

22
2ef



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"CRITERIOS PARA DETERMINAR
EL CALCULO DE CARGA"

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P R E S E N T A:

MIGUEL ANGEL PICHARDO DORANTES



FACULTAD DE
QUIMICA

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1991.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

Resumen	4
Introducción.	5
Capítulo I.- Definición de la Fundición Gris.	7
Ventajas de las Fundición.	8
Influencia de los principales Elementos.	10
Capítulo II.- Clasificación de la Materia Prima.	
a) Materias Primarias o Basicas.	14
b) Materias Secundarias.	15
c) Fundentes.	16
Capítulo III.- Trabajo Experimental.	19
Tipo de Aleación.	20
Tipo de Materia Prima, Análisis Químico.	21
Elementos de Carga.	22
Ritmo de Vaciado.	22
Diagrama de Flujo.	24
Capítulo IV.- Factores de Operación.	26
Algoritmo de Cálculo.	27
Hojas de Cálculo para Balance de Carga.	29
Hojas de Cálculo para Determinar Rendimientos.	30
Balance de Carga I.a	31
Determinación de Rendimientos Globales.	32
Capítulo V.- Resultados.	34
Cartas de Control de Análisis Químico	36
Capítulo VI.- Análisis de Resultados y Observaciones.	44
Conclusiones.	48
Apendice.	49
Bibliografía.	61

RESUMEN

El trabajo consiste en dos partes una teórica y una experimental.

En la primera se presentan los fundamentos teóricos relacionados al Hierro Gris, sus ventajas, propiedades y además se mencionan la influencia de los principales elementos de aleación.

En la segunda parte se presenta la forma que se procedió experimentalmente para definir los factores que se tenían que considerar para proponer el algoritmo de cálculo para el balance de carga y para determinar los rendimientos de los elementos de aleación en el metal líquido. Los factores que definieron fueron: Tipo de Materia prima y su análisis químico correspondiente; se presentan los porcentajes de material nuevo y de retorno para conformar la carga, ya que de esto depende cumplir con un análisis químico; se encuentra un factor que permite tener constantes los valores del análisis requerido, este factor es el ritmo de vaciado.

Una vez que se han considerado todos los factores que permiten elaborar la carga para fundir se procedió a proponer el Algoritmo de Cálculo con la finalidad de cumplir con un análisis químico requerido, presentando la hoja de cálculo para el balance de carga y la hoja de cálculo para determinar los rendimientos de cada elemento de aleación.

Los resultados de los análisis químicos se presentan en cartas de control de proceso que permiten tener rangos de trabajo.

La forma que se procedió a trabajar en la unidad de fusión se describe en la parte experimental.

I N T R O D U C C I O N

La finalidad del presente trabajo es la de establecer los criterios relacionados a un balance de carga. Este balance debe de cumplir con un análisis químico para un material obtenido por un proceso de fusión.

En la literatura no hay suficiente material teórico que explique los fundamentos de un balance de carga, solo se encuentran ejemplos muy simples.

Al empezar a trabajar en el area de la Fundición, fue primero realizar un balance de carga, al revisar la literatura no se encontro nada especifico que explicara adecuadamente los diferentes aspectos relacionados al balance de carga en fundición, tales como: Determinación de los Rendimientos, Tipos de Materia Prima, Operaciones complementarias al proceso de fusión.

Un balance de carga tiene dos aspectos relacionados entre sí el primero se refiere a las relaciones para conformar los elementos de la carga a fundir y el segundo se refiere a las constantes numéricas como los valores correspondientes a los rendimientos de los elementos aleantes en el metal líquido, que repercuten al realizar un balance de carga o en su defecto para realizar un ajuste de algún elemento aleante.

Estos factores solo se mencionan en la literatura vagamente sin explicar como y porque se generan estos factores. Por tal razon se establecen los siguientes objetivos en este trabajo con la finalidad de entender cada uno de ellos:

- a) Establecer las relaciones entre la materia prima para llevar a cabo un balance de carga.
- b) Proponer un algoritmo de cálculo para realizar el balance de carga y otro para determinar los rendimientos de los elementos aleantes.
- c) Al cumplirse los objetivos a y b, se buscara cumplir un análisis químico requerido.

C A P I T U L O I

Definición de la Fundición Gris.

Ventajas de las Fundiciones.

**Influencia de los Principales Elementos de
Aleación.**

DEFINICION DE LA FUNDICION

Las fundiciones grises son aleaciones de hierro, carbono y silicio que generalmente contienen también manganeso, fósforo, azufre. Son de mayor contenido en carbono que los aceros, de 2% a 4.5%, y adquieren su forma definitiva por colada, no siendo nunca las fundiciones sometidas a procesos de deformación plástica ni en frío ni en caliente. En general no son dúctiles ni maleables y no pueden forjarse ni laminarse.

En las fundiciones grises, que en la práctica son las más comunes, aparecen durante la solidificación y posterior al enfriamiento láminas de grafito que al originar discontinuidades en la matriz son la causa de que las características mecánicas de las fundiciones grises sean menores a las de los aceros.

Teóricamente las fundiciones pueden contener de acuerdo al diagrama Hierro-Carbono de 1.7% a 6.67% de carbono, sin embargo en la práctica se manejan rangos de 2% a 4.5% y rangos de trabajo de 2.80% a 3.5%. El contenido de silicio oscila de 0.4% a 2.50%. El contenido de manganeso es de 0.40% a 1.50%. Los porcentajes de azufre es de 0.01% a 0.02%, para fósforo es de 0.15 máximo.

Para conseguir ciertas características especiales se fabrican fundiciones aleadas, que además de los elementos citados anteriormente, contienen porcentajes variables de Cobre, Níquel, Molibdeno y cromo.

(8)

VENTAJAS DE LAS FUNDICIONES

"El empleo de la fundición para la fabricación de piezas para usos muy diversos, ofrece las siguientes ventajas:

- a) Desde el punto de vista económico una pieza de acero es más cara que una de fundición gris".
- b) Las fundiciones son más fáciles de maquinarse que los aceros.
- c) Capacidad de obtención de piezas grandes o pequeñas, con precisión dimensional y forma en comparación de piezas obtenidas en acero.
- d) El control de la temperatura es más fácil en la fabricación de fundiciones.
- e) El costo de instalaciones es menor en fundición.
- f) Las propiedades mecánicas obtenidas en fundición, son aplicables en Motores, Maquinaria, etc. Su resistencia a la compresión es muy elevada de 50 a 100 Kg/mm² y su resistencia a la tracción es de 12 a 90 Kg/mm².
- g) Es aceptable para muchas aplicaciones, tienen buena resistencia al desgaste y absorben muy bien las vibraciones de máquinas, motores a las que a veces son sometidas.

En dependencia del estado en que se encuentre el carbono en la fundición, se distinguen:

FUNDICION BLANCA.- La estructura de la fundición blanca consta de cementita y perlita (a temperatura normal). Por lo tanto, todo el carbono se halla en forma de cementita y el grado de grafitización es nulo. La fundición blanca es dura y frágil, es por ello no puede trabajarse con herramientas de corte.

FUNDICION GRIS.- En la estructura de la fundición gris hay grafito cuya cantidad, forma y tamaño varían dentro de límites amplios.

FUNDICION GRIS PERLITICA.- Su estructura está formada de perlita con precipitaciones de grafito. La perlita contiene un 0.8 % de C esta cantidad de carbono se halla en la fundición perlítica gris en estado ligado (es decir, en forma de Fe_3C), la cantidad restante se encuentra en estado libre, o sea, en forma de grafito.

FUNDICION GRIS FERRITO-PERLITICO.- La estructura de esta fundición está formada por ferrita + perlita y precipitaciones de grafito

FUNDICION FERRITICA.- En esta fundición la base es de ferrita y todo el carbono que hay en la aleación está en forma de grafito.

FUNDICION NODULAR.- El carbono se encuentra en su totalidad en estado libre formando grafito esferoidal.

FUNDICION MALLABLE.- Se obtiene por recocido de la fundición blanca. Aquí todo el carbono o una gran parte de él se encuentra libre en forma de nodulos (carbono de recocido).

INFLUENCIA DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DE ALEACION.

Antes de explicar la relación de los elementos químicos, se mencionaran sus características particulares:

a) CARBONO

"La forma en que se encuentra el carbono en el hierro gris, es muy importante para determinar su composición "

"El carbono se encuentra constituyendo:

4/5 grafito y 1/5 compuesto químico

"El porcentaje total de carbono en el hierro gris es de 2.7 % a 3.6 %" (3)

" El carbono favorece la grafitización , da estabilidad sobre los carburos a altas temperaturas, engruesa la estructura de grafito, el efecto en el carbono combinado de la ferrita decrece grandemente, el efecto que produce en la matriz es ablandar y favorece la formación de ferrita." (3)

b) SILICIO

"El porcentaje total del silicio es de 1.5 % hasta de 3.50 %.

El silicio ayuda a estabilizar el carbono en forma de grafito con esto al solidificar se obtiene una fundición gris." (3)

Al seleccionar el análisis químico de alguna carga es necesario ser lo más exactos posibles, ya que de este elemento repercute considerablemente en las propiedades mecánicas.

c) MANGANESO

" El manganeso tiene el efecto de desulfurante y desoxidante, también es unestabilizador de carburos y por lo tanto afecta la dureza del material. (1)

El contenido de manganeso es de 0.30 % a 1.30 %.

Contenidos mayores de 0.30 %, arriba del contenido teórico forma:

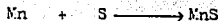
$$\text{Mn} + \text{S} \longrightarrow \text{MnS}.$$

Las aportaciones de Manganeso es a partir de arrabios con alto contenido de manganeso y de ferromanganeso" (1)

d) AZUFRE

"En cantidades exageradas: de azufre tiene un efecto negativo en el hierro gris, este será pastoso y fragil en caliente.

