

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA**

**Operacion practica del Alto Horno 4
de AHMSA, Monclova, Coah.**

66

**INGENIERO QUIMICO METALURGICO
Arturo Casanova Becerra**

1 9 7 4



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

TESIS 1974

CIAE _____
de _____
AGE M-63
FECHA _____
PROC _____
TS _____



QUIMICA

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

Uno de los problemas de las personas recién egresadas de las - escuelas superiores, consiste en que al comenzar a desenvolverse en el - campo que se ha escogido, se tropieza siempre con la gran experiencia -- del obrero y el técnico, que debido a su antigüedad en el puesto, cono-- cen muchas cosas que la teoría no le enseña al estudiante.

Creo necesario pues, que antes de poder desarrollar un trabajo, los profesionistas debemos aprender los aspectos prácticos del mismo, pa - ra después poder evaluarlos y mejorarlos en bases teóricas y científicas.

-Nadie puede asegurar que es lo que sucede dentro de un alto -- horno, la teoría nos ayuda a formular hipótesis y teorías muy aceptables en ocasiones, pero solamente cuando lo anterior va aunado a la experien- cia, se podrán obtener los medios para operar correctamente un alto hor - no. -

La operación práctica del alto horno, es el conjunto de trabajos que día a día rutinariamente, se realizan en él, sintetizando en --- ellos la experiencia acumulada de los viejos fundidores y los técnicos - que han precedido a la actualidad de los modernos hornos para la fabricación del arrabio.

Es necesario hacer notar, que esta tesis no está dedicada a la enseñanza de lo que es un alto horno, sino más bien, a indicar cuales -- son los trabajos que en él se realizan para la producción de fierro lí--quido.

Con objeto de hacer más explícito este trabajo se anexará al - mismo, una filmación de los pasos más importantes de la operación del alto horno.

C A P I T U L O II

ANTECEDENTES HISTORICOS

La reducción del hierro a su forma metálica a partir de sus óxidos o compuestos similares es un arte muy antiguo, debido a que dichos óxidos pueden ser reducidos a temperaturas relativamente bajas. Algunos arqueólogos consideran posible esto debido a la existencia de artículos elementales de este material, que eran usados por algunos pueblos casi prehistóricos. Estos conocimientos sobre el trabajo del hierro, evidentemente fuera de toda técnica científica fueron el producto de los errores y experiencias prácticas de varias generaciones.

El hierro, al hacerse necesario para los pueblos antiguos, -- obligó a buscar formas más productivas para obtenerlo, llegándose a la "forja catalana" para producirlo. Este proceso puede considerarse como el antecesor del Alto Horno desde el momento en que se colocó sobre él una cuba para aprovechar mejor la energía térmica de los gases que salían a altas temperaturas, y a la vez, al introducir los materiales por la parte superior de la cuba, se estableció el principio de contracorriente

con el que opera el Alto Horno.

A partir de este acontecimiento se empezó a obtener el hierro en forma fluída pero con más carbón, comenzando así la era del alto horno, en la cual se comenzaron a ver fenómenos para los que no había explicación, debiendo los operadores solucionarlos de manera práctica, presentandose nuevos y variados problemas cada vez que se introducía una innovación al proceso.

El primer alto horno que se construyó ya como tal fue el de Liege en Bélgica al que siguieron otros en Francia e Inglaterra. Los principios de operación de estos hornos no han cambiado nunca, no así las técnicas para operarlo, las cuales, al estudiarse en forma científica los fenómenos físicoquímicos del proceso, han ido variando de acuerdo a estos estudios.

En la actualidad, el conocimiento técnico que se tiene del alto horno a permitido una evolución tal, que la producción ha aumentado desde 5 toneladas/día de los primeros hornos, hasta 12000 ton/día de los modernos hornos japoneses.

Sin embargo todavía podemos decir que nadie sabe a ciencia cierta que es lo que pasa dentro de un alto horno, y que aún hay muchos fenómenos cuyas causas ignoramos, y que solo una persona con mucha experiencia práctica puede resolver.

C A P I T U L O III

GENERALIDADES

~ Todo alto horno se divide básicamente en 3 partes:

1. Alto horno propiamente dicho
2. Estufas
3. Sistemas de lavado de gases.

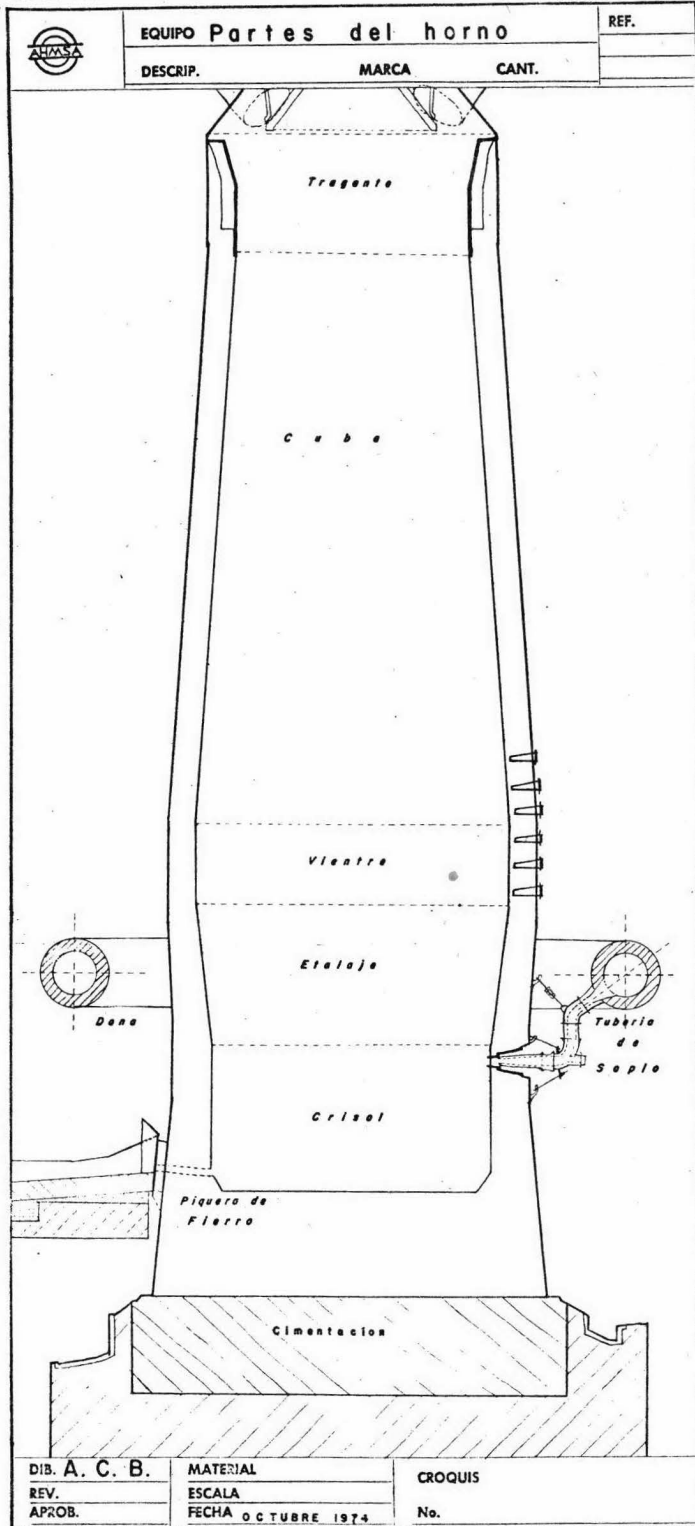
Cada una de estas partes tiene sus sistemas y problemas de operación, los cuales se irán tratando en ese orden de importancia.

El alto horno # 4 de AHMSA, es de construcción alemana, tiene sistema de carga automático-manual, cambio automático de estufas y alta presión en el tragante, equipos todos novedosos con los que no estaba habitado el personal del departamento, y que originó que los sistemas de operación cambiaran en poco con relación a los otros hornos de la compañía.

3.1. NOMENCLATURA

En el desarrollo de esta tesis se hará mención de las partes - del horno, por lo que es necesario establecer la nomenclatura usada en - el medio, que es la siguiente (dibujo # 1):

1. Tragante
2. Antenas
3. Campana (este horno solo tiene una campana)
4. Tolvas recibidoras
5. Cuba.
6. Sondas
7. Vientre
8. Etalaje
9. Crisol
10. Piquera de fierro
11. Piquera de escoria
12. Toberas
13. Dona
14. Codo
15. Tubos de soplo
16. Revestimiento
17. Cajas de enfriamiento
18. Carros montacarga
19. Inclinado 1



DIB. A. C. B.

REV.

APROB.

MATERIAL

ESCALA

FECHA OCTUBRE 1974

CROQUIS

No.



Foto 1. Inclinado, rampa para subir los materiales al Tragante del horno.

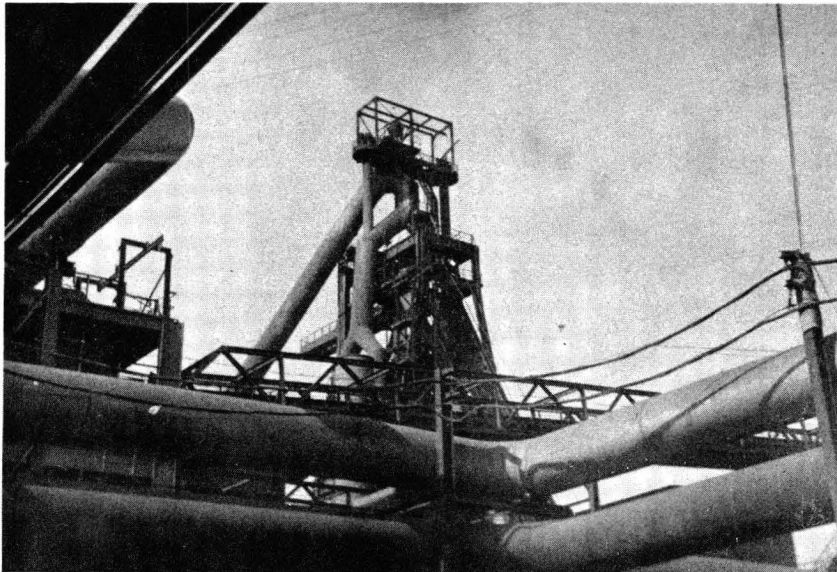


Foto 2. Ductos de aire para el sople del horno.



