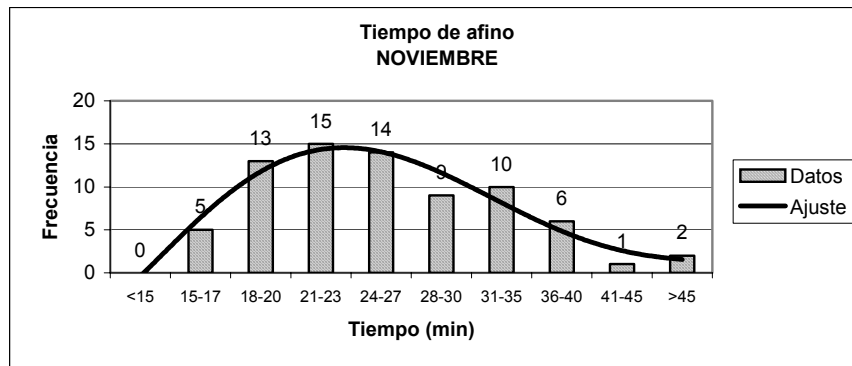
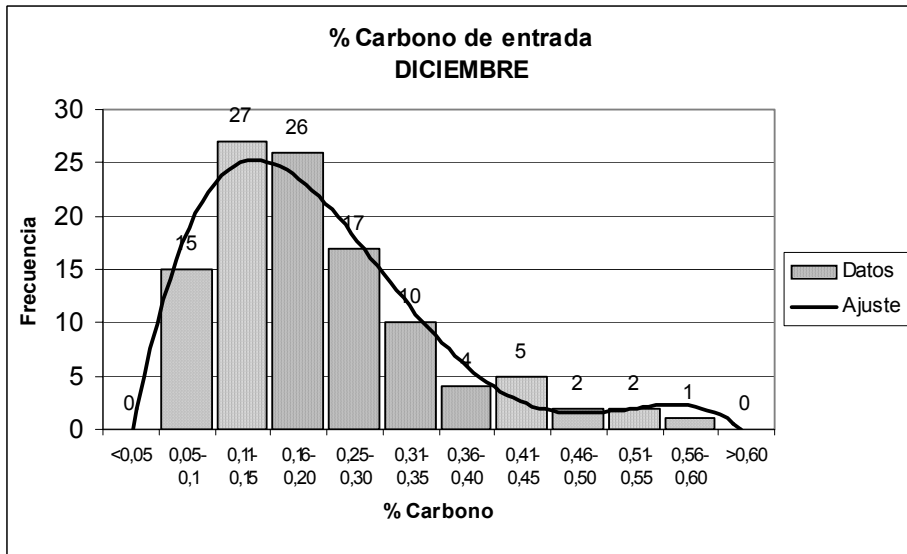
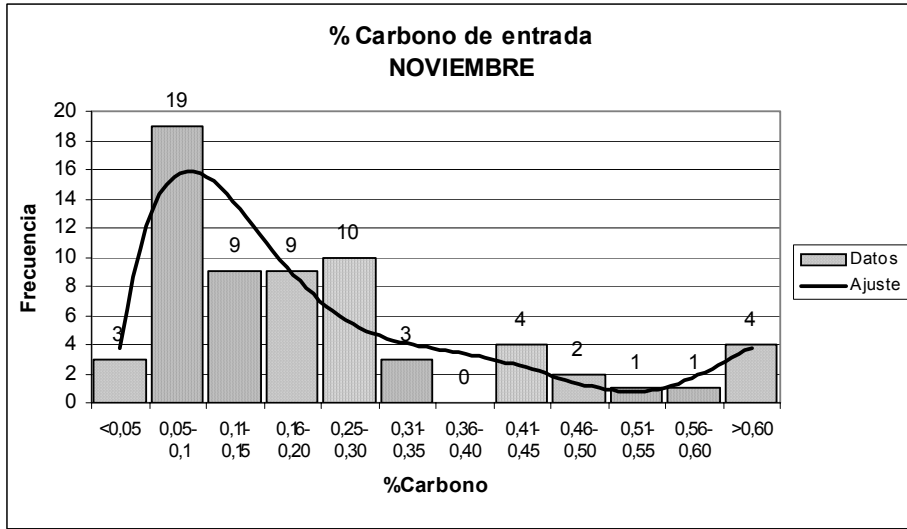