Con un contenido de manganeso se puede neutralizar o absorber el azufre:



peso atómico Mn = 54.92

peso atómico S = 32.064

$$\% \text{ Mn} = 1.728 (\% \text{ S})$$

El azufre se obtiene a partir del arrabio y del coque que va a aportar grafito". (8)

e) FOSFORO

"El fósforo puede ser positivo o negativo en función del porcentaje que se trabaje.

El contenido de fósforo es de 0.00 % a 0.15 % máximo.

Contenidos de 0.3% a 0.2%, el fósforo mantiene fluido al hierro gris debido a la formación del eutéctico binario llamado ESTEADITA que solidifica a 950°C aproximadamente.

Lo anterior da la importancia al fósforo para obtener piezas de pared muy delgada. La ESTEADITA da fragilidad al hierro gris en frío y presenta rechupe en las piezas.

Contenidos mayores de 0.3 % da como resultado altos contenidos de esteadita, lo que origina una alta resistencia al desgaste por rozamientos o fricción, tal como sucede en camisas para monoblocks y anillos para pistón." (8)

f) CROMO

"El cromo incrementa el carbono combinado, formando complejos carburos de hierro-cromo, más estables que el carburo de hierro. Pequeñas cantidades incrementan la resistencia, la dureza, la capa de hierro blanco, resistencia al desgaste y al calor. Pero disminuye la maquinabilidad. Para resistencia a la corrosión y para usos a altas temperaturas se usan contenidos de 30 % a 35 % de cromo y además se pueden adicionar otros elementos de aleación para conseguir tales propiedades." (1)

g) COBRE

"El cobre es un grafitizador, pero solo una quinta parte es más eficaz que el silicio. En la práctica se trabajan contenidos - de 0.25 % hasta 2.50 %. El cobre tiende a descomponer la cemen- tita y hacer resistente la matriz." (3)

h) MOLIBDENO

"El molibdeno mejora las propiedades mecánicas y es un leve es- tabilizador de carburos. El molibdeno se añade en cantidades - de 0.25 % a 1.25 %. La resistencia a la fatiga, al calor y la dureza se mejoran."(1)

"El molibdeno retarda la formación de austenita incrementando - así la temolabilidad." (1)

i) NIQUEL

"El níquel es un grafitizador en contenidos de 0.5 % a 6 % en - análisis químico. El objetivo es el de controlar la estructura retardando la formación de austenita, estabilizando la perlita y manteniendo el carbono combinado en la cantidad eutéctico"

C A P I T U L O I I

Clasificación de la Materia Prima:

a.- Primarias o Basicas.

b.- Secundarias.

c.- Fundentes.

CLASIFICACION DE MATERIA PRIMA

Para llevar a cabo la fusión es necesario establecer una clasificación de la materia prima:

a) Materias Primas PRIMARIAS o BASICAS.

ARRABIO.- Se utilizan como portadores de alantes o cuando se desea aportar un elemento en especial. Se pueden diferenciar -- los arrabios por los contenidos de carbono, silicio, manganeso y fósforo. " (6)

1.- Arrabios Normales con altos contenidos de Azufre.

2.- Arrabios Especiales: altos contenidos en C y Si y bajos en azufre para obtener hierro nodular; bajos en C, Si, con P y S para obtener hierro maleable; altos contenidos de P para obtener piezas delgadas. (6)

CHATARRA DE ACERO.- Contiene muy poco silicio y manganeso, entre 0.1% a 0.7%, el contenido de carbono oscila de 0.13% a 0.20%.

El porcentaje de chatarra de acero dentro de la carga, corresponde a un promedio de 10% a 30%. Es necesario mencionar que la dimensión de la chatarra debe de estar controlada en bajo o alto carbono. (4)

Para el desarrollo de este trabajo se necesita de la siguiente forma: a) tramos menores de 5Kg, b) puntas de varilla cortadas c) pedacería de muelle, d) puntas de riel de las laminadores.

El porcentaje que conforma la chatarra de acero que se usa en la carga, es debido a su influencia sobre el tamaño de grafito en las piezas vaciadas. " (4)

MATERIAL DE RETORNO.- Este se puede obtener de la misma planta:

a) Rebase.- Producida durante el proceso de maquinado desde que se recibe la pieza en bruto hasta obtener la camisa con dimensiones requeridas. Es necesario decir que el proceso de maquinado en las piezas se debe a que se tiene un perfil de dureza de menor a mayor con respecto al interior de la camisa y la parte externa de la camisa." (4)

b) Pedaceria.- Son aquellas que se obtienen por rechazos directos por fundición, piezas duras, blandas, diámetro fuera de especificación (gruesas o delgadas) y rechazos por maquinado, mal trabajadas, recortes de material a la pieza en bruto.

b) Materias Primas Secundarias o de Ajuste.

Son aquellas que de alguna forma aportará las cantidades o porcentajes faltantes una vez terminado el balance de carga. Los puntos faltantes pueden ser de uno o más elementos. Las aportaciones faltantes en el balance de carga se realizan através de las FERROLIGAS, que son ricas de algún elemento determinado, como ejemplo:

FERROSILICIO

"En la práctica se trabaja con material de 1/2 pulgadas como mínimo no es recomendable usar polvo ya que en este caso se oxida fácilmente y al usarlo así no se agrega silicio sino escoria tiene un contenido de 75% de silicio." (4) (6)

FERROMANGANESO

En la práctica se trabajo con contenidos de 70% a 75% de manganeso. Se puede adquirir en piedra y luego quebrarlo a 1/2 pulgada. (4) (6)

FERROFOSFORO

Se usa con contenidos de 20 a 25% de fósforo. Su tamaño debe de ser igual al del FeMn, para evitar que se oxide fácilmente. (4)

FERROCROMO

Se recomienda el contenido de cromo de 60% a 65% se puede adquirir en piedra. El cromo se puede obtener a partir del acero inoxidable 18-8, al usar acero inoxidable se aprovecha el contenido de níquel que contiene en su análisis. (4)

FERROMOLIBDENO

Se adquiere en forma de piedra con contenido de 55% a 60% de molibdeno, debe de quebrarse a 1/2 pulgada. También se puede usar como óxido de molibdeno en polvo. (4)

NIQUEL METALICO

Se puede usar en forma de: a) Níquel "P" en forma de granalla.
b) Níquel puro en esferas, C) Electrodo de Níquel, d) A partir
acero inoxidable tipo 18-8, 18%Cr-8%Ni. (4)

COBRE METALICO

Se recomienda usar cobre de grado electrolítico, en forma de ---
placa de cobre, alambre de cobre, y rebaba de cobre.

Cuando el material es muy delgado, las pérdidas al fundirlo son
muy altas ya que parte del cobre se pierde antes de hacer con--
tacto con el metal líquido, y esto origina que los rendimientos
sean de 30% a 40%.

GRAFITO

Es la materia prima que sirve para ajustar la composición o con--
tenido de carbono en el metal, hay dos formas de usar grafito:

- a) "Grafito Natural en Escamas.- Se recomienda usar de mayor pu--
reza posible con un tamaño de 1/8 a 1/4 pulgadas. Este tipo
de grafito natural es el que permite la mejor absorción de -
carbono por el metal fundido y también permite la formación
del mejor tipo de grafito "A" dentro del metal solidificado"
- b) "Grafito Sintético de Electrodo.- Aunque es más puro en con--
tenido de carbono es de más difícil absorción en el hierro -
fundido y produce grafito más pequeño del requerido y por lo
tanto causa problemas en el maquinado de las piezas." (3)

c) FUNDENTES

Cuando se ha entendido lo que es la fundición de hierro gris,--
se comprende que hay dos aspectos importantes que cuidar y que
son dependientes uno del otro, la composición química y la ca--
lidad de fusión.

Como "Calidad de Fusión" se entiende que se esta produciendo -
un metal libre de oxidaciones, de inclusiones no metálicas y -
de gases en el metal líquido.

Los fundentes son sustancias químicas que producen un mate --
rial vitreo que protege la superficie del metal fundido contra
la oxidación de la atmósfera y que al mismo tiempo recoge las

(17)

impurezas y los óxidos que se segregan del metal líquido a altas temperaturas. Hay varios tipos de fundentes tales como: (6) SODA ASH o CARBONATO DE SODIO.

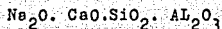
"Es un fundente muy fuerte. Se utiliza puro como complemento a las ferroligas. Cuando se usa la variedad de sosa ligera se requiere menor cantidad para lograr el mismo efecto.

POLVO DE "MARMOL o CARBONATO DE CALCIO" (3)

Se usa con una mezcla de carbonato de sodio, en diversas proporciones para una mejor viscosidad a la escoria para extraer los óxidos metálicos.

ARENA SILICA

Se usa como un complemento en la formación de la escoria. Su fórmula esta compuesta por los siguientes óxidos: (4)



La arena silica 20-30 AFS, se puede usar para endurecer la escoria.

CAPITULO III

TRABAJO EXPERIMENTAL

Tipo de Aleación.

Análisis Químico Requerido.

Tipo de Materia Prima.

Elementos de Carga.

Ritmo de Vaciado.

Diagrama de Flujo.