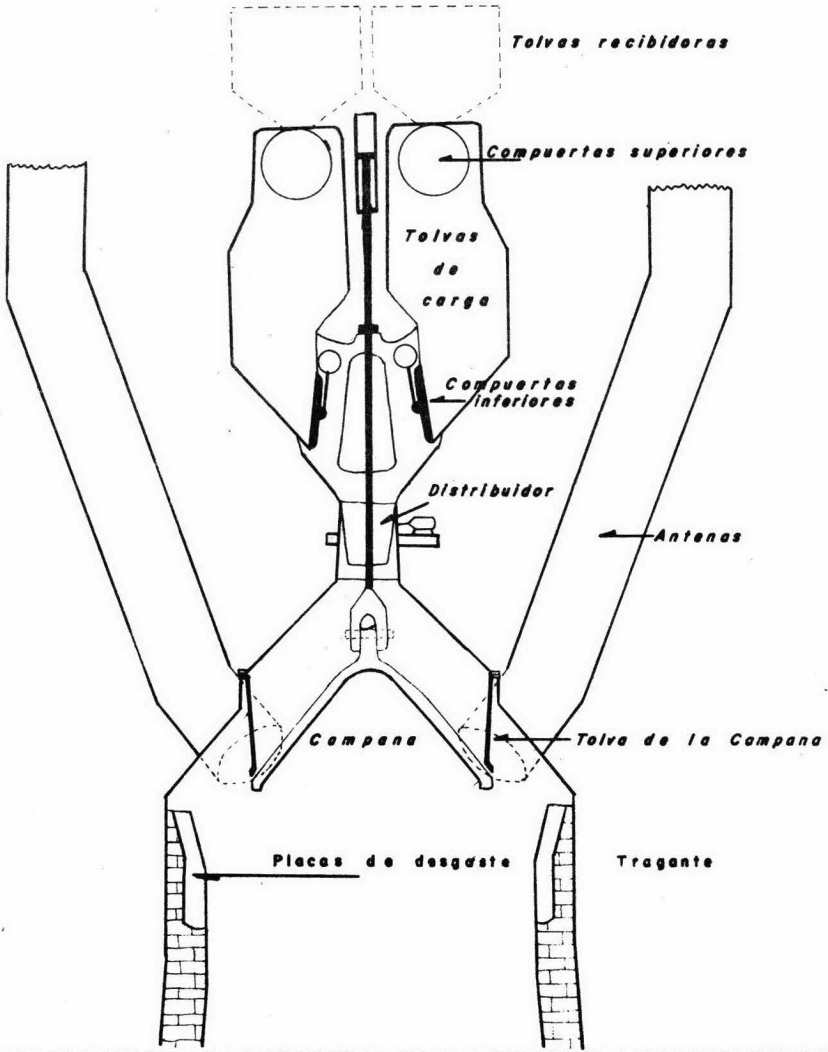
EQUIPO Sistema de carga

REF.

DESCRIP.

MARCA

CANT.



DIB. A. C. B.

MATERIAL

CROQUIS

REV.

ESCALA

APROB.

FECHA OCTUBRE 1974

No.

- 3.2. DESCRIPCION DE LAS PARTES DEL HORNO

- 3.2.1. Tragante. Es la parte recta superior por donde se introducen los materiales.
- 3.2.2. Antenas. Son cuatro ductos que nacen a un lado de la campana sirve para dar salida a los gases producidos en el horno. Estas cuatro antenas se unen en una sola para formar el "cuello-de ganso" que va al colector de polvo. En la parte superior de las antenas se encuentran 3 válvulas de alivio llamadas san graderos.
- 3.2.3. Campana. Es un cono metálico de base muy ancha que sirve de sello del tragante y de retén a la carga que se va a introducir al horno.
- 3.2.4. Tolvas. recibidoras. Son dos tolvas situadas arriba de la campana, donde descargan los carritos del montacarga. Entre estas tolvas y la campana se encuentra el distribuidor.
- 3.2.5. Cuba. Es la parte a donde caen los materiales en el horno, -- tiene la forma de un cono truncado, y es la zona donde se inicia el proceso de reducción de los minerales. La forma cónica se debe a que los materiales aumentan de volumen al ir bajando en el horno, debido al calentamiento al que se van sometiendo.
- 3.2.6. Sondas. Son dos plumadas que sirven para indicar el nivel interior de carga del horno. Están accionadas electromecanicamente, e indican la longitud del espacio vacío entre la campa-

na y la carga, existiendo un punto de referencia situada a 2.3 metros del nivel de la campana cerrada, llamado nivel cero.

- 3.2.7. Vientre. Es la parte más ancha del perfil del horno, de forma cilíndrica, es donde teóricamente los materiales alcanzan su máxima expansión.
- 3.2.8. Etalaje. Es la parte donde se lleva a cabo la fusión de los materiales reducidos, es de forma cónica invertida, debido al decremento de volumen de la carga al fundirse.
- 3.2.9. Crisol. Es un recipiente de forma cilíndrica que es el fondo del horno, donde se reúnen el hierro y la escoria en fase líquida. Tiene en su parte inferior un orificio para sacar el hierro y dos más arriba para sacar la escoria. En la parte superior del crisol están instaladas las 18 toberas que sirven para inyectar el aire de soplo y otra permanentemente tapada.
- 3.2.10. Piquera de hierro. Es un orificio localizado casi en el fondo del crisol por el cual sale el hierro fundido, normalmente se encuentra tapado con barro, abriéndose solo para sacar el arrabio en cada colada.
- 3.2.11. Piquera de escoria. Son dos orificios situados en el crisol que sirven para sacar la escoria del horno, se componen de un enfriador, una tobera pequeña, tanto el enfriador como la tobera tienen refrigeración de agua (dibujo # 3). La tobera pequeña de la piquera de escoria recibe el nombre de "chango".



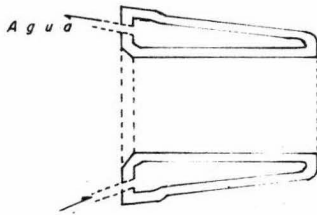
EQUIPO Tipos de Toberas

REF.

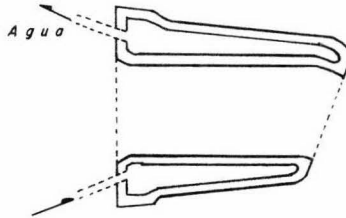
DESCRIP.

MARCA

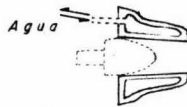
CANT.



Recta



Angulada



"Chango"

DIB. A. C. B.

REV.

APROB.

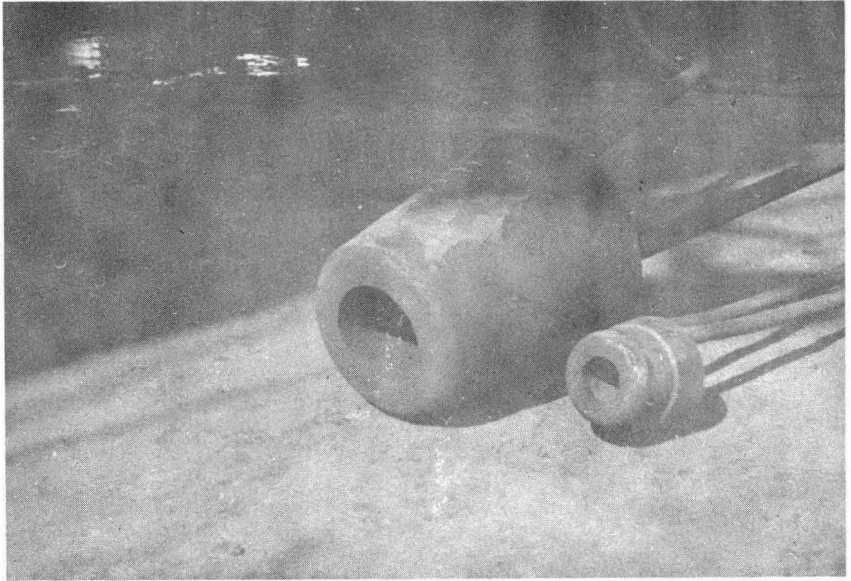
MATERIAL

ESCALA

FECHA OCTUBRE 1974

CROQUIS

No.



Comparación entre una tobera y un "Chango"



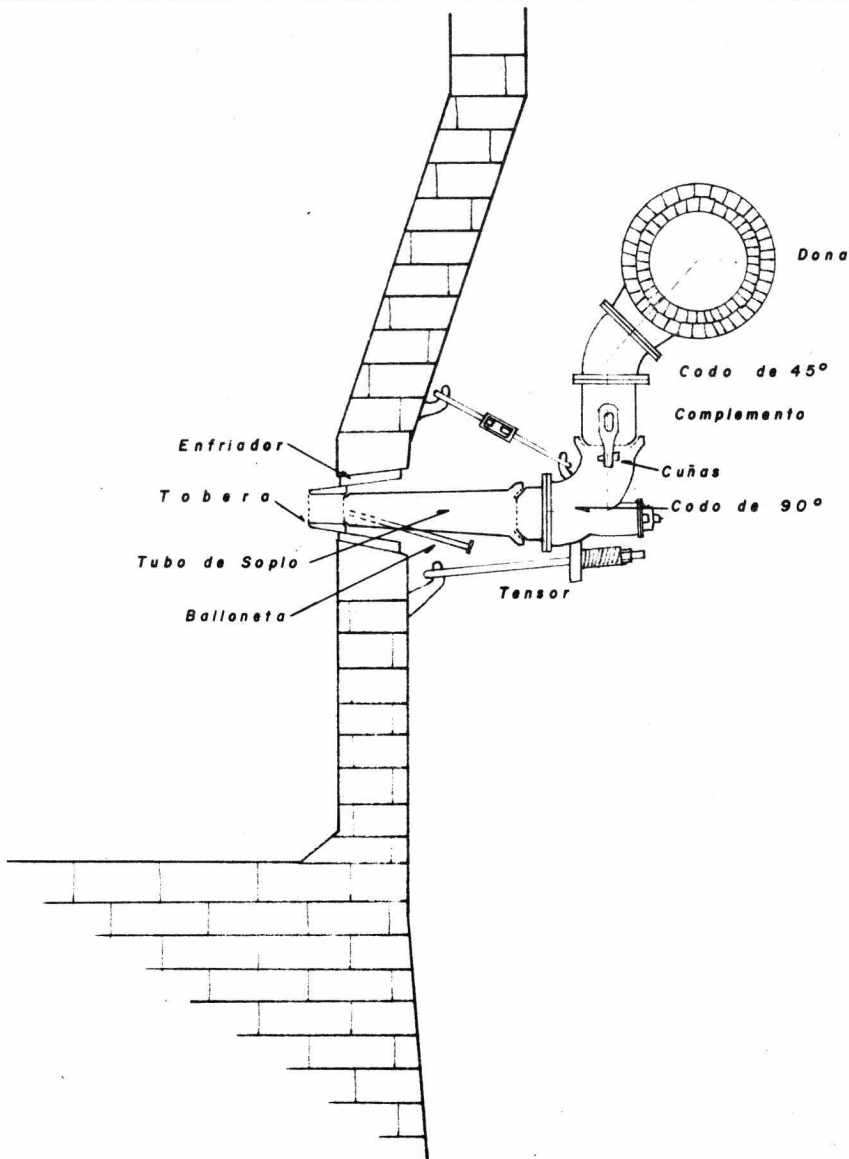
EQUIPO Interconexion de la Tuberia de

REF.

DESCRIP. Soplo

MARCA

CANT.



DIB. A. C. B.

REV.

APROB.

MATERIAL

ESCALA

FECHA Octubre 1974

CROQUIS

No.

- 3.2.12. Toberas. Son piezas cónicas de paredes huecas por donde circula el agua a presión para enfriarlas, sirven para inyectar el aire caliente (1000°C) al horno. Se colocan dentro de otros conos más grandes, también refrigerados en su interior, llamados enfriadores, los cuales van en contacto con el ladrillo de la pared del horno. (dibujo # 3).
- 3.2.13. Dona. Es una tubería circular de aproximadamente 2 metros de diámetro que rodea al horno, donde se recibe el aire caliente que viene de las estufas y del que se distribuye a las toberas.
- 3.2.14. Codos. De la dona el aire es guiado a las toberas por medio de dos codos, uno de 45° y otro de 90° este último embona con el tubo de soplo. (dibujo # 4).
- 3.2.15. Tubos de soplo. Son tubos de acero inoxidable ligeramente cónicos que forma la unión entre el codo de 90° y la tobera completando así el sistema de inyección de aire al horno. Estos tubos tienen una entrada auxiliar por donde se pueden inyectar ciertos tipos de combustibles auxiliares.
- 3.2.16. Revestimiento. Se llama así a las paredes interiores del horno, construídas de ladrillo refractario de arcilla del vientre hacia arriba y de carbón grafito en el crisol y etalaje, exceptuando la franja de las toberas que es de arcilla.
- 3.2.17. Cajas de enfriamiento. Son cajas incrustadas en el revestimiento del horno, por las que circula una cantidad de agua que

proteje a el refractario de desgastes y calentamiento excesivos.