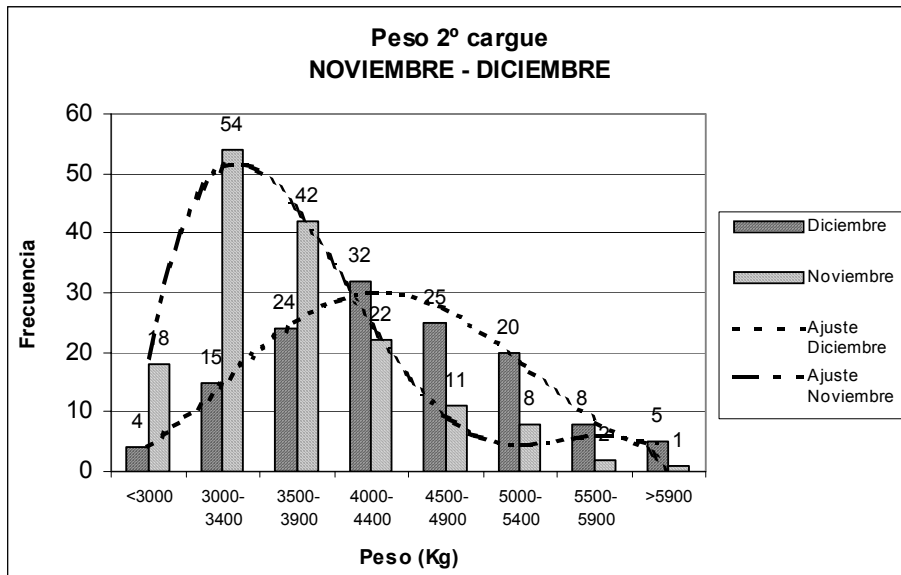
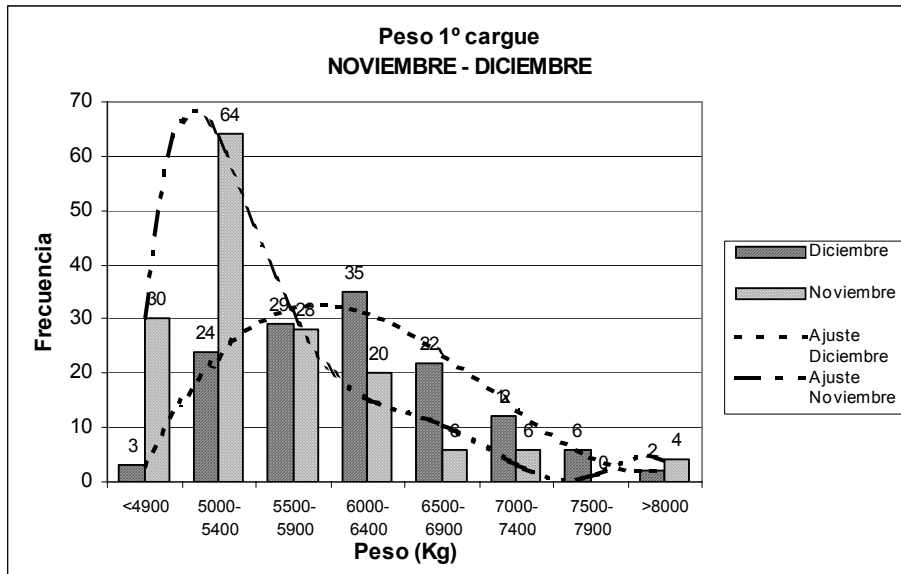
Figura D5. Peso total contra la velocidad de fusión para coladas entre el 16-25% de chatarra fragmentada, se ve la tendencia a la disminución de al aumentar el peso total de la colada.