T R A B A J O E X P E R I M E N T A L

La forma que se procedio para alcanzar los objetivos de este trabajo lo podemos dividir en la siguiente forma:

- 1.- Definir los tipos de materia prima y sus análisis químicos correspondientes, como se puede ver en la tabla I y II.
- 2.- Se establecen los porcentos de los elementos de carga en función del material nuevo y material de retorno, 30 % y 70 % respectivamente. Los porcentos de los elementos de carga tiene como finalidad el de aportar la mayor cantidad de puntos de algun elemento aleante para cumplir con un análisis químico.
- 3.- Presentar un ritmo de vaciado adecuado que nos permita tener un mejor control en los valores del análisis químico, basado en la cantidad de material que se va cargando al horno y el material que se va vaciando. Ver tabla III y IV

Una vez que se han considerado los anteriores criterios se procedio a proponer el Algoritmo de Cálculo para ejecutar el Balance de Carga, considerando análisis químico de la materia prima y las cantidades nominales de las ferroligas. Se obtuvieron Rendimientos globales preliminares para considerar los rendimientos de los elementos aleantes en el metal líquido, ver tabla VIII.

Propuesto el Algoritmo de Cálculo se efectuaron cinco balances de carga, con la finalidad de cumplir un análisis requerido y a su vez verificar que tan confiable es el algoritmo de cálculo al considerar los anteriores criterios.

Las muestras del material se mandan a laboratorio cada cuatro horas, lo que representa fundir ocho cargas, 960 kg.

El ciclo de Carga es el siguiente: 1 Escoriar, 2 Agragar Liga 3 Agregar Acero, 4 Agrgar Lingote, 5 Agregar Rechazo, 6 Rebaba. Repetir desde el punto 1 cada vez que se han cargado 240 kg., es decir cada dos cargas.

T R A B A J O E X P E R I M E N T A L

Aquí se presentara una metodología la cual contempla variables que son importantes para realizar un balance de carga :

- a.- Tipo de Aleación que se trabajara.
- b.- Análisis químico requerido.
- c.- Tipo de Materia Prima y su Análisis químico correspondiente.
- d.- Relaciones entre los elementos de carga.
- e.- Definir la importancia de establecer un Ritmo de Vaciado.
- f.- Trazar un Diagrama de Flujo para la operación de fusión.
- g.- Considerar factores secundarios de proceso de fusión.

Una vez definidas cada una de las variables, se procedera a definir los terminos del Algoritmo de Cálculo para el Balance de Carga y el Algoritmo para Determinar los Rendimientos, y en seguida se proponen cargas para su fusión y cumplir un análisis químico .

- a.- TIPO DE ALEACION: Hierro Gris Perlitico, para la obtención de -
Camisas para Motor.
- b.- ANALISIS QUIMICO: Carbono de 3.15 a 3.50%
Silicio de 2.0 a 2.60 %
Manganeso de 0.40 a 1.0 %
Cromo de 0.10 a 0.40 %
Fósforo de 0.15 % maximo
Azufre de 0.10 % maximo

DUREZA DE 209 HB. A 303 HB.

RESISTENCIA A LA TENSION 34 700 PSI

ESTRUTURA DE GRAFITO "A" Preferible, "B" Aceptable

MATRIZ Perlitica

FERRITA 5 % max. en zona de desgaste.

ESTEADITA Fina, bien distribuida.

TIPO DE MATERIA PRIMA.

Materia Prima Primaria o Basica, se refiere al Arrabio o lingote y a la Chatarra de Acero.

Materia Prima Secundaria, aquellas que aportaran las cantidades o porcentajes faltantes al termino del balance de carga. Estas aportaciones se harán con Ferroligas, las que estan compuestas por fierro y algún elemento (Si, Mn, Cr, P, Mo, etc).

	% Carbono	% Silicio	% Manganeso	% Cromo	% Fósforo
Grafito	72	0	0	0	0
FeSi	0	75	0	0	0
FeMn	0	0	74	0	0
FeP	0	0	0	0	25
Inox	0	0	0	18	0

Tabla I.- Cantidad Nominal de Material en la Ferroliga.

El análisis químico para el Arrabio y la Chatarra de Acero se determina cada vez que llega un lote a la planta. Por tal razon se llega a establecer los siguientes valores en función de los registros en el laboratorio.

	% Carbono	% Silicio	% Manganeso	% Cromo	% Fósforo
Acero	0.13	0.25	0.75	0.13	0.32
Arrabio	4.3	2.7	0.66	0.40	0.07

Tabla II.- Análisis Químico Nominal para efectos de cálculo para Acero y Arrabio.

El Análisis químico correspondiente al Material de Retorno y Rebaba se obtiene por los registros en el laboratorio.

ELEMENTOS DE CARGA.

Para determinar la carga que se ha de fundir en el horno es necesario determinar el porcentaje correspondiente entre el material nuevo y el material de retorno. Una vez definido el porcentaje de materiales, estará en función del material que se va al mercado (material aceptado) y el porcentaje de material rechazado. A mayor rechazo se produce más retorno y en consecuencia se requiere menos material nuevo.

Material Nuevo = Acero	+ Arrabio	Retornos	Total
20 %	10 %	10 %	80 %
25 %	10 %	15 %	75 %
30 %	10 %	20 %	70 %
35 %	10 %	25 %	65 %
40 %	10 %	30 %	60 %
45 %	10 %	35 %	55 %
50 %	10 %	40 %	50 %

Tabla III.- Relaciones de Material Nuevo y de Retorno, para conformar la carga.

RITMO DE VACIADO.

En lo que se refiere al rendimiento o capacidad de fusión del horno, el cual nos permite obtener el número de cargas a fundir por hora y de esta manera determinar el número de piezas vaciadas que se pueden obtener, lo anterior implica establecer un ritmo de trabajo.

Capacidad del Horno = 5000 kg./ día

Tres turnos de 8 hrs. = 1666.6 kg/turno

Peso de la Carga 120 kg = De 12 a 14 cargas a fundir / turno
 kilogramos fundidos/turno = 208 kg/hr = 1666.66 kg.

Peso Promedio de la Pieza = 8.5 kg.

Piezas por turno = $1666.6/8.5 = 196$ pzas./turno
 Tiempo de trabajo efectivo = 450 minutos
 Ritmo de Vaciado = $\frac{450 \text{ minutos}}{196 \text{ pzas.}} = 2.24$ minutos/pieza vaciada

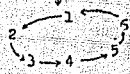
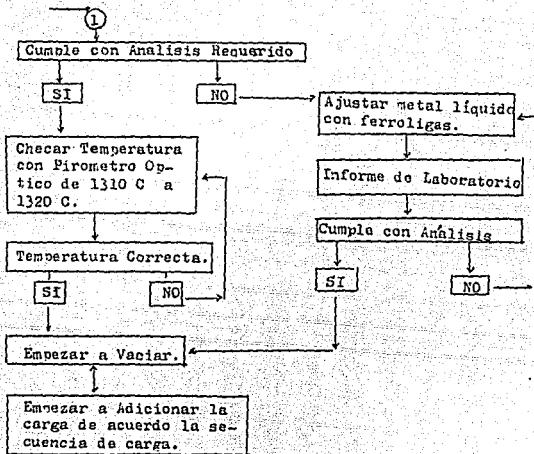
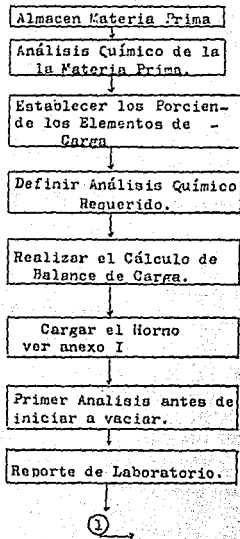
que es el tiempo que permite tener el nivel del horno constante y además cumplir con la cantidad de material que se funde y la cantidad de material que se esta vaciando.

Hasta ahora se han mencionado dos aspectos importantes, relación entre el material nuevo y de retorno, y el ritmo de vaciado. Pero es necesario mencionar que de los 100 kg que se van a fundir no el 100% se funde, sino que hay perdidas estas son cuando se ha generado la ESCORIA representando en promedio 15% a 20%; por tal razon es necesario compensar esta pérdida con un 20% más de material de retorno.

Por lo anterior se puede establecer una nueva relación entre material nuevo y de retorno, ver tabla IV

Material Nuevo =	Acero +	Arrabio	Retorno	Total
30 Kg	10 Kg	20 Kg	90 Kg	120 kg
20	00	20	100	120
40	40	0	100	120
00	00	0	120	120
5	5	0	100	120
24	24	0	100	120
40	20	20	80	120

Tabla IV.- Nueva Relación de Material nuevo y de retorno, para compensar las perdidas cuando se genera la escoria.



- 1.- Escoriar
- 2.- Agregar Ferroliga
- 3.- " Acero
- 4.- " Lingote
- 5.- " Rechazo
- 6.- " Rababa

Diagrama de Flujo para la Opera- ción de Fusión.

C A P I T U L O I V

Algoritmo de Cálculo.

Hojas de Cálculo para el Balance de Carga.

Hojas de Cálculo para determinar Rendimientos.

Cálculos Balance de Carga I.a, II.a, III.a

Cálculos Rendimientos I.b, II.b, III.b

FACTORES DE OPERACION.

Dentro de la industria para que un proceso llegue a ser óptimo debe de cumplir con los factores de operación que de alguna forma son la base de un buen proceso de fusión. Estos factores los podemos describir de la siguiente forma:

- a) Calidad de la Materia Prima: Esta debe de cumplir con la especificación requerida del producto.
- b) Tener determinado cada uno de los pasos del proceso de fusión, - desde que se pese cada uno de los elementos que conforman la carga hasta que sea vaciado la pieza.
- c) Tratamiento del Metal Líquido: algunos procesos de fusión requieren operaciones complementarias: desgasificación del metal líquido, inoculación al metal líquido, inyección de oxígeno u argón. Estas operaciones de alguna forma u otra alteran la composición química del metal líquido afectando los rangos del análisis químico requerido. En nuestro caso no se requieren ninguna de estas operaciones complementarias.
- d) Dar constante capacitación al personal de mano de obra.
- e) Método Auxiliar de Control Cualitativo.