- 3.2.18. Carros montacarga. Son los carros mediante los cuales es posible subir los materiales de la carga desde la fosa hasta el tragante del horno.
- 3.2.19. Inclinado. Es una rampa inclinada a 60° por donde sube y bajan los carros montacargas, desplazándose por dos vías colocadas para este fin.

C A P I T U L O IV

DATOS GENERALES DEL ALTO HORNO # 4

A continuación se enumeran algunas de las medidas y características principales de este alto horno.

Producción promedio	1600 ton/día
Diámetro del crisol	7.50 metros
Area del crisol	44.15 m ²
Diámetro del vientre	8.50 metros
Diámetro del tragante	6.40 metros
Volúmen útil de trabajo	1033 m ³
Relación vol. útil/área del crisol	23.40
Angulo del etalaje	82°30'
Angulo de la cuba	86°
Altura del crisol	3.9 metros
Altura del etalaje	3.8 metros
Diametro campana	4.6 metros
Número de toberas	18
Número de columnas	4
Número de estufas	3
Altura total	69 metros
Cambio de estufas	automático
Tragante	de alta presión

Sistema de carga	Tolvas y campanas
Enfriamiento de la pared superior	Evaporativo
Enfriamiento del crisol y etalaje	Cascada
Presión del tragante	0-1.5 Kg/cm ²
Presión de soplo	1.5-2.5 Kg/cm ²
Capacidad de soplo	140,000 m ³ /hr

C A P I T U L O V

OPERACIONES DE RUTINA

Operaciones de rutina son aquellas que se hacen a diario y en cada vaciada del horno, siempre que la operación sea normal y el horno esté trabajando correctamente.

5.1. Preparación de la vaciada

Cuando una vaciada termina, hay que preparar en un lapso de 3 a 4 horas todo lo necesario para la vaciada siguiente.

La preparación consiste en arreglar el canal principal, las compuertas, levantar los canales de escoria, cargar el cañón de lodos y cuando se requiera, cambiar el desnatador, arreglar el lavadero y/o cambiar el barreno de la máquina barrenadora. El dibujo 5.1. muestra la disposición de los canales en el piso de vaciada.

5.1.1. Canal principal. Este canal está enseguida de la piquera de fierro y es el que sufre mayor desgaste debido a que recibe el



EQUIPO Posición de los canales

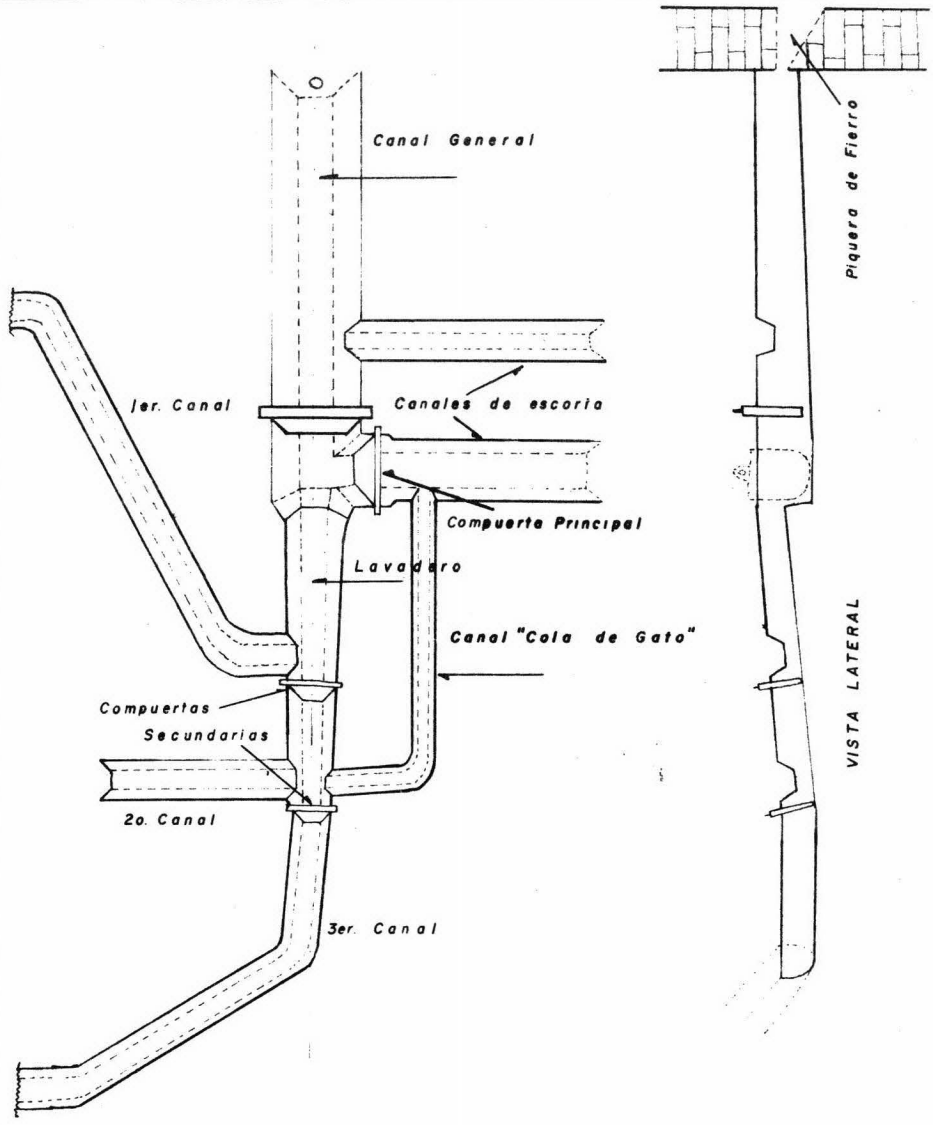
REF.

DESCRIP.

MARCA

CANT.

en el piso de la vaciadora



DIB. A. C. B.
 REV.
 APROB.

MATERIAL
 ESCALA
 FECHA OCTUBRE 1974

CROQUIS
 No.

impacto del fierro al salir del horno y a que en él se lleva a cabo la separación del fierro y de la escoria.

Cuando la vaciada termina, sobre este canal queda escoria y fierro que se solidifican. Si el piso del canal se encuentra en buenas condiciones, solo se levantan estos escombros y se parchan las paredes con barro negro, si es que se cayeron procediendo a secar el barro para dejarlo listo.

En ocasiones el fierro líquido llega a entrar por debajo del barro del piso debido al desgaste del mismo, formando lagunas de fierro líquido que no se ven a simple vista y que pueden causar graves accidentes. Debido a ésto el mayordomo debe revisar el canal siempre que tenga dudas al respecto, picando con una pequeña barra que esté caliente donde crea que hay fierro.

En caso de encontrar fierro, ya sea líquido o sólido, se debe proceder a sacarlo, levantando todo el canal o la mitad según el tiempo disponible, y volver a hacerlo con barro nuevo.

Para hacer el piso del canal principal se colocan 3 capas de materiales que son: una de Permasit (marca registrada) --- otra de tierra Muzquiz, y sobre éstas una del mismo barro negro que se pone en las paredes del canal.

Las paredes de los canales de fierro, y sobre todo el del ca--

principal, deben tener una inclinación aproximada de 50° para que el barro que se coloca sobre ellas se detenga más fácilmente y dure más.

Las paredes del canal principal del Alto Horno # 4 tienen una inclinación muy pequeña (65°), lo que origina problema para revestir dichas paredes aumentando mucho el desgaste de las mismas y el trabajo de los obreros.

Es de extrema importancia secar perfectamente el barro de los canales antes de hacer pasar el fierro sobre ellos, pues de lo contrario se producirían fuertes explosiones debidas a la disociación térmica del agua.

La duración normal de este canal principal es de un día, -- pero se han probado ciertos barros que lo hacen durar hasta 12 días, con las ventajas de no demorar las vaciadas y un trabajo físico menor de los obreros.

5.1.2. Desnatador. Es una pieza refractaria construída con ladrillo o concreto soportado en un marco de acero. Va colocado al final del canal principal y sirve para separar por densidades el arrabio y la escoria que salen por la piquera de fierro.

La erosión causada por la escoria y el fierro sobre el desnatador obligan al operador a cambiarlo con una frecuencia de 7 a 8 vaciadas, procurando siempre que el cambio se haga antes

de que se llegue a agujerar y se pase la escoria a la olla ter
mo.

Como se había mencionado, los desnatadores están fabricados con ladrillo o concreto refractario, los primeros casi no dan problemas, pero los segundos es menester secarlos a fuego lento casi durante 24 hrs., de tal modo que al colocarlos en el canal su humedad sea cero y así evitar al máximo que exploten al entrar el fierro en contacto con ellos.

Estas explosiones de desnatador, aparte de que permiten el paso de la escoria hacia el termo embancándolo, pueden originar accidente grave al personal del piso de vaciadas.

5.1.3. Lavadero. Es una elevación del piso del canal que sobrepasa la parte más baja del desnatador, lo que permite separar la escoria.

Las condiciones que debe reunir un lavadero son:

- a). No sobrepasar el nivel del canal de escoria
- b). Estar arriba del nivel inferior del desnatador

a) Si el nivel del lavadero es mayor o igual que el del canal de escoria, el fierro se irá por este último, llenando a parar a las piletas de escoria en lugar del termo.

b). Para que el desnatador trabaje correctamente, necesita estar "sumido" en el arrabio, para que la escoria que flota en el metal no pueda pasar por abajo de él, y ésto se logra dando la altura correcta al lavadero o la profundidad debido al desnatador.

El secado del barro o concreto refractario que recubre el lavadero debe vigilarse con la misma importancia y riesgo que el canal principal.

5.1.4. Canales de distribución de fierro y escoria. Se construyen de ladrillo refractario y se recubren con barro (que debe secarse perfectamente). El cuidado de estos canales consiste en evitar al máximo la formación de pozos donde se estanque y solidifique el fierro.

Cuando son pocos los pozos con fierro sólido, se pueden sacar éstos y resanar con barro, pero en ocasiones es mejor sacar todo el canal o la mitad y hacerlo nuevo, dependiendo del tiempo de que se disponga.

Respecto a los canales de escoria debemos diferenciarlos, haydos por donde pasa la escoria que sale de las piqueras de escoria y otros dos por donde se desaloja la escoria que sale en la vaciada de fierro.

Los primeros sufren un desgaste considerablemente mayor debido a que la escoria que sale de las piqueras lleva más fuerza y velocidad, erosionando el piso del canal en tal forma que llega a agujerarlos si el vaciador se descuida.

El mantenimiento correcto de los canales consiste en limpiar los residuos de escoria después de la vaciada y rellenar con barro los pozos formados evitando así desgaste o acumulaciones que pueda causar males mayores.

Los otros dos canales de escoria casi no sufren desgaste ya que por uno de ellos circula la escoria que rebosa del canal principal, y por lo tanto no lleva mucha fuerza ni velocidad, y por el otro circula la poca escoria que queda en el canal principal al terminar la vaciada.

Para no tener problemas con estos dos canales, es necesario ponerles un piso de coque fino para que la escoria no se peque en ellos y se puedan limpiar fácilmente.