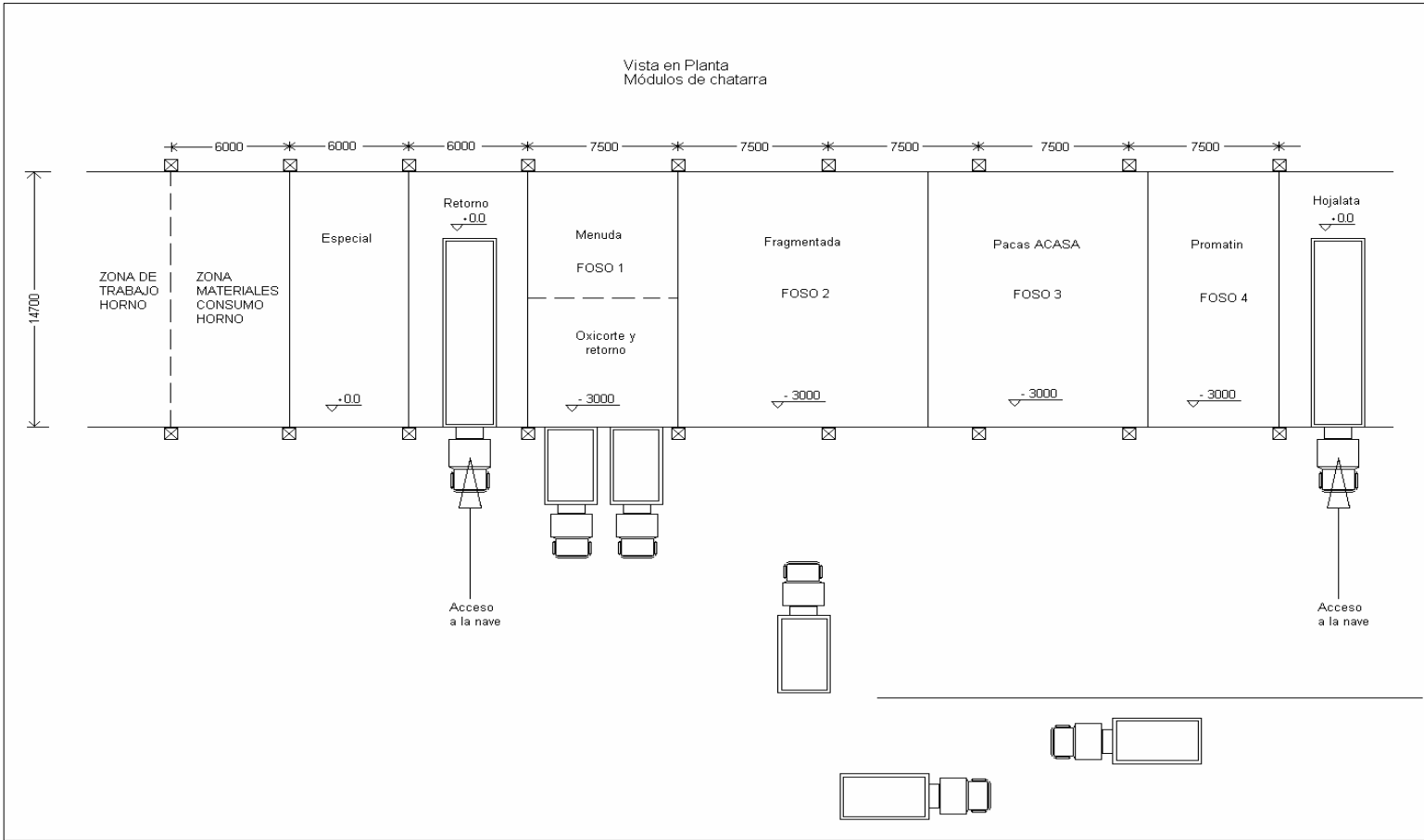
Figuras D6 y D7. Comportamiento del tiempo de afino durante el mes de Noviembre y Diciembre respectivamente, se observa que el 66% de los datos se encuentran entre 13 y 35 minutos de afino para el mes de Noviembre y para el mismo rango de tiempo coinciden el 94.74% de las coladas del mes de Diciembre.



Figuras D8 y D9. Comportamiento del porcentaje de carbono de entrada durante los meses de noviembre y diciembre, se observa una concentración de los datos en el rango de 0.05 a 0.35 % de carbono para ambos meses.



Figuras D10 y D11. Comportamiento del peso del primer y segundo cargues durante los meses de noviembre y diciembre, se nota el desplazamiento de la curva mayores valores de peso para los cargues.



D2. Distribución de la chatarra en los fosos de la nave de la acería.