El control auxiliar cualitativo lo podemos definir como la obtención de una CUÑA. La cual es una medida de la tendencia al blanque del hierro, y se obtiene vaciando el metal líquido a un molde (molde Shell) cuya cavida es una cuña, que representara diferentes velocidades de enfriamiento lo que origina una zona gris y una blanca, además se puede observar el tamaño de grano.

Estas areas indican la falta o exceso de carbono o silicio en el análisis y un tamaño de grano abierto o cerrado indica una dureza alta o baja.

Este control es muy aplicable en la area de la fundición.

ALGORITMO DE CALCULO

El balance de carga requiere operaciones de matemáticas que permiten hacer cálculos de una manera fácil, por lo tanto es necesario desarrollar un Algoritmo de Cálculo para tal objetivo, esto lo podemos iniciar paso por paso y al último presentar una Hoja de Cálculo para el balance de carga:

- a. - base de cálculo 120 Kg de materia prima.
- b. - Determinar el porcentaje de material nuevo y de retorno. tabla IV
- c. - Aportaciones en kg. de cada uno de los elementos

$$\text{Kg. X} = (\% \text{ x Ret} \times \text{kg Ret}) + (\% \text{ x Ac} \times \text{kg Ac}) + (\% \text{ x Arr} \times \text{kg Arr})$$

Donde Kg X = Carbono, Silicio, Manganeso, Cromo, Fósforo, etc.

$\% \text{ x Ret}$ = es el análisis químico correspondiente a cada uno de los elementos, en el material de Retorno

$\% \text{ x Ac}$ = es el análisis químico correspondiente a cada uno de los elementos en la Chatarra de Acero.

$\% \text{ x Arr}$ = es el análisis químico correspondiente a cada uno de los elementos, en el Arrabio.

kg de Ret, Ac, y Arr = corresponde a los kilogramos que se usaran de Retorno, Acero, Arrabio. Tabla IV

$\% \text{ x de Ac y Arr}$ = ver tabla II

$\% \text{ x de Ret}$ = es el promedio acumulado por día ó por semana de los análisis químicos reportados por laboratorio.

d. - Considerar los contenidos de las ferroligas, ver tabla I

e. - Calcular el aporte real de cada elemento, kg

$$\text{Kg x} = \text{kg x aportados} \times \text{Contenido de x'}$$

Donde kg x' aportados = son los kgs. que se calculan para cada uno de los elementos, inciso (c)

Contenido x' = se toma el valor de cada elemento de la tabla I, para Carbono, Silicio, Manganeso, Cromo, Fósforo, etc.

(28)

f.- Determinar el valor del Análisis Químico que se va a trabajar para Carbono, Silicio, Manganeso, Cromo, etc.

g.- Especificación requerida para 120 kg. de carga a fundir.

$\% X = 120 \text{ kg.} \times \text{Análisis Químico de trabajo o Requerido}$

Donde $\% X$ = es el porciento de cada uno de los elementos necesarios para 120 kg.

h.- Hacer la Resta de g-e

i.- Calcular los kilogramos de ferroliga para cada elemento:

$$\text{Kg X} = \frac{\text{valor de la resta de g-e}}{\text{Cantidad Nominal de la Ferroliga, ver tabla I}}$$

j.- Determinar eficiencias preliminares de cada uno de los elementos Carbono, Silicio, etc., en el baño metalico. Tomando en consideración análisis químico iniciales y finales, además la cantidad de materia prima que se ha fundido. Ver cálculos I.b II.b, III.b.

k.- El registro de los valores de Análisis Químico de cada uno de las cargas propuestas se ha-ran en hojas de Control de Proceso.

En las siguientes paginas se presentan las hojas de cálculo - para realizar el balance de carga y para determinar los rendimientos figura A y B

(29)

BALANCE DE CARGA

Material	Kg.	Análisis Químico del Material						
		C	Si	Mn	Cr	P	Cu	Mo
Rebaba	_____	3.3	2.25	0.70	0.30	0.10		
Forja	_____	3.3	2.25	0.70	0.30	0.10		
Lingote	_____	4.3	2.70	0.66	0.40	0.07		
Acero	_____	13	0.25	0.75	0.13	0.32		

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO (kg)

Material	Kg	C	Si	Mn	Cr	P	Cu	Mo
Rebaba	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Forja	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Lingote	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Acero	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Total	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Contenido ferroliga		72	75	74	18	25	99	60
Aportado Real (a)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Especif. deseada	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Especif. p/120 Kg (b)	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Diferencia b-a	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Contenido ferroliga (a)		72	75	74	18	25	99	60
Kgs. Liga c/d	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Eficiencia Metal Liq.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
Kgs. Necesarios de Ferroliga e/f	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

Figura A.- Hojas de Cálculo para realizar el Balance de Carga.

CALCULOS PARA DETERMINAR RENDIMIENTOS

Carga que se trabajo.....
 Número de Cargas Fundidas.....
 Kilogramos Fundidos.....
 Kilogramos Vacios..... = piezas

Material	Kgs./Carga	COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL DE CARGA				
		% C	% Si	% Mn	% Cr	% P
Acero		.13	.25	.75	.13	.32
Lingote	4.3	2.7	.66	.40	.07	
Rebaba	3.4	2.3	.80	.32	.10	
Rechazos	3.4	2.3	.80	.32	.10	
Grafito	.72	0	0	0	0	
Fe-Si	0	.75	.40	0	.03	
Fe-Mn	0	.7	.74	0	.2	
Fe-P	0	1	0	.25	0	
Inox.	0	0	0	.18	0	

 Analisis Químico inicial

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO (kg)

Material	Kgs.	C	Si	Mn	Cr	P
Acero						
Lingote						
Rebaba						
Rechazo						
Grafito						
Fe-Si						
Fe-Mn						
Fe-P						
Total kgs.						
Por ciento kg i/Kgt						
Segundo Analisis						
Rendimiento						
Ajustes						
Rendimientos Fijos						

Figura B.- Hojas de Cálculo para Determinar los Rendimientos.

BALANCE DE CARGA I.a

Material	Kg.	ANALISIS QUIMICO DEL MATERIAL DE CARGA					
		% C	% Si	% Mn	% Cr	% P	% Mo
Rebaba.	80	3.3	2.25	.70	.30	.10	-
Rechazo	10	3.3	2.25	.70	.30	.10	-
Lingote	20	4.3	2.7	.66	.40	.07	-
Acero	10	.13	.25	.75	.13	.32	-
Total	120						

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO (kg.)

Material	Kg.	C	Si	Mn	Cr	P	Mo
Rebaba	80	2.64	1.8	.56	.24	.008	-
Rechazo	10	0.33	0.225	.07	.03	.01	-
Lingote	20	0.86	.54	.132	.08	.014	-
Acero	10	.013	.025	.075	.013	.032	-
Total	120	3.84	2.59	.837	.363	.136	-

Cantidad Nominal en la Ferroliga (%) 72 75 74 98 25 -

Aportación Real (a) 2.76 1.93 0.62 0.35 0.034 -

Análisis Requerido 3.4 2.3 0.80 0.32 0.10 -

Análisis Requerido para 120 kg. (b) 4.08 2.76 0.96 0.38 0.12 -

Diferencia de b - a 1.32 0.82 0.34 0.034 0.086 -

Cantidad Nominal en ferroliga (%) (d) 72 75 74 98 25 -

Kgs. Ferroliga c/d 1.83 1.1 0.450 0.03 0.344 -

Eficiencia en Metal líquido (f) 52 70 72 95 62 -

Kgs. de Ferroliga necesarios (c/d)/f 3.500 1.600 .625 0.0 0.520 -

CALCULOS PARA DETERMINAR RENDIMIENTOS

Carga que se trabajo..... I
 Número de Cargas Fundidas..... 6
 Kilogramos Cargados 756 kgs.
 Kilogramos Vaciedos..... 680 kg. = 80 piezas

Material	Kgs./Carga	COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL DE CARGA				
		% C	% Si	% Mn	% Cr	% P
Acero	10	.13	.25	.75	.13	.32
Lingote	20	4.3	2.7	.68	.40	.07
Rebaba	80	3.4	2.3	.80	.32	.10
Rechazos	10	3.4	2.3	.80	.32	.10
Grafito	3.500	72	0	0	0	0
Fe-Si	1.800	0	75	.40	0	.03
Fe-Mn	0.250	0	.7	74	0	.2
Fe-P	0.100	0	1	0	25	0
Inox.	0.0	0	0	0	16	0

Análisis Químico inicial 3.48 2.26 .94 0.26 .06

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO (kg)

Material	Kgs.	C	Si	Mn	Cr	P
Acero	60	0.078	0.15	0.45	0.078	0.192
Lingote	120	5.196	3.23	0.792	0.48	0.084
Rebaba	420	14.28	9.66	3.36	1.34	0.42
Rechazo	60	2.04	1.38	0.48	0.192	0.06
Grafito	21	15.12	0	0	0	0
Fe-Si	10.8	0	0.081	0.432	0	0
Fe-Mn	1.500	0.1035	0.010	1.159	0	0
Fe-P	0.600	0	0	0	0	0
Total kgs.	756	35.507	16.42	6.49	2.47	0.725
Porcentaje kg i/Kgt		4.69	2.17	0.93		
Segundo Análisis		3.38	2.19	0.84	0.35	0.10
Rendimiento		72	95	90		
Ajustes al Metal Líquido = 7 kg. de FeSi + 0.500 kg. FeMn						
Rendimientos Fijos		72	70	95		

CUADRO I.b, Determinación de Rendimientos Preliminares para realizar el balance de carga.

C A P I T U L O V

Resultados

R E S U L T A D O S.

Una vez propuesto el algoritmo de cálculo se realizaron cinco balances de carga:

Carga	Rebaba	Rechazo	Lingote	Acero
I	80	10	20	10
II	70	30	20	00
III	100	00	00	10
IV	80	20	00	20
V	80	10	20	15

Tabla V.- Cargas propuestas, en función de material nuevo y de retorno.