- 5.1.5. Canal "cola de gato". Se llama así a un canal curvo que une el sifón en su parte más baja, con el segundo de los canales de fierro. Este canal es de mucha importancia para la vaciada como se verá más adelante. Su preparación consiste en levantar el fierro y la escoria que quede sobre él, limpiarlo y colocarle coque fino en el piso, así como los diques de arena ne

cesarios para guiar la escoria y el fierro.

- 5.1.6. Compuertas. En los canales del piso de vaciadas de este horno hay tres compuertas: una principal y dos secundarias.

La compuerta principal es una pieza vaciada que se coloca en el sifón para forzar el arrabio a salir por el lavadero, y tener un medio para desalojar el canal principal. Debido a que esta compuerta es metálica, es necesario protegerla con barro y tierra para que no se funda, pero teniendo cuidado que la capa refractaria colocada no sea muy gruesa e impida su demolición en el momento adecuado.

Es importante hacer notar que sin esta compuerta, no puede pasar el arrabio a las ollas termo.

Las compuertas secundarias son piezas metálicas más pequeñas que la compuerta principal que se colocan sobre los canales de tal modo que desvían el arrabio en una dirección, pero que al levantarlas los dejen pasar en otra. También deben recubrirse con barro y tierra que impida su destrucción.

Las 3 compuertas tienen dispositivos mecánicos que permiten levantarlas en el momento que sea necesario.

- 5.1.7. Cañón de lodos. El barro residual del cañón debe ser desalojado al tiempo de preparar la siguiente vaciada y dejarlo vacío-

mientras que estén prendidos los sopletes con que se secan el canal y las compuertas.

Cuando se apagan los sopletes se debe proceder a llenar el cañón, teniendo cuidado de eliminar cualquier obstrucción que impida su cierre hermético, y revisar que la boquilla esté en condiciones de tapar bien.

Una vez que el cañón está lleno y cerrado se debe operar el pistón hacia adelante, hasta que salga un poco de barro por la boquilla, asegurando con esto, que transcurra el mínimo tiempo posible entre el accionamiento del pistón y la entrada de barro en la piquera de fierro, al momento de tapar.

5.1.8. Barros. En este capítulo se ha hablado de diferentes barros, los cuales tienen cada uno su aplicación en los canales y el cañón.

A continuación se dan algunas generalidades de estos barros: Barro blanco. Este barro se utiliza en el cañón de lodos para tapar la piquera de fierro, debe tener buena plasticidad, un secado rápido, no agrietarse con el calor y una dureza considerable que le permita contener la presión interior del horno.

Su composición promedio es:

Tierra Alabama	70%
Coque fino	10%



Compuerta principal del piso de vaciada.

Brea sólida	10%
Plástico refractario	10%

Barro negro. Se utiliza para revestir los canales por donde -
pasa el arrabio, debe ser altamente refractario, resistente al
desgaste y formar el mínimo de grietas al secar.

Su composición promedio es:

Tierra Monterrey	30%
Coque fino	70%

Tierra Muzquiz. Es un barro que se utiliza en su forma natu--
ral en el piso del canal principal y del sifón, y para recu---
brir las compuertas, es muy refractario y tiene mucha cohesión.

5.2. Vaciada

La vaciada del alto horno consiste en sacar el fierro conteni-
do en el crisol y llevarlo a las ollas termo para su posterior traslado-
a las acerías.

Antes de comenzar una vaciada el fundidor debe asegurarse de -
que tiene todo lo necesario para ello que es lo siguiente:

- a). Revisar que la barrenadora esté bien mecánicamente
- b). Que el cañón esté cargado y apretado
- c). Localizar la posición exacta del agujero de la piqueta de fierro.

- d). Revisar que tanto el cañón como la barrenadora coincidan con dicho agujero.
- e). Que las ollas termo estén correctamente situadas y se les haya agregado Na_2CO_3 . (Cuando sea necesario).
- f). Tener lista toda la herramienta para trabajar la vaciada.
- g). Que todos los canales y compuertas estén perfectamente secos y en orden.

Ya revisados los puntos anteriores se procede a barrenar la piquera de fierro, accionando la máquina barrenadora desde la caseta de -- control. Es conveniente que al haber empezado la perforación se vuelva-revisar si el cañón coincide en el mismo punto. La perforación de la piquera se debe hacer lenta, avanzando y retrocediendo la barrena para -- aflojar el polvo, y observando con cuidado el agujero para determinar el punto final de la perforación indicado por pequeñas chispas que salen -- del interior.

La perforación hecha en la piqueta queda obstruída solamente - por un tapón de fierro sólido en el fondo. Este tapón se quema al intro-ducir un tubo con suministro de oxígeno puro, el cual reacciona con las-impurezas del tapón de fierro, fundiéndolo, y dejando libre el paso del-arrabio al exterior del horno.

Al empezar a salir el arrabio, se va acumulando en el canal -- principal y el sifón, hasta alcanzar el nivel del lavadero, y cubriendo-una buena parte del desnatador. El arrabio corre por el lavadero hasta-

la primera compuerta secundaria que lo detiene hasta que alcance el nivel del canal de la primera olla. Esta situación se mantiene mientras se llena la primer olla termo, una vez llena dicha olla, se levanta la primera-compuerta secundaria y se pasa el arrabio a la segunda olla.

Para tumbar la mencionada compuerta se necesita que un obrero -levante lo que es la compuerta metálica y que otro derribe el muro de barro con una barra larga, si es que este no cede al empuje del metal líquido.

La segunda compuerta desvía el metal en la misma forma que la -primera, y en caso de necesitar la tercera olla se levanta del mismo modo.

Hay que tener cuidado siempre que se levante una compuerta porque en ocasiones llega a explotar si la capa de barro era muy gruesa y -no estaba correctamente secada.

A la mitad de la vaciada aproximadamente comienza a salir escoria revuelta con el metal, la cual se separa en el canal principal por diferencia de densidad, impidiéndole el paso el desnatador, obligándola a -aumentar su nivel hasta alcanzar el canal de escoria por donde derrama a-la pileta. En la parte donde comienza este canal, se debe colocar un di-que de arena que, en caso de que el nivel del fierro suba mucho al ini---ciar la vaciada, impida que el arrabio se derrame por el canal hacia la -pileta originando explosiones en el canal.

Es necesario también romper la costra de escoria que se forma -

en el canal para mejorar la fluidez de la misma. En ocasiones cuando el fierro trae mucho azufre y está frío, la separación de la escoria no es total, arrastrándose con el metal algo de ella por debajo del desnatador. Para evitar que esa escoria llegue a las ollas termo se debe poner una viga de madera donde comienza el lavadero, y atrás de la viga colocar una capa de arena sílica, con lo que se logra detener buena parte de la escoria que llegue a pasar al desnatador.

Algunas veces, debido al exceso o falta de longitud del agujero de la piquera o a su estrechez, éste se llega a obstruir con coque -- disminuyendo considerablemente el flujo de arrabio y escoria a través de él. En estos casos es necesario introducir en la piquera una barra de acero lo suficientemente larga para eliminar la obstrucción. Esto debe hacerse cuantas veces se requiera durante la vaciada.

El término de la vaciada lo determina uno u otro de los siguientes hechos:

- 1o. Que el crisol se vacie, lo que se conoce como "soplar" ya que al no haber nada de líquido en el horno, el aire sale por la piquera de fierro arrastrando pequeñas gotas de escoria y metal a gran velocidad, y en ocasiones también pequeños pedazos de coque.
- 2o. Que las ollas termo disponibles se llenen antes de que "sople" el horno. En estos casos se debe tapar el horno y proceder a preparar todo lo necesario para volver a va-

ciar lo más pronto posible.

Una vez que la vaciada se considera terminada se procede a tapar el horno con el cañón inyectando el barro y dejando adentro el cañón como medida de seguridad. Debido al diseño del canal, queda un charco de arrabio que hay que sacar, ésto se hace abriendo un orificio debajo de la compuerta principal, que es el punto más bajo del canal. El fierro líquido sale a través de dicho orificio y es guiado por un dique de arena, sobre el canal llamado "cola de gato" hacia el canal de la segunda olla. Cuando todo el fierro ha salido del canal principal y comienza a salir escoria se cambia la posición del dique de arena para dejar libre el canal secundario de escoria y se procede a levantar la compuerta principal para que salga toda la escoria acumulada en el canal.

Para que la escoria de la que hablamos pueda salir libremente se debe tumbar con una barra larga toda obstrucción de barro que quede después de levantar la compuerta principal.

Cuando todas las operaciones anteriores han sido realizadas, se debe comenzar a preparar de nuevo la siguiente vaciada según lo expuesto en el capítulo 5.1.

5.3. Ollas termo

Las ollas termo son indispensables para la operación del alto-horno, ya que sin ellas sería imposible el transporte del metal a las acerías. Por ésto mismo deben tenerse algunos cuidados para la conser-

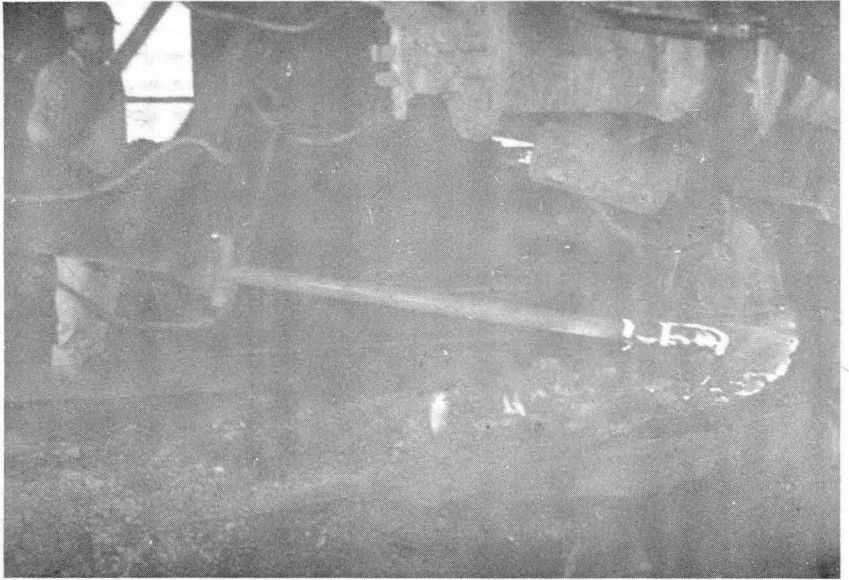
vación de dichos equipos.

Para conservar los termos en buenas condiciones es necesario -
lo siguiente:

- a). Antes de usarse, agregar bastante Na_2CO_3 para fluidizar -
la escoria que llegue a pasar al termo, y disminuir los -
embanques que tenga la olla por la misma causa.
- b). Evitar al máximo que pase escoria al termo para que no se
embanque.
- c). Evitar que el arrabio chorrée las boquillas.
- d). Efectuar reparaciones parciales al ladrillo de las boqui-
llas para proteger las mismas.
- e). Checar periódicamente el desgaste del refractario para --
evitar riesgos.
- f). No llenar las ollas a su máxima capacidad.
- g). Cuando el termo haya sido vaciado en las acerías, elimi--
narle la escoria residual, volteandolo en el puente expro
feso para tal fin.

5.4. Vaciada de escoria

Es la operación normal del horno, los productos fundidos, fierro y escoria, se depositan en el fondo del crisol de acuerdo con su peso específico, ocupando la escoria un volumen ligeramente mayor que el -
arrabio, restando espacio al crisol para contener más fierro debido a lo



"Chapulín" al momento de tapar el "Chango"

cual hay que eliminar dicha escoria del crisol. Para ésto el horno tiene dos piqueras de escoria a 600° una de otra aproximadamente. Para --- abrir la piqueta de escoria se coloca una barra cincel en medio del --- "chango" y se golpea hasta aflojar la costra de escoria que obstruye la salida cambiando entonces la barra por otra de punta e introduciendola - hasta la escoria líquida. Enseguida se retira dicha barra con un extractor y comienza a salir la escoria.

Cuando el horno sopla por la piqueta de escoria se debe tapar con el "chapulín", que es una barra articulada y refrigerada con agua -- que embona perfectamente con el "chango", y que enfría la escoria con la que tiene contacto formando de nuevo un tapón para la piqueta.

Hay ocasiones en que por la piqueta de escoria comienza a salir fierro durante la vaciada, debiendose tapar inmediatamente con el -- "chapulín" para evitar que explote el "chango" con todo y enfriador.

Otras veces el "chapulín" no tapa por estar quemado o desviado. En estos casos se puede colocar un guante de cuero o un pedazo de asbesto en la punta y volver a tapar, pero si no da resultado tratar de parar o cuando menos bajar la presión de sople y volver a intentarlo.

5.5. Observación de las muestras de escoria y fierro

Durante las vaciadas de escoria y fierro se extraen muestras - que, aparte de ser analizadas químicamente, sirven para orientar al operador sobre la marcha y algunos problemas del horno.

5.5.1. Muestras de escoria. Las muestras de escoria son semiesféricas, y para observarlas es necesario partirlas pudiendo ver en ellas que tan caliente o frío está el horno o la escoria, la relación aproximada de sílice y piedra caliza y si está ferroso o no.

El color de la muestra nos indica la temperatura del horno pasando desde el negro para una temperatura muy baja, hasta blanquecino para una temperatura alta. La relación de basicidad se puede ver gracias a una precipitación parcial de los silicatos de la muestra, y quedando en el centro un material con deficiencia de silicatos y por ende una mayor proporción de óxidos básicos que se conoce como "piedra".

El grueso de la capa de "vidrio" es la que indica la relación de basicidad en la muestra, siendo de cinco milímetros aproximadamente el espesor para una operación normal. Según las circunstancias de operación del horno se llegan a obtener muestras de puro "vidrio" o piedra y desde negro hasta blanco.

5.5.2. Muestras de fierro. Las muestras para observación visual que se obtienen del arrabio se llaman "dedos" por la forma que tienen siendo necesario quebrarlo también para ver el contenido de silicio.

Para un contenido normal o elevado de azufre, la muestra va desde un color metálico claro brillante para un arrabio frío

y de bajo silicio (0.50%) hasta oscuro opaco para arrabio caliente y de alto silicio (2.00%).

Quando el contenido de azufre es bajo (menos de 0.040%) la muestra se oscurece más con menos silicio y temperatura.

El azufre lo observa el operador en el arrabio que va por los canales en el estado líquido. Sobre el metal se forma una nata finísima que va en proporción directa del azufre contenido en el arrabio.

Una comprobación del silicio de la muestra es la resistencia a que presenta esta al quebrarse, siendo esta resistencia directamente proporcional al contenido de silicio.

5.6. Revisión de toberas

El operador del alto horno debe estar revisando frecuentemente las toberas, tanto exterior como interiormente para vigilar la marcha del horno y saber cuando una de ellas está quemada.

A través de las toberas podemos observar la buena o mala marcha del horno y su temperatura. Normalmente a través de una tobera se debe ver solo el coque incandescente en constante movimiento, pero a veces se ven barrancos fríos que caen de arriba indicando fallas en el descenso de la carga que pueden ser atribuidas a la presencia de agua dentro del horno (debido a cajas de enfriamiento quemadas) o canalizaciones

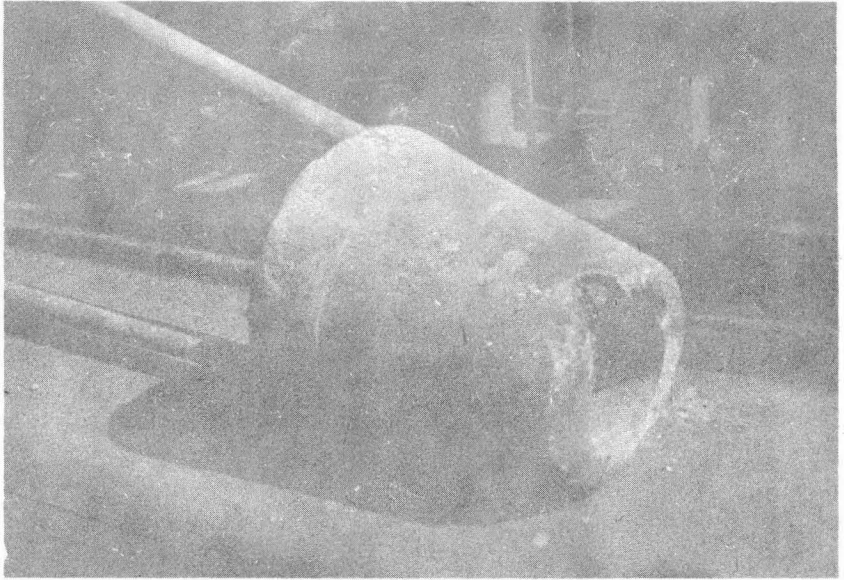
del gas que impide la reducción uniforme de la carga. En otras ocasiones una tobera en particular se ve menos brillante que las demás o sea más fría, lo que puede indicar que esta tobera está quemada.

Hay ocasiones en que al observar una tobera nos damos cuenta de que la escoria alcanzó este nivel, cosa que nos indica que debemos vaciar escoria o fierro según el tiempo que se tenga trabajando el horno, tomando en cuenta desde la última vaciada. Después de tres horas de trabajo del horno, ya comienza a ser peligroso abrir las piqueras de escoria, pues se corre el riesgo de que salga el fierro por ellas y las haga explotar.

Cuando una tobera está sucia con escoria, se debe abrir la mirilla e introducir una barra para aflojar la escoria dura que será arrastrada por la presión del soplo. Si lo que está sucio es la mirilla e impide ver la observación de la tobera, se debe abrir dicha mirilla (estando el operador debidamente protegido contra el ruido, quemaduras y partículas sólidas), sin pararse nunca enfrente de ella, y cambiar el vidrio por otro en buenas condiciones, procediendo a cerrar la mirilla asegurándola correctamente.

5.6.1. Toberas quemadas. Las toberas quemadas son quizá uno de los problemas más comunes de todo el alto horno, y cada una de ellas nos representa una demora de aproximadamente 50 minutos.

Una tobera quemada se distingue por las siguientes anomalías:



Tobera quemada.

- a). El agua que sale de la tobera se filtra entre ella y el enfriador, y sale hacia fuera del horno, viendose a simple vista.
- b). La tobera pierde brillantez al estar trabajando.
- c). La punta de la tobera se cubre con una capa de escoria -- fría, llegando en ocasiones a cerrarse por completo.
- d). La manguera de descarga del agua de enfriamiento vibra demasiado por la presencia de vapor o gas que entra por la tobera quemada.
- e). Al bajar la presión de aire de soplo (en una checada por ejemplo), el coque de enfrente de la tobera se apaga.
- f). Aumento en el contenido de hidrógeno en el gas de Alto -- Horno.

Hay veces que una tobera quemada o reventada no muestra estos signos, y solo la experiencia de un buen operador puede determinar si es ta o no quemada.

5.6.2. Cambio de toberas. Cuando una tobera o un chango se queman, - se deben cambiar inmediatamente después de que termine la va-- ciada en que fueron localizadas, para evitar que entre agua al horno y robe calor.

El proceso para cambiar una tobera es el siguiente:

- a). Parar el horno.
- b). Cortar el suministro de agua a esta tobera.
- c). Aflojar el tensor y las cuñas del codo de 90°.
- d). Bajar el tubo de soplo.
- e). Tapar la tobera con barro para que no se venga el coque.
- f). Aflojar la tobera y desconectar la manguera de entrada del agua.
- g). Bajar la tobera quemada y limpiar el asiento del enfriador.
- h). Colocar la tobera nueva probada y conectarle de inmediato el suministro de agua.
- i). Subir el tubo de soplo y asentarlo en la tobera.
- j). Apretar el tensor del codo y las cuñas.
- k). Arrancar el horno,
- l). Checar el tubo, tobera y codo por fugas, si las hay, reapretar el tensor o las cuñas, hasta eliminarlas.

5.7. Colgadas del horno y checks

Para que un alto horno trabaje normal y eficientemente es necesario que la carga tenga una buena permeabilidad a través de ella, la cual se logra con granulometrías adecuadas de la materia prima. Cuando el horno trabaja en condiciones normales, el descenso de la carga es uniforme y continuo, pero hay ocasiones en que este descenso se ve afectado por ciertos factores que detienen el movimiento de la carga, como pueden

ser canalizaciones de gas, malas secuencias, un exceso de finos que disminuya la permeabilidad o una mala distribución de la carga. Sin embargo la principal causa por la cual desciende la carga lentamente en este horno, es que el ángulo de la cuba es muy grande, o sea que el horno es casi recto, lo cual origina que no hay espacio suficiente en el vientre para la expansión térmica de los materiales y por lo mismo la carga se aprieta.

Cualquiera que sea la causa, el efecto es que el descenso de la carga se interrumpe, con lo que el horno deja de cargar, pero como el aire de sople no se interrumpe, una zona de la carga se sigue fundiendo, en tanto que el resto se queda "colgado" o suspendido en el horno, dando lugar a un espacio vacío. Para solucionar esta anomalía es necesario -- "chechar" el horno.

Por "check" se entiende disminuir el volumen de aire de sople bajando por consiguiente la presión dentro del horno hasta que la carga se afloja y cae, debiéndose de inmediato subir el flujo de aire a lo normal.

Los signos que muestran el horno cuando se está colgando son:

- a). Aumento de la presión del aire de sople.
- b). Suspensión total o parcial del descenso de la carga, indicandonos esto, por el registro de las sondas.
- c). Aumento de la temperatura de gas sucio.