Carga	I	II	III	IV	V
Rebaba	80	70	100	80	80
Rechazo	10	30	000	20	10
Lingote	20	20	000	00	20
Grafito	3.500	3.500	2.500	5.100	4.500
FeSi	1.800	1.400	1.200	1.800	2.100
FeMn	0.620	0.600	0.230	0.250	0.125
Inox.	00	0.700	1.700	00	0.000
Acero	10	00	10	20	15
FeP	0.520	0.300	0.500	0.100	0.100

Tabla VI.- Ajuste a las Cargas con ferroliga, al terminar el balance de carga.

Carga	% C	% Si	% Mn	% Cr	% P
I	3.4	2.30	0.80	0.32	0.10
II	3.20	2.40	0.70	0.45	0.11
III	3.30	2.35	0.70	0.30	0.10
IV	3.15	2.40	0.80	0.40	0.05
V	3.20	2.30	0.80	0.35	0.05

Tabla VII.- Análisis Químico, que tiene que cumplir las cargas de la tabla VI

RENDIMIENTOS PRELIMINARES GLOBALES.

CARBONO	52	60	58
SILICIO	70	68	72
MANGANESO	70	71	70
CROMO	90	92	88
FOSFORO	65	70	62

TABLA VIII

NOTA: Los valores obtenidos son al fundir 6 y 7 cargas correspondientes al balance de carga I.a. Estos valores son la base de los cálculos para los balances,

REGISTRO DE DATOS

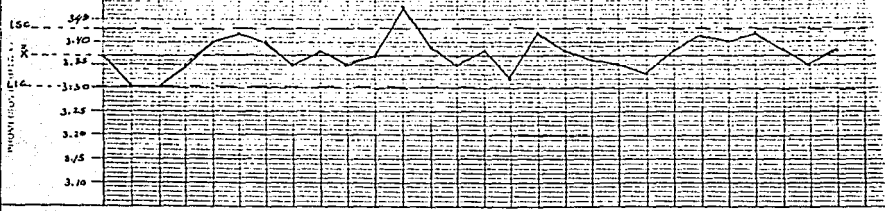
A continuación se presentan las cartas de control, en estas se registraron los valores de análisis químico obtenidos al fundir las cargas propuestas I, II, III, IV, y V. Estas cartas de control nos muestran límites de trabajo superior e inferior y promedios - que sirven para saber el comportamiento del proceso de fusión.

ANALISIS QUIMICO DE:	CARGA FUNDIDA	PAGINA
% CARBONO	I	36
% CARBONO	II	37
% SILICIO	I	38.
% SILICIO	II	38.a
% SILICIO	III	39
% MANGANESO	I, II, III	40
% CROMO	I, II, III	41
% FOSFORO	I, II, III	42

CAPTA T - R

FECHA	FUUSION										HORNO DE INDUCCION										CAMISAS PARA MOTOR										
	% CARBONO										CARGA																				
HORA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
LECTURAS	1	3.47	3.32	3.23	3.32	3.37	3.50	3.49	3.41	3.35	3.31	3.37	3.48	3.48	3.32	3.42	3.2	3.46	3.43	3.35	3.32	3.33	3.31	3.42	3.47	3.45	3.37	3.45	3.37	3.43	3.33
	2	3.38	3.30	3.33	3.37	3.48	3.40	3.45	3.46	3.44	3.36	3.38	3.37	3.40	3.36	3.32	3.4	3.48	3.37	3.40	3.42	3.40	3.30	3.43	3.37	3.45	3.37	3.43	3.33	3.35	
	3	3.47	3.27	3.19	3.48	3.36	3.45	3.35	3.43	3.40	3.30	3.49	3.44	3.17	3.42	3.40	3.16	3.35	3.34	3.45	3.26	3.35	3.33	3.40	3.44	3.40	3.35	3.40	3.35	3.40	
	4	3.46	3.37	3.34	3.36	3.30	3.45	3.37	3.35	3.35	3.37	3.37	3.35	3.38	3.35	3.35	3.37	3.36	3.36	3.35	3.30	3.20	3.44	3.39	3.40	3.38	3.40	3.35	3.40	3.37	
	5	3.25	3.27	3.35	3.21	3.40	3.37	3.37	3.32	3.40	3.35	3.37	3.37	3.37	3.37	3.37	3.30	3.40	3.30	3.37	3.37	3.38	3.35	3.43	3.35	3.42	3.35	3.35	3.37	3.37	
SUMA		16.84	16.31	16.44	16.76	17.03	17.44	17.61	17.74	17.9	17.77	18.1	18.44	18.04	18.74	18.78	18.55	18.4	18.9	18.3	18.7	18.6	18.7	18.7	18.4	18.9	18.7	18.4	18.7	18.9	
R		3.37	3.20	3.23	3.35	3.4	3.43	3.43	3.39	3.38	3.39	3.38	3.39	3.38	3.35	3.32	3.42	3.38	3.36	3.35	3.30	3.33	3.33	3.43	3.35	3.42	3.35	3.35	3.35	3.35	
R		3.16	3.27	3.23	3.27	3.4	3.3	3.40	3.25	3.26	3.27	3.26	3.15	3.11	3.17	3.27	3.12	3.28	3.27	3.25	3.11	3.20	3.16	3.24	3.27	3.27	3.25	3.11	3.09	3.09	

$\bar{F} = 3.37$ $LSC = \bar{F} + A_2 R = 3.43$ $LIC = \bar{F} - A_1 \bar{R} = 3.30$ $A_2 = 0.58$



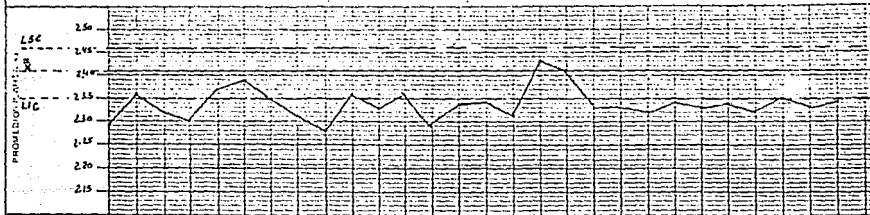
R = 3.16 LSC = 3.43 LIC = 3.30 A₂ = 0.58 A₁ = 1.42

MANEJO DE CARTA N.º (36)

CONTROL DEL PROCESO

CARTA T - R

PROCESO		MATERIA	OP. DE TURNO	OP. DE TURNO	MATERIA	MATERIA														
MATERIA	MATERIA	MATERIA	MATERIA	MATERIA	MATERIA	MATERIA														
% SILICIO		CARGA																		
FECHA																				
HORA																				
LECTURAS	1	1.77	1.80	1.85	1.85	1.87	1.87	1.85	1.85	1.87	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87	1.87
	2	1.80	1.82	1.80	1.82	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
	3	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
	4	1.85	1.87	1.89	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88	1.88
	5	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85
SUMA		11.82	11.85	11.85	11.81	11.81	11.85	11.77	11.87	11.83	11.84	11.84	11.84	11.84	11.84	11.84	11.84	11.84	11.84	11.84
MATERIA		1.84	1.85	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84
MATERIA		1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84	1.84



R = PROMEDIO DE R	LCC = D ₁ - R	LIC = D ₂ - R	D ₁ = 2.0	D ₂ = 2.11

MATERIA (8)

CONTROL DEL PROCESO

CARTA \bar{X} - R

NOVEMBRE DE 1967

PROCESO	MATERIA	OP. DE FABRICA	OP. DEL TALLADO
---------	---------	----------------	-----------------

MÁS DE TURNOS	MÁS DE PRODUCTOS	MÁS DE OPERARIOS	MATERIA PRIMA
---------------	------------------	------------------	---------------

% SILICIO

CARGA IT

FECHA																										
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

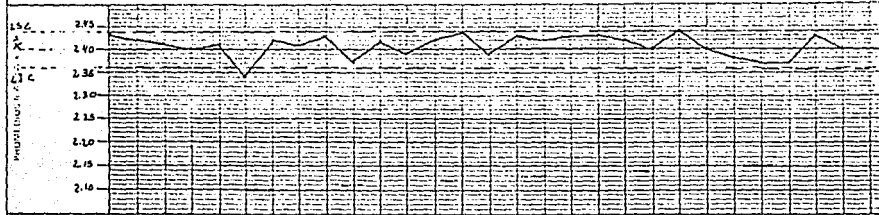
HORA																										
------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LECTURAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
	1	2.37	2.46	2.48	2.46	2.38	2.43	2.51	2.49	2.58	2.49	2.47	2.35	2.40	2.49	2.39	2.42	2.48	2.49	2.49	2.38	2.40	2.44	2.39	2.49	2.32	2.39	2.42	2.38	
	2	2.40	2.44	2.40	2.35	2.42	2.47	2.47	2.49	2.40	2.40	2.44	2.40	2.42	2.47	2.47	2.43	2.40	2.42	2.42	2.43	2.42	2.42	2.43	2.42	2.43	2.43	2.43	2.42	2.42
	3	2.41	2.39	2.38	2.41	2.45	2.47	2.43	2.33	2.40	2.39	2.29	2.42	2.43	2.40	2.45	2.40	2.37	2.39	2.43	2.45	2.46	2.47	2.45	2.42	2.43	2.43	2.43	2.42	2.42
	4																													
	5																													

SUMA	7.11	7.27	7.13	7.22	7.25	7.03	7.27	7.13	7.31	7.13	7.26	7.17	7.17	7.32	7.19	7.3	7.26	7.51	7.19	7.26	7.44	7.32	7.21	7.19	7.13	7.21	7.13	7.21
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