Para checar el horno se requiere tomar ciertos cuidados, debi-

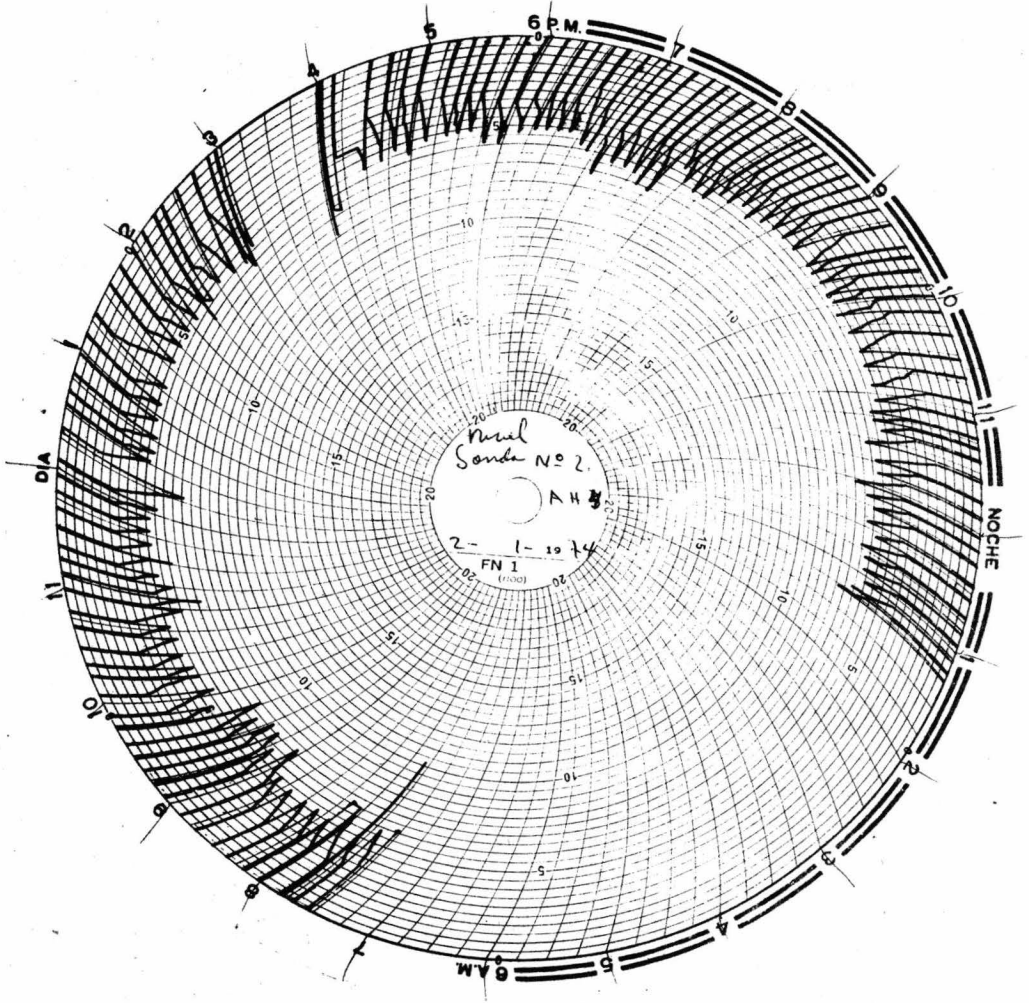
do a que al disminuir la presión interior del horno, el nivel de la escoria siempre sube (probablemente por una descompresión de la misma), llegando a alcanzar el nivel de las toberas y entrando inclusive por ellas, llenándose hasta los codos y tubos de soplo si el operador se descuida, originando demoras de varias horas.

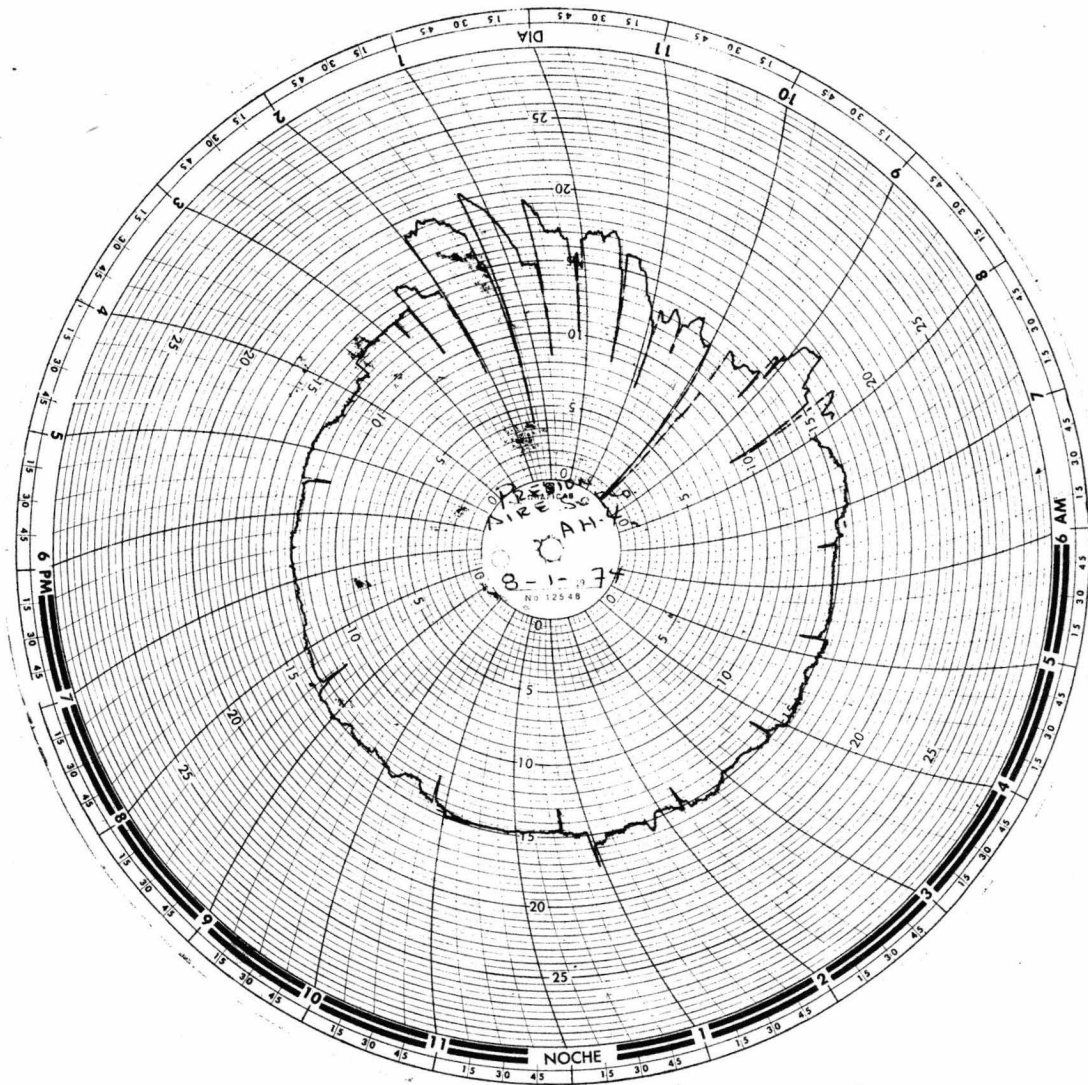
La práctica para "chechar" el horno consiste en ir bajando poco a poco la presión y observar con detenimiento las toberas, en caso de -- que la escoria aparezca en las toberas, se suspende momentáneamente la -- bajada de presión, o se sube ligeramente, hasta que la escoria desaparezca, continuandose entonces el descenso de presión hasta que caiga la carga.

Es lógico pensar que cuanto más lleno esté el crisol, más difficil y más precauciones hay que tomar para "chechar" el horno, pero nunca se debe "chechar" sin ver las toberas aunque el horno esté vacío.

Ocasionalmente un "check" normal no es suficiente para que caiga la carga por lo que hay que valerse de otros medios para lograrlo, como son el aumento de humedad en el soplo y el cambio de una o dos estufas al momento de checar, ésto último con el fin de succionar un poco -- del aire del horno al momento en que las estufas se llenan.

Nunca se debe permitir por mucho tiempo que el horno este "colgado" y menos aun si el crisol está cargado, puesto que entre más se tarde en checar el horno, mayor será el impacto de la carga al caer, levantando con ello mucha escoria y arrabio que pueden tapar la tubería de so





plo, aparte del aumento excesivo de temperatura en el tragante que podría sufrir deformaciones por sobrecalentamiento y el riesgo de que la carga se desplome (ver 7.8).

5.8. Operación y cambio de estufas

La operación de las estufas consiste en calentarlas y soplarlas de acuerdo a un régimen tal que permite mantener una temperatura de soplo de 1000°C constante.

Este alto horno cuenta con 3 estufas instaladas y una más en proyecto, y como se menciona en el capítulo 4 el cambio de ellas puede ser automático y/o manual. Los parámetros de operación de las estufas son: calentar el domo a 1300°C y la chimenea a 300°C, teniendo dispositivos eléctricos que cortan el gas al alcanzarse la temperatura de la válvula de chimenea.

El operador de las estufas puede realizar los cambios desde la cabina de control, ordenando a un circuito eléctrico que ponga la estufa a soplar, calentar o embotellarla (todas las válvulas cerradas), también puede desde la misma cabina ordenar eléctricamente que se abra o cierre determinada válvula, pero si falla la corriente eléctrica, puede ir a la estufa y operar manualmente todas las válvulas.

Las 3 estufas tienen cinco válvulas cada una que son:

Válvula de aire frío

Válvula de aire caliente

Válvula de chimenea

Válvula de gas

Válvula de aire de combustión.

Es muy importante saber que cuando se va a cambiar una estufa se debe poner a soplar otra antes de sacar a calentar la que está soplando.

Para realizar un cambio de estufas se deben hacer los movimientos siguientes:

- 1o. Si la estufa se va a poner a soplar después de estarse calentando:
 - a). Cerrar la válvula de gas
 - b). Apagar el abanico y cerrar la válvula de aire de combustión.
 - c). Cerrar la válvula de chimenea
 - d). Abrir la válvula de aire frío
 - e). Abrir la válvula de aire caliente

Nota. Las válvulas de relevo para la chimenea y el aire frío que sirven para igualar presiones, vaciando la estufa en el primer caso y llenandola en el segundo, están interconstruidas con las válvulas respectivas y su operación está sincronizada con el movimiento de ellas.

- 2o. Si la estufa está soplando y se va a poner a calentar:
 - a). Cerrar la válvula de aire caliente.

- b). Cerrar la válvula de aire frío
- c). Abrir la válvula de chimenea
- d). Encender el abanico y abrir la válvula de aire de combustión.
- e). Abrir la válvula de gas.

Quando una estufa a estado fuera de servicio por algún tiempo y está fría por lo mismo, el gas no se enciende por si solo al entrar en ella. Para calentar una estufa en estas condiciones se necesita abrir el foso de combustión e introducir una buena cantidad de leña para comenzar a calentarla poco a poco, ayudándose con gas natural y probando con el gas de alto horno hasta que éste se mantenga encendido por si solo, - regulando el tiro con la válvula de chimenea.

Quizá las válvulas que merecen mayor cuidado en las estufas son las de aire caliente, ya que son válvulas de tipo compuerta, refrigeradas con agua en el asiento y la válvula misma, si el suministro de -- agua llega a fallar en el sistema de siete a ocho minutos antes de que -- el agua se agote en ellas se debe aprovechar ese mismo tiempo para levantarlas y reducir las probabilidades de que se deformen y causen demoras en el horno al tener que cambiarlas.