RANGO	0.07	0.07	0.13	0.11	0.07	0.18	0.06	0.06	0.12	0.06	0.08	0.07	0.05	0.09	0.11	0.08	0.06	0.09	0.05	0.08	0.03	0.05	0.03	0.05	0.05	0.07	0.12	0.02
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

K = 2.977 L = 2.90 UCL = 2.47 LCL = 2.38



MATERIA PRIMA																										
OPERARIOS																										
MÁS DE TURNOS																										
MÁS DE PRODUCTOS																										
MÁS DE OPERARIOS																										

(38) B
 INVENTARIO

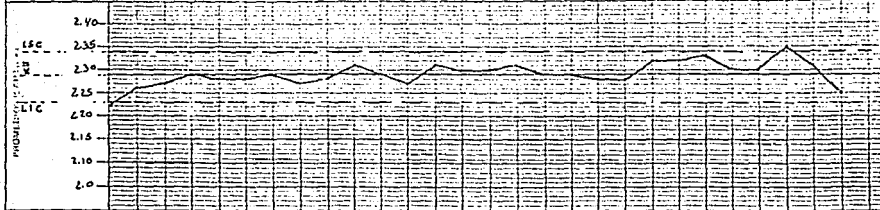
CONTROL DEL PROCESO

CARTA \bar{X} - R

Nombre de la Carta: _____

PROCESO	MADREMA	OP. DE TURNO	OP. 2da. TURNO
INS. DE TURNO	OP. 1da. TURNO	OP. 2da. TURNO	OP. 3ra. TURNO
o. SILICIO			CARGA III

LECTURAS	FECHA		HORA																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	1.30	1.32	1.31	1.33	1.34	1.35	1.36	1.37	1.38	1.39	1.40	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49	1.50	1.51	1.52	1.53	1.54	1.55	1.56	1.57	1.58	1.59
2	2.16	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	2.20	2.21	2.22	2.23	2.24	2.25	2.26	2.27	2.28	2.29	2.30	2.31	2.32	2.33	2.34	2.35	2.36	2.37	2.38	2.39	2.40	2.41	2.42	2.43
3	3.21	3.18	3.19	3.20	3.21	3.22	3.23	3.24	3.25	3.26	3.27	3.28	3.29	3.30	3.31	3.32	3.33	3.34	3.35	3.36	3.37	3.38	3.39	3.40	3.41	3.42	3.43	3.44	3.45	3.46
4	4.33	4.34	4.35	4.36	4.37	4.38	4.39	4.40	4.41	4.42	4.43	4.44	4.45	4.46	4.47	4.48	4.49	4.50	4.51	4.52	4.53	4.54	4.55	4.56	4.57	4.58	4.59	4.60	4.61	4.62
5																														
SUMA	7.1	7.24	7.27	7.46	7.5	7.73	7.76	7.98	8.19	8.25	8.47	8.6	8.77	8.9	9.17	9.21	9.3	9.47	9.52	9.73	9.73	9.95	10.16	10.23	10.45	10.66	10.73	10.95	11.16	11.23
X	2.37	2.38	2.42	2.33	2.37	2.52	2.57	2.71	2.73	2.81	2.83	2.87	2.91	2.97	3.01	3.03	3.11	3.14	3.17	3.19	3.25	3.28	3.33	3.37	3.41	3.45	3.49	3.53	3.57	3.61
R	1.2	1.03	1.12	1.28	1.15	1.10	1.28	1.16	1.15	1.27	1.25	1.14	1.25	1.26	1.2	1.27	1.27	1.29	1.28	1.26	1.24	1.27	1.26	1.25	1.23	1.22	1.21	1.2	1.12	1.17



R = PROMEDIO DE R	LSC = U.C.H.	LIC = U.C.B.	D ₁ = 2.11

HOJA CARTA No. (66)

C A P I T U L O V I

ANALISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Y OBSERVACIONES.

Los resultados que se obtuvieron de los valores del Análisis Químico de las cargas propuestas I, II, III, principalmente, se reportan en Cartas de Control de Proceso, que permiten reportar resultados a la vez de promedios de los valores reportados cada cinco muestras y obteniendo límites de control superior e inferior.

El Análisis de cada factor que influye en el Balance de Carga se dan por separado:

Carga	Elementos de Carga	Observaciones.
I	70 % material de Retorno 30 % material nuevo	Mejor control del proceso y del análisis químico.
II	Se omite adicionar Acero en la carga	Problemas con la dureza, baja % C y % Si altos.
III	Solo de trabaja Rebaba	Se genera mucha escoria, descontrol en el análisis debido un nivel de horno bajo y rápida oxidación de los elementos por una temperatura más de 1320
IV	Se omite Lingote en la carga	Dureza alta, debido a % C y % Si bajos.
V	72 % material de Retorno 28 % material nuevo	Mejor control del Análisis.

b.- Influencia de Rendimientos Globales Preliminares.

Se considero que era necesario determinar los valores nominales de los rendimientos de los elementos aleantes en el baño metálico, ya que de ello dependia ejecutar un buen balance de carga o en su defecto realizar un ajuste al metal líquido. La diferencia entre los rendimientos se puede observar en la tabla I y la tabla C. I, y la tabla VIII

c.- Variación del Análisis requerido con el Análisis obtenido, ver tabla VII y tabla VII.A'

Tabla VII.- Análisis Químico Requerido

Carga	I	II	III	IV	V
% C	3.40	3.20	3.30	3.15	3.20
% Si	2.30	2.40	2.35	2.40	2.30
% Mn	0.80	0.70	0.70	0.80	0.80
% Cr	0.32	0.45	0.30	0.40	0.35
% P	0.10	0.11	0.10	0.05	0.05

Tabla VII.A'-Análisis Químico promedio Obtenido

Carga	I	II	III	IV	V
% C	3.37	3.20	3.25	3.20	3.26
% Si	2.41	2.40	2.40	2.29	2.26
% Mn	0.74	0.79	0.79	0.78	0.82
% Cr	0.39	0.36	0.31	0.34	0.40
% P	0.10	0.06	0.05	0.04	0.04

El análisis de los valores se hicieron en base a los registros en las cartas de control que permiten obtener promedios globales y su vez se establecen rangos de control, por lo tanto se puede decir:

- Los valores de % C y % Si oscilan en un 5 % a 8 % con respecto a los valores requeridos. Ver tablas VII y VII.A'. Las variaciones son resultado de estar ajustando el metal líquido con grafito y ferrosilicio según el caso que se requiera.
- Para el % Mn, % Cr, % P, los valores se mantienen constantes - solo variando en un 3 % con respecto a lo requerido.
- Lo contra producido al no tener un control del proceso, influye en el análisis y da como consecuencia el de estar ajustando el metal líquido. Todo esto repercute en los rendimientos globales como se puede ver en la tabla C.1 numéricamente y también en la figura C. Los rendimientos decrecen en su valor a medida que se adicionan más kilogramos de los que que teóricamente fueron calculados en el balance de carga.

Carga	% C	% Si	% Mn	% Cr	Ajuste
I	70	75	100	81	-----
II	72	95 a 70	89 a 95	85	7 kg. FeSi
III	65 a 58	75 a 65	90	93	5 kg grafito 4 kg FeSi.

Tabla C.1.- Variación de los rendimientos al ajustar el metal líquido con ferroligas.

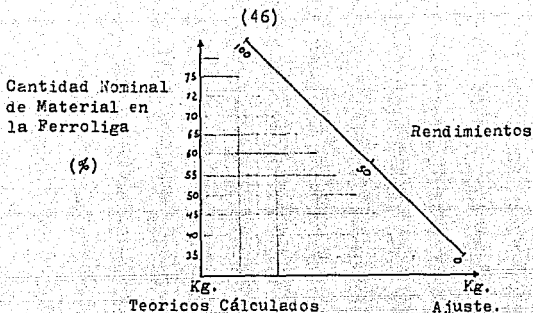


Figura C.- Variación de los Rendimientos a medida que se ajusta en metal líquido.

Se observa que a medida que ujusta el metal líquido con grafito o ferrosilicio principalmente, sus rendimientos se van degenerando su valor hasta alcanzar un 60 % de rendimiento para el silicio y un 40 % de rendimiento para el grafito (carbono). Esta relación su puede observar en la figura C.

e.- La Temperatura es un factor que hay que considerar y controlar correctamente ya que de ello depende no tener variaciones en el análisis químico y el no estar haciendo ajustes que son el resultado de que algunos elementos se óxidan más rapido que otros, esta óxidación es favorecida por un incremento en la temperatura de trabajo (1310°C a 1320°C). Los que principalmente se óxidan son el Carbono y el Silicio, y en menor grado el Manganeso, Cromo, Fósforo. Las variaciones en al análisis del % C y % Si afectan la matriz del material y sus propiedades mecanicas.

f.- El control del análisis del % C y % Si, cuando se realiza un ajuste sin afectar alguno de ellos se pudo realizar de la siguiente manera:

ACERO + GRAFITO: disminuye el % Si en el metal líquido y el % C

no se afecta considerablemente.

ACERO + FERROSILICIO: disminuye el % C, no afecta el % Si.

CONCLUSIONES

Al realizar el análisis de los resultados del presente trabajo se pueden dar las siguientes conclusiones:

- A) El Algoritmo de Cálculo para realizar el Balance de Carga, es - confiable, ya que permite cumplir con un análisis químico requerido con una variación del 5 % al 8 %.
- B) Los valores de los rendimientos, de los elementos aleantes en el metal líquido son determinantes para realizar un balance de carga o un ajuste en carbono o silicio.
- C) Las aportaciones en los elementos de la carga son básicas ya que de ello depende estructurar la carga. Como se puede ver en la siguiente tabla:

APORTACIONES EN KG.

Material	Kg	C	Si	Mn	Cr	P
Lingote	1.0	0.043	0.027	0.0066	0.004	0.0007
Acero	1.0	0.0013	0.0025	0.0075	0.0013	0.0032
Rebaba	1.0	0.033	0.0225	0.0070	0.0030	0.0010
Rechazo	1.0	0.033	0.0225	0.0070	0.0030	0.0010

A P E N D I C E

- 1.- Balance de carga II.a
- 2.- Balance de carga III.a
- 3.- Rendimientos Preliminares, cálculos, II.b
- 4.- Rendimientos Preliminares, cálculos, III.b
- 5.- Valores de Análisis Químicos carga IV
- 6.- Valores de Análisis Químicos carga V
- 7.- Tabla V, kilogramos de materia por carga
- 8.- Tabla VI, kilogramos aportados por cada elemento por carga.
- 9.- Tabla VII, Rendimientos obtenidos para cada uno de las cargas propuestas.
- 10.- Anexo I.- Unidad de fusión, Secuencia de Fusión.

(50)
BALANCE DE CARGA II.a

Material	Kg.	ANALISIS QUIMICO DEL MATERIAL DE CARGA				
		% C	% Si	% Mn	% Cr	% P
Rebaba	70	3.15	2.40	.70	.44	.06
Rechazo	30	3.15	2.40	.70	.44	.06
Lingote	20	4.3	2.7	.66	.40	.07
Acero	0	.13	.25	.75	.13	.32

APORTACIONES DE CADA ELEYENTO (Kg)

Material	Kg.	C	Si	Mn	Cr	P
Rebaba	70	2.20	1.68	0.39	0.31	0.042
Rechazo	30	0.94	0.72	0.17	0.13	0.018
Lingote	20	0.87	0.54	0.13	0.08	0.014
Acero	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	120	4.0	2.9	0.69	0.52	0.074
Cantidad Nominal en la Ferroliga (%)		72	75	74	98	25
Aportación Real (a)		2.4	2.0	0.5	0.4	0.0185
Analisis Requerido		3.25	2.3	0.70	0.45	0.10
Analisis Requerido para 120 kg. (b)		3.9	2.76	0.84	0.54	0.12
Resta de (b-a) (c)		1.5	0.76	0.34	0.14	0.02
Cantidad Nominal (d) en Ferroliga (%)		72	75	74	98	25
Kgs. de Ferroliga c/d		2.08	1.0	0.460	0.140	0.08
Eficiencia en Metal (f) Líquido		60	70	72	98	62
Kgs. de Ferroliga necesarios (c/d)/f		3.500	1.400	0.600	0.700	0.129

Cuadro II.a. - Balance de Carga, para la carga II propuesta

(51)

BALANCE DE CARGA III.a

Material	Kg.	ANALISIS QUIMICO DEL MATERIAL DE CARGA				
		% C	% Si	% Mn	% CR	% P
Rebaba	100	3.4	2.25	0.80	0.30	.10
Rechazo	0	3.4	2.25	0.80	0.30	.10
Lingote	0	4.3	2.7	0.66	0.40	.07
Acero	10	.13	.25	0.75	0.13	.32

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO (kg)

Material	Kg.	C	Si	Mn	Cr	P
Rebaba	100	3.4	2.25	0.80	0.30	.10
Rechazo	0	0	0	0	0	0
Lingote	0	0	0	0	0	0
Acero	10	0.013	0.025	0.075	0.013	.032
Total	110	3.413	2.275	0.875	0.313	0.132

Cantidad Nominal en Ferroliga (%)		72	75	74	98	25
Aportación Real (a)		2.46	1.706	0.65	0.056	0.033
Análisis Requerido		3.3	2.35	0.70	0.30	0.10
Análisis Requerido para 110 kg. (b)		3.63	2.53	0.77	0.33	0.11
Resta de (b-a) (d)		1.17	0.824	0.12	0.274	0.077
Cantidad Nominal (d) en Ferroliga (%)		72	75	74	98	25
Kgs. de Ferroliga c/d		1.625	1.00	0.160	1.500	0.308
Eficiencia en Metal						
Líquido (f)		65	72	70	90	60
Kgs. de Ferroliga necesarios (c/d)/f		2.500	1.500	0.230	1.700	0.500

Cuadro III.a.- Balance de Carga propuesta III

CALCULOS PARA DETERMINAR RENDIMIENTOS

Carga que se trabajo..... I
 Número de Cargas Fundidas..... 7 cargas
 Kilogramos Cargados 879 kg.
 Kilogramos Vacuados..... 782 kf = 92 piezas

Material	Kgs./Carga	COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL DE CARGA				
		% C	% Si	% Mn	% Cr	P
Acero	18	.13	.25	.75	.13	.32
Lingote	20	4.3	2.7	.66	.40	.07
Rebaba	80	3.4	2.3	.80	.32	.10
Rechazos	10	3.4	2.3	.80	.32	.10
Grafito	3.500	.72	0	0	0	0
Fe-Si	1.800	0	.75	.40	0	.03
Fe-Mn	0.250	0	.7	.74	0	.2
Fe-P	0.100	0	1	0	25	0
Inox.	0.0	0	0	0	18	0

Análisis Químico inicial 3.41 2.26 0.94 0.26 0.06

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO . (kg)

Material	Kgs.	C	Si	Mn	Cr	P
Acero	70	0.091	0.175	0.525	0.091	.224
Lingote	140	0.060	3.766	0.924	0.560	.098
Rebaba	560	12.04	13.00	4.48	1.742	.56
Rechazo	70	2.38	1.61	0.56	0.224	.07
Grafito	24.5	17.64	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe-Si	12.6	0.0	9.45	0.0	0.0	.005
Fe-Mn	1.750	0.723	0.0	1.309	0.0	0.0
Fe-P	0.700	0.0	0.001	0.0	0.0	0.025
Total Kgs.	879	43.636	23.801	7.48	2.856	0.86
Porcentaje kg i/Kct		4.96	2.706	0.856	0.32	.097
Segundo Analisis		3.48	2.26	0.84	0.26	.06
Rendimiento		70	84	93	81	62
Ajustes al Metal Líquido *						
Rendimientos Fijos		70	84	93	81	62

CUADRO II.b. Determinación de Rendimientos Preliminares para realizar el balance de carga

CALCULOS PARA DETERMINAR RENDIMIENTOS

Carga que se trabajo.....	I
Número de Cargas Fundidas.....	7 cargas
Kilogramos Cargados.....	679 kg
Kilogramos Vacíos.....	833 kg = 95 piezas

Material	Kgs./Carga	COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL DE CARGA				
		% C	% Si	% Mn	% Cr	% P
Acero	10	.13	.25	.75	.13	.32
Lingote	20	4.3	2.7	.66	.40	.07
Rebaba	80	3.4	2.3	.80	.32	.10
Rechazos	10	3.4	2.3	.80	.32	.10
Grafito	3.500	.72	0	0	0	0
Fe-Si	1.800	0	.75	.40	0	.03
Fe-Mn	0.250	0	.7	.74	0	.2
Fe-P	0.100	0	1	0	25	0
Inox.	0.0	0	0	0	18	0

Analisis Quimico inicial	3.38	2.19	0.85	0.32	0.10
--------------------------	------	------	------	------	------

APORTACIONES DE CADA ELEMENTO (kg)

Material	Kgs.	C	Si	Mn	Cr	P
Acero	70	0.091	0.175	0.525	0.091	.224
Lingote	140	0.060	3.766	0.924	0.560	.098
Rebaba	560	19.04	13.00	4.48	1.792	.56
Rechazo	70	2.38	1.61	0.56	0.224	.07
Grafito	24.5	17.64	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe-Si	12.6	0.0	9.45	0.0	0.0	.005
Fe-Mn	1.750	0.723	0.0	1.309	0.0	0.0
Fe-P	0.700	0.0	.001	0.0	0.0	.025
Total kgs.	879	43.636	23.801	7.48	2.856	0.86
Porcentaje kg i/Kgt		4.96	2.706	0.856	0.32	0.097
Segundo Analisis		3.21	2.07	0.94	0.30	0.10
Rendimiento		65	75	100	94	100
Ajustes al Metal Líquido = 5 kg de Grafito + 4 kg de FeSi						
Rendimientos Fijos		58	65	100	94	100

CUADRO III.b. Determinación de Rendimientos Preliminares para realizar el balance de Carga.

Valores de Analisis Quimico, Carga IV

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% P	% Cu
3.04	2.47	0.75	0.35	0.35	0.04	0.81
3.16	2.48	0.77	0.42	0.30	0.04	.78
3.05	2.48	0.80	0.39	0.42	0.02	0.78
3.01	2.46	0.82	0.41	0.39	0.04	0.79
3.17	2.38	0.75	0.35	0.35	0.02	0.76
3.18	2.23	0.75	0.38	0.37	0.03	0.79
3.23	2.43	0.87	0.42	0.39	0.03	0.78
3.16	2.44	0.74	0.45	0.39	0.04	0.77
3.22	2.52	0.82	0.35	0.39	0.02	0.69
3.19	2.34	0.86	0.38	0.45	0.01	0.75
3.15	2.26	0.67	0.39	0.40	0.04	0.79
3.24	2.47	0.80	0.35	0.35	0.02	0.81
3.17	2.35	0.84	0.35	0.40	0.11	0.81
3.30	2.40	0.77	0.41	0.40	0.08	0.79
3.16	2.44	0.74	0.39	0.39	0.12	0.78
3.04	2.34	0.77	0.39	0.39	0.12	0.78
3.15	2.18	0.82	0.38	0.39	0.02	0.79
3.15	2.22	0.86	0.41	0.37	0.07	0.77
3.15	2.42	0.77	0.42	0.39	0.02	0.80
3.15	2.45	0.82	0.42	0.41	0.02	0.79
3.15	2.48	0.86	0.39	0.40	0.10	0.61
3.15	2.44	0.77	0.38	0.42	0.05	0.78
3.15	2.38	0.80	0.40	0.39	0.05	0.78

Valores obtenidos cada cuatro cargas fundidas.