El aire caliente que sale de las estufas, disminuye su temperatura a medida que se enfrían éstas, y para mantener una temperatura constante a la entrada del horno, debemos mezclar en la línea, un volumen de aire frío que vaya disminuyendo proporcionalmente a la disminu--



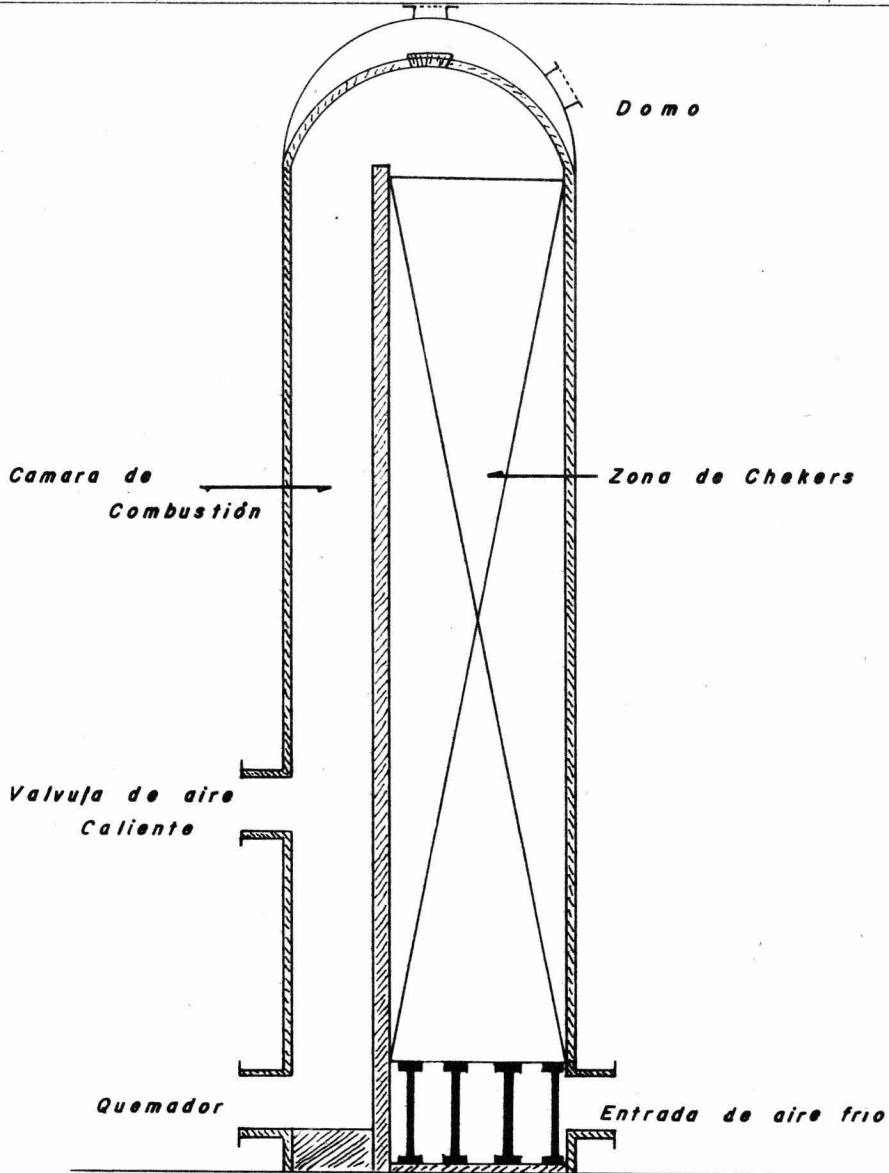
EQUIPO Corte de una estufa

REF.

DESCRIP.

MARCA

CANT.



DIB. A. C. B.

REV.

APROB.

MATERIAL

ESCALA

FECHA Octubre 1974

CROQUIS

No.

ción de la temperatura del soplo caliente. Esta operación la controla un registrador controlador automático.

5.9. Sistema de depuración de gases.

El sistema de depuración de este horno cuenta con un colector de polvo, dos tanques de lavado con agua que trabajan a base de venturís saturadores y un tanque eliminador de agua que trabaja por fuerza centrífuga.

La operación consiste simplemente en descargar el colector --- tres veces al día, destapararlo cuando se obstruya, y mantener en operación constante las bombas que introducen y desalojan el agua de lavado de los tanques.

Aparte de lo anterior la parte más importante para la correcta operación de este equipo es que se purguen dos o tres veces por turno -- las partes que puedan obstruirse con depósito de lodo como válvulas y tuberías de inyección y desalojo.

A este respecto se han instalado últimamente descargas contínuas que han eliminado la necesidad de estar purgando el equipo, disminuyendo considerablemente los cuidados que deben prestarsele.

5.10. Paros del horno.

En este inciso debemos considerar como parar el horno, el hecho de suspender el soplo por períodos cortos de tiempo, hasta 36 hrs. -

como máximo razonable, para paros de mayor duración siempre que no sean emergencias, se debe preparar el horno con una carga de "embanque que se verá en el capítulo 6.

Para parar el horno por tiempos cortos es necesario incluir en la carga normal dos cantidades extras de coque separadas una de otra de 3 a 4 horas, de tal forma que la primera carga extra de coque, quede cerca de la zona de toberas al momento del paro, dependiendo la cantidad de coques extra y su separación, del tiempo que vaya a estar parado el horno.

Generalmente para parar el horno, éste debe tener el crisol - lo más limpio que se pueda al terminar la vaciada, con las únicas excepciones de que: el paro sea muy breve, o que sea motivado por causas de fuerza mayor.

Hay dos razones primordiales para no parar un horno cargado:

- a). La dificultad para impedir que la escoria se venga por las toberas al bajar el soplo y
- b). El riesgo que se corre de que el metal se cuaje en el crisol originando otro tipo de embanque (ver 7.10)

Cuando el horno ya está listo para parar se deben hacer los siguientes movimientos:

- a). Bajar el soplo con la válvula de desvío
- b). Abrir los sangraderos del horno.

- c). Cerrar la válvula de guillotina para independizar la línea de gas de alto horno.
- d). Cuando la presión del horno sea cero, succionar por las toberas el gas residual (jalar gas)
- e). Bajar el turbosoplador a su mínima capacidad
- f). Abrir los marcos de las mirillas y tapar las toberas con barro para que no entre aire al horno.

En los otros hornos el gas se jala aprovechando el tiro de las chimeneas de las estufas, abriendo la válvula de aire caliente y de chimenea de una estufa, pero en el alto horno No. 4 se tiene en la línea de aire caliente una válvula con tiro propio que se encarga de jalar el gas sin que se usen las estufas.

Para volver a arrancar el horno se procede así:

- a). Se destapan las toberas y se cierran los marcos de las mi rillas.
- b). Se cierra la válvula para jalar gas
- c). Se introduce el soplo caliente con la válvula de desvío
- d). Se abre la válvula de guillotina
- e). Se cierran los sangraderos
- f). Se sube el turbosoplador al flujo normal

5.11. Control térmico del horno.

Una de las principales funciones del operador del horno es man tenerlo a una temperatura adecuada para obtener las características nece sarias del arrabio.

A este respecto, ~~la guía utilizada por el fundidor es el conte~~ nido de silicio del arrabio, basándose en que a mayor temperatura del -- horno, mayor es el contenido de silicio en el fierro. Esto es debido a ~~que la reacción de reducción de la sílice a silicio se realiza en pro--~~ porción directa del calor disponible en el horno. 2

El rango de silicio que se busca en este horno es de 0.60 a -- 0.80%, que corresponde a una temperatura en el arrabio de 1350°C, aprox imadamente.

Si en la operación normal del horno el contenido de silicio en el metal ~~disminuye de 0.60% indica que el horno está peligrosamente frío,~~ llegando incluso a solidificarse el arrabio en el crisol, lo cual se ~~de-~~ denomina embanque y que representa uno de los mayores peligros del alto -- horno.

~~Si el horno se calienta demasiado, con silicios arriba de 1% -~~ aparte del mayor desgaste del refractario del horno y el ~~sobrecalenta--~~ miento del tragante, el consumo de coque aumenta, incrementándose los -- costos de producción.

~~Cuando un arrabio aumenta mucho su temperatura, sería lógico -~~

pensar que su fluidez también lo hace, sin embargo ocurre lo contrario.- Como ya se dijo, el silicio aumenta en el arrabio proporcionalmente con la temperatura, y cuando dicho elemento alcanza valores de 2 a 3%, su efecto se nota sobre el carbón equivalente del arrabio, que al llegar al valor de 5% o más, hace que el punto de fusión del metal se eleve demasiado, por lo que, aunque el hierro esté muy caliente se conserva pastoso o semifluido.

Por el lado contrario, la práctica demuestra que en un horno ligeramente frío produce más que un horno caliente. La explicación a este hecho es que al no perderse calor y monóxido de carbono en las reducciones de la sílica, se aprovechan más estos factores para fundir y reducir la carga metálica.

Para controlar las variaciones de la temperatura en el horno, el operador dispone de las siguientes variables:

- a). Humedad del soplo caliente
- b). Temperatura del soplo caliente
- c). Coques extra
- d). Inyección de gas natural por las toberas

Existe un nomograma que relaciona estas variables con la temperatura de la flama en las toberas y ahí se aprecia el efecto que causan sobre la temperatura.

- a). Humedad del soplo caliente.

La humedad del soplo actúa como un refrigerante, debido a que su disociación térmica en H_2 y O_2 requiera gran cantidad de calor, el cual toma del horno. Unas ventajas adicionales de la humedad son, que suministra una cantidad de hidrógeno que actúa como reductor y aumenta a la vez la permeabilidad de la carga y otra es que provee una cantidad adicional de oxígeno para la combustión del carbono.

b). Temperaturas del soplo caliente

En condiciones normales el aire de soplo proporciona el 20% aproximadamente del calor del proceso.

En casos que el horno requiera más calor urgentemente, se puede recurrir a esta variable que actúa en forma inmediata.

c). Coques extra

Quando el horno muestra signos de enfriamiento o una tendencia a ellos, se pueden agregar coques extra para suministrar calor adicional con el único inconveniente de su efecto tarda ocho horas aproximadamente, mientras llega del tragante al vientre del horno.

d). Combustibles auxiliares

Los hidrocarburos al quemarse producen monóxido de carbono y agua, que a su vez se disocia en hidrógeno y oxígeno, robando más calor que el que suministra su combustión. Es

to hace que dichos hidrocarburos actuen como un refrigerante menos enérgico que la humedad del soplo, además que suministren mayor cantidad de gases reductores.

Con estas variables trabajadas oportuna y correctamente se puede mantener el horno con buena temperatura constantemente, salvo problemas de otra índole que sean poco comunes.

Es necesario aclarar que, debido a las condiciones particulares de trabajo de este horno, siempre se debe operar en un rango de silicio en el arrabio de 0.5 a 1.6%.

C A P I T U L O VI

OPERACIONES NO RUTINARIAS

Existen algunas operaciones en el alto horno que son poco frecuentes y que sin llegar a ser emergencias, se requiere la supervisión más estrecha de los jefes de operación.

En este capítulo se tratará lo relativo a las siguientes operaciones:

1. Embanque del horno
2. Arranque después de un paro largo
3. Sondeos de refractario
4. Cambios de cajas de enfriamiento

6.1. Embanques del horno

Debemos aclarar primero que la palabra embanque se utiliza para denominar dos situaciones muy diferentes del horno. Por un parte "embanque" puede significar que el arrabio se enfrió dentro del crisol llegando a un estado pastoso que le impide fluir, y que es un estado de ---

emergencia muy grave. Por otra parte, que es la que ocupa este capítulo de "embanque" significa una preparación que se le da a la carga del horno para que éste dure varios días parado.

El embanque consiste en colocar dentro del horno una carga tal que al parar éste, quede desde el crisol hasta el vientre una capa de puro coque y de ahí hacia arriba vaya aumentando gradualmente la relación mineral/coque hasta un valor de 1.60 cerca del tragante, y sobre la carga final un sello de arena sílica para impedir que el calor escape.

La finalidad del embanque es conseguir durante el tiempo que el horno esté parado, que la carga se enfríe lo menos posible y además evitar al máximo la entrada de aire que provoque la fusión residual del mineral (aun estando parado el horno), cuyo producto se acumularía en el fondo del crisol solidificandose al paso del tiempo.

Es común que al parar el horno éste siga trabajando por si solo en forma mínima, por lo cual se acumula el arrabio así producido en el crisol, pudiéndose en ocasiones sobrepasar el nivel de la piqueta de fierro y si el arrabio se solidifica, dicha piqueta queda obstruída y a la hora de arrancar el horno el fierro líquido que se produzca no se puede sacar por la piqueta del mismo.