Analisis Q.	E. especificación	Analisis de Trabajo
% Carbono	3.10 a 3.50	3.20 ± 0.5
% Silicio	2.10 a 2.60	3.35 ± 0.5
% Manganeso	0.80 a 1.2	0.80 ± 0.5
% Cromo	0.30 a 0.40	0.35 ± 0.5
% Fósforo	0.15 max.	0.05 ± 0.05
% Cobre	0.70 a 0.90	0.75 ± 0.5
% Molibdeno	0.35 a 0.40	0.40 ± 0.5

Tabla E.- Rangos de trabajo para la cargas IV y V

TABLA V

Esta tabla corresponde al multiplicar el número de cargas fundidas por cada uno de los elementos de carga.

CARGA I (kg)

No.	CARGA	REBABA	LINGOTE	ACERO	RECHAZO	GRAF.	FeSi	FeMn	FeP
1	80		20	10	10	3.5	1.800	0.250	0.100
2	160		40	20	20	7.0	3.600	0.500	0.200
3	240		60	30	30	10.5	5.400	0.750	0.300
4	320		20	40	40	14.0	7.200	1.000	0.400
5	400		100	50	50	17.500	9.000	1.250	0.500

CARGA II (kg)

No.	CARGA	REBABA	LINGOTE	ACERO	RECHAZO	GRAF.	FeSi	FeMn	FeP
1	70		20	0	30	3.500	1.400	0.250	0.100
2	140		40	0	60	7.000	2.800	0.500	0.200
3	210		60	0	90	10.500	3.200	0.750	0.300
4	280		30	0	120	14.000	4.600	1.000	0.400
5	250		100	0	150	17.500	6.000	1.250	0.500

CARGA III (kg)

No.	CARGA	REBABA	LINGOTE	ACERO	RECHAZO	GRAF.	FeSi	FeMn	FeP
1	60		0	40	20	2.500	1.200	0.230	0.500
2	160		0	80	40	5.000	2.400	0.460	1.000
3	240		0	120	60	7.500	3.600	0.690	1.500
4	320		0	160	80	10.000	4.800	0.920	2.000
5	400		0	200	100	12.500	6.000	1.150	2.500

T A B L A VI

Tabla correspondiente a las aportaciones de cada uno de los elementos en kilogramos en el balance de carga, ver inciso (c) - del algoritmo de calculo.

No. Carga	Carbono	Silicio	Manganeso	Cromo	Fósforo
1	3.93	2.63	0.92	.38	.136
2	7.87	5.27	1.85	.76	.272
3	11.81	7.90	2.78	1.14	.408
4	15.75	10.54	3.70	1.52	.544
5	19.69	13.17	4.63	1.90	.680

Carga II (%)

No. Carga	Carbono	Silicio	Manganeso	Cromo	Fósforo
1	3.61	2.43	0.92	.362	0.158
2	7.22	4.86	1.84	.724	0.316
3	10.8	7.29	2.76	1.08	0.474
4	14.44	9.72	3.68	1.44	0.632
5	18.06	12.15	4.61	1.81	0.790

Carga III (%)

No. Carga	Carbono	Silicio	Manganeso	Cromo	Fósforo
1	3.45	2.4	1.1	.372	0.228
2	6.90	4.8	2.2	.744	0.456
3	10.35	7.2	3.3	1.16	0.684
4	13.80	9.6	4.4	1.488	0.912
5	17.26	12	5.5	1.860	1.140

T A B L A VII

Rendimientos obtenidos, a partir de las cargas propuestas y de sus respectivos analisis quimicos.

CARGA I

CARBONO	SILICIO	MANGANESO	CROMO	FOSFORO	
52	70	72	95	65	
55	69	65	90	60	
60	72	70	90	60	
55	70	70	92	65	
60	68	70	89	60	
60	65	68	90	65	
55	72	68	90	60	
60	70	70	90	65	
65	70	70	85	60	
59	72	70	85	60	
PROM.	58	70	69	90	62

CARGA II

CARBONO	SILICIO	MANGANESO	CROMO	FOSFORO	
60	70	72	95	65	
65	67	70	90	60	
60	67	72	92	66	
63	70	66	97	64	
61	72	70	95	65	
62	75	68	96	63	
65	70	72	94	64	
64	72	74	92	62	
60	73	72	94	62	
61	69	71	85	64	
PROM.	62	70.5	71	93	63.5

CARGA III

CARBONO	SILICIO	MANGANESO	CROMO	FOSFORO	
65	72	70	90	62	
64	74	72	95	58	
62	71	72	94	55	
61	70	71	93	60	
64	72	70	90	65	
61	70	71	89	60	
63	72	73	85	60	
62	70	72	92	55	
64	74	72	93	60	
65	73	71	90	62	
PROM.	63	72	73	91	60

A N E X O I

UNIDAD DE FUSION .

ADICION DE CARGA.

OPERACION DE ESCORTADO.

UNIDAD DE FUSION

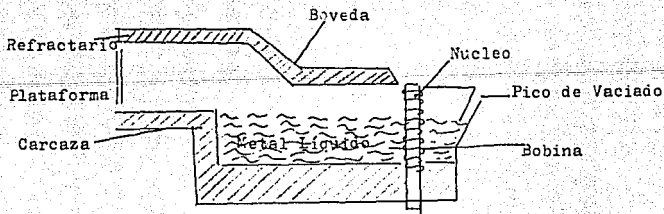
"Hasta el momento se han mencionado todos los elementos que conforman la carga y sus relaciones existentes entre los mismos"

"Es de vital importancia el preguntarse en donde se va a llevar a cabo la fusión de la carga. Para nuestro caso esta será fundida en un horno de Inducción con Nucleo de baja frecuencia"(2)

Estos hornos tienen un principio semejante al de los transformadores en el que el primario es una bobina de varias vueltas y el secundario es la masa del metal que se va a calentar".(4)

Cuando se suministra una corriente alterna a la bobina del horno, se forma un campo magnético alrededor de la bobina; este mismo induce una corriente proporcional en la carga y la resistencia que opone a su paso produce el calor necesario para la fusión." (4).

La desventaja de este tipo de hornos es que no existe agitación de la masa líquida, provocando con ello que existan pérdidas de ferrosilicaciones al segregarse al metal líquido, es por ello que se tiene la necesidad de agitar o mover la carga al fundir con una varilla para que se lleve a cabo correctamente la fusión de la carga." (4)



- Fig. A.- Perfil del Horno de Inducción con Nucleo.

SECUENCIA DE FUSION

En esta parte se bosqueja de una forma secuencial la adición de carga en el horno de inducción.

a) ADICION DE LA CARGA

- 1.- Pesar correctamente cada uno de los componentes de la carga.
- 2.- Colocar sobre un lado del horno (plataforma) la rebaba.
- 3.- Encima de la rebaba la forja, acero, arrabio.
- 4.- Del otro lado de la plataforma colocar otra carga igual.
- 5.- Encender el quemador para precalentar la carga.
- 6.- El horno deberá de tener una temperatura de 1310°C a 1320°C, medida con el pirómetro, antes de iniciar a agregar la carga precalentada.
- 7.- Transcurridos aproximadamente 10 minutos, se agregara la ferroliga (FeSi, FeMn, FeP, otros) o grafito sobre el metal líquido libre en escoria, en ningún momento se debe arrojar la ferroliga arbitrariamente.
- 8.- En seguida empujar con una varilla el Acero y el Arrabio.
- 9.- A un tercio del tiempo entre carga y carga introducir con un restrillo la mitad de la rebaba y la forja.
- 10.- A dos tercios del tiempo introducir el resto de la rebaba y la forja.

NOTA: Esta secuencia de introducir la carga, permite que las variaciones del análisis sean mínimas y se conserve el metal líquido siempre dentro de especificación.

b) ESCORIADO

Todo metalurgista debe de saber la importancia que tiene en la fundición, el que junto con el hierro fundido se haga una buena escoria. Su importancia radica en:

- a) Proteger la superficie del metal fundido contra la oxidación provocada por el oxígeno del aire.
- b) Liberar al metal de óxidos disueltos en el, mediante combinación química de los mismos con los compuestos escorificadores. (óxidos alcalinos y alcalinotérreos).

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Asociación Técnica y de Investigación de Fundición.
No. 13 "Influencia de los Elementos en el Hierro Gris"
en moldes permanentes"
Año 1986, Madrid España.
- 2.- Manual Hierro Gris, Hornos de Browveri
Autores Ing. Jose Rodriguez B.
Ing. Ascencio Huerta Cocoltzi
Año 1987
- 3.- Cetma, Fundición.
Cetma Metalurgia , Capitulo II "Cargas" , Año 1983.
- 4.- Manual Hornos de Inducción
Manual de la Empresa, 1989.
- 5.- Cummins Engine Company Inc.
Columbus, Indiana, Especificación 41-059-04
- 6.- Metalurgia de Metales No Ferrosos
B. Linchevski, A. Sobolevski, A. Kakmenev.
Editorial Mir, 1983, Capitulo V: I
- 7.- Metalografia, Tomo I
A.P. Guliaev. Capitulo VIII
Editorial Mir, 2ª Edición , Año 1983
- 8.- Tecnología de la Fundición
E. Capello , Capitulo Balance de Carga
Editorial Gustavo Gili, Año 1978
Barcelona España.
- 9.- Principles of Metal Casting.
Heine Richard, O.R. Lober, and P.C. Rosental.
2ª Edición, New York, Mc Graw Hill, Año 1967