Para calcular la carga de embanque se debe tomar en cuenta el volumen útil del horno y el volumen específico de los materiales que componen la carga, para que el horno quede más o menos lleno al introducir

toda la carga.

El día 25 de junio de 1974, se realizó un embanque en el horno para cambiar la campana y realizar otras reparaciones, las instrucciones y la carga de embanque de esa ocasión se muestran enseguida para ejemplificar esta parte.

Para entender la carga de embanque es necesario explicar lo siguiente:

- a). Una carga se compone de 4 carros de materias primas
- b). B/A representa la basicidad, básicos entre ácidos
- c). Secuencia es el orden en que van las materias primas en cada carga, por ejemplo CC/MM significa dos carros de coque primero, la diagonal indica bajar la campana y enseguida dos carros de mineral. Si sobre alguna "M" se coloca una "P", indica que en el mismo carro va el mineral y la piedra caliza necesaria.

Carga de embanque para el Alto Horno No. 4 (25-VI-74)

1a. Serie	volumen parcial	volumen total
11 cargas de coque	(m ³)	(m ³)
29000 kg de dolomita		
B/A escoria = 1.35		
Secuencia CC/CC		
Poner la dolomita en 3 carros extra		
Volumen/carga de coque = 23 m ³		
Volumen de la dolomita = 20 m ³	273	273

2a. Serie

10 cargas
Min/coque = 1.20
mineral = 7700 kg
coque = 6400 kg
dolomita = 1200 kg
100% homogenizado
B/A escoria = 1.35
Secuencia CC/ $\frac{P}{MM}$

Volumen/carga = 14.3 m³

143

416

3a. Serie

10 cargas
Min/coque = 1.40
Mineral = 9000 kg
Coque = 6400 kg
dolomita = 1200 kg
100% homogenizado
B/A escoria = 1.35
Secuencia CC/ $\frac{P}{MM}$

volumen/carga = 16.3 m³

163

579

4a. Serie

10 cargas
Min/coque = 1.50
Mineral = 9500 kg
Coque = 6400 kg
Dolomita = 1400 kg
100% homogenizado
B/A escoria = 1.40
Secuencia CC/ $\frac{P}{MM}$

Volumen/carga = 16.9 m³

169

748

5a. Serie

12 cargas
Min/coque = 1.60
Mineral = 10200 kg
coque = 6400 kg
Dolomita = 1400 kg
100% homogenizado
B/A escoria = 1.40
Secuencia CC/ $\frac{P}{MM}$

Volumen/carga = 17.4 m³₉

208.8

956.8

6a. Serie

40000 kg mineral colchón

10000 kg arena sílice

Volumen 27.7 m³

27.7

984.5

Nota. El volumen útil del horno es 1,020 m³

El horno se debe parar cuando esta carga termine de entrar, ya que es el momento en que los coques de la primera serie llegan a la zona de las toberas. Los trabajos que se hacen durante la carga de embanque se pueden resumir en el siguiente instructivo:

Preparativos adicionales durante la carga de embanque y después de parar el horno.

- 1). Agregar agua al mineral y al coque para mantener baja la temperatura del tragante.
- 2). Mantener las sondas afuera después de cada carga para evitar que se quemem.
- 3). Mantener la temperatura del tragante alrededor de 350°C - si sube de este valor, bajar el soplo, si baja, disminuir el nivel de carga.
- 4). Taladrar el horno en la última vaciada con un ángulo de 20°
- 5). En la última vaciada, soplar el horno lo más posible con la presión máxima.

- 6). Vaciar el colector de polvo hasta que sople, antes de la última vaciada.
- 7). Asegurarse que caiga la carga antes de parar.
- 8). Al parar el horno, tapar inmediatamente las toberas con barro y poner vapor a todo el sistema.
- 9). Tapar el agujero de la última vaciada con media carga del cañón.
- 10). Cerrar la válvula de guillotina
- 11). Trabajando de dos en dos los tubos de soplo y toberas sellándolas con ladrillo y arcilla pistoleada.
- 12). Reducir el agua de los enfriadores en un 25%.
- 13). Checar todas las cajas de enfriamiento, si hay alguna que mada, rellenarla con plástico refractario.
- 14). Parar las bombas del enfriamiento del tragante y cerrar las válvulas manuales.
- 15). Tapar los drenes del crisol.
- 16). Abrir los registros superiores y encender el gas.

Como puede verse una carga de embanque requiere de cuidar todos estos pequeños detalles que podrían ser pasados por alto al momento de preparar el horno.

6.2. Arranque después de paros largos

Los dos problemas principales para arrancar el horno si ha estado parado varios días son:

- a). Que la carga esté fría, y el más importante,
- b). Que el crisol esté embancado.

Ya se habló sobre la costra de fierro sólido que se forma en el crisol en estos casos, y que puede ser mayor o menor dependiendo de lo mal o bien que se haya preparado el horno para parar, así como del soplado de la última vaciada. Pero no solo con fierro se puede embancar el crisol sino también con escoria, la cual puede obstruir, al solidificarse, los intersticios libres entre el coque, impidiendo a la hora de arrancar, que el fierro y la escoria nueva fluyan hacia el fondo del crisol.

Si esto llega a pasar, se debe estar preparado para sacar el fierro del crisol a través de las piqueras de escoria, y tratar de abrir la piqueta de fierro con tubos con oxígeno hasta alcanzar la parte superior del embanque o costra.

Un arranque de este tipo, siempre se hace con 4 ó 5 toberas, - las # 1, 2, 3, 4 y 18 para cubrir el área de la piqueta de fierro y la piqueta número 1 de escoria. Para ayudar a la canalización hacia la piqueta de fierro y para librar el espesor de la costra de arrabio forma-

da, dicha piquera se taladra hacia arriba en lugar de la forma convencional de taladrar hacia abajo.

Antes de arrancar, se debe taladrar la piquera de fierro hacia arriba y mantenerla así una vez que arranque el horno. Esto nos permite desde el inicio del soplado, saber si hay poca o mucha canalización del aire de las toberas hacia la piquera de fierro, tomando la acción que sea necesaria.

Como norma general, siempre se deben hacer los preparativos a sumiendo que el crisol está embancado, o sea en forma pesimista, para no correr ningún riesgo debido a exceso de confianza. Hasta que el horno esté debidamente canalizado hacia la piquera de fierro y este salga con un silicio de 1.6-2%, se puede proceder a abrir una o dos toberas, cuidando siempre que las que se abran sean adyacentes a las que ya estaban abiertas.

El resto de los trabajos para arrancar el horno se dan a continuación:

- 1). Que el turbosoplador esté trabajando y tirando el aire a la atmósfera.
- 2). Que todos los equipos tengan vapor para evitar explosiones.
- 3). Que los sangraderos del horno estén abiertos
- 4). Los registros del tragante y del sistema de lavado de ga

ses deberán estar perfectamente cerrados.

- 5). Las descargas del colector selladas con barro y arena.
- 6). Probar el sistema de carga:
 - a). Cribas de sinter estandar y sinter fino
 - b). Cribas de coque estandar y coque fino
 - c). Tolvas pesadoras de coque y sinter
 - d). Sistema hidráulico de la fosa
 - e). Malacate de los carros montacarga
 - f). Sistema hidráulico superior
 - g). Compuertas superiores, inferiores y campana
 - h). Sondas
 - i). Sistema de enfriamiento, cajas, toberas, enfriadores
válvulas de aire caliente de las estufas
- 7). En el horno y piso de vaciadas debe haber:
 - a). Piquera de escoria # 1 enladrillada para casos de --
emergencia
 - b). Los canales de escoria revestidos con barro y secos-
para evitar explosiones si se llegan a usar
 - c). Barrenar la piquera de fierro hacia arriba con barra
de 7.5 cm de diámetro
 - d). Arrancar el horno con la piquera de fierro abierta,-
y taparla con un tercio de la carga del cañón cuan-
do comience a salir la escoria.
 - e). Disponer de suficientes tubos y mangueras para oxígeno

no en las piqueras de fierro y escoria

- 8). Con respecto a las toberas:
- a). Destapar las toberas 1,2,3,4 y 18 y el resto dejar-- las bien tapadas
 - b). Todas las toberas deberán tener mirillas para oxígeno.
 - c). Si alguna tobera que no sea adyacente a las 4 ó 18 - se destapa, parar de inmediato y tajarla.

Cuando el horno ya arrancó, se debe ir metiendo una carga especial según avance la operación hasta alcanzar la relación mineral/coque-normal, la carga de arranque es la siguiente:

1a. Serie

8 carros de coque para el material del sello

3200 kg coque/carro

15000 kg de dolomita

poner la mitad de la dolomita en los primeros dos carros- y la otra mitad en los dos carros siguientes al cuarto ca rro de coque.

3750 kg de dolomita/carro
secuencia CC/CC

2a. Serie

"X" cargas como sigue
Mineral/coque = 1.60
Mineral = 10200 kg
Coque = 6400 kg
Dolomita = 1400 kg

3200 kg coque/carro
 100% homogenizado
 B/A escoria 1.40
 Secuencia CC/ $\frac{P}{MM}$

Después de esta serie se ira aumentando la relación mineral/co que según criterio del encargado del arranque.

Al progresar la normalización de la operación e ir abriendo -- las toberas, se debe aumentar también el soplo para lograr la penetra--- ción del mismo según convenga.

La secuencia del flujo del aire de soplo debe ser aproximada-- mente la siguiente:

ETAPA	TOBERAS ABIERTAS	FLUJO DE AIRE m ³ /hr	PENETRACION
1a.	1,2,3,4,18.	42500	151
2a.	1,2,3,4,5,18,17	55000	140
3a	1,2,3,4,5,6,18,17,16	71500	140
4a.	1,2,3,4,5,6,7,18,17,16,15	85000	140
5a	1,2,3,4,5,6,7,8,18,17,16, 15,14	102000	140
6a.	1,2,3,4,5,6,7,8,9,18,17, 16,15,14,13	110000	130
7a.	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,18, 17,16,15,14,13,12,11	125000	130

Todas las maniobras deben hacerse en todos los arranques de es te tipo, ya sea que el horno esté preparado o que se haya tenido que pa- rar de emergencia, sin ninguna preparación, sin menospreciar nunca algún detalle que pueda ayudar a resolver los problemas que pueden presentar- se.

6.3. Sondeos del refractario

La vida del refractario del horno se calcula según el tonelaje acumulado de arrabio que haya producido, pero como este horno tiene carbón del crisol al etalaje y arcilla en la cuba, el desgaste no es uniforme. El carbón puede aguantar alrededor de 5 millones de toneladas en -- tanto que la cuba duró 1.75 millones aproximadamente.

El desgaste del refractario se puede ir midiendo, haciendo sondeos periódicos en el mismo, el sondeo consiste en hacer perforaciones -- en la pared del horno a diferentes niveles de la cuba, y medir físicamente el espesor del refractario, rellenando posteriormente el agujero y -- soldando en la coraza metálica un cople con tapón para futuras mediciones.

Se debe aprovechar también cuando se saca una caja de enfriamiento para ver cuanta pared queda, sin necesidad de trabajar con tala-- dros.

En el crisol es muy peligroso hacer sondeos de cualquier tipo, ya que lo crítico de esta zona no permite perforaciones que pudieran quebrar o debilitar el refractario, por lo que se debe limitar la medición del mismo a las ocasiones en que se cambien enfriadores de tobera o -- "chango".

Si en algún sondeo se observa que el refractario está muy delgado, es necesario aumentar el enfriamiento de esa zona, ya sea con ca--

jas o con cortina de agua, antes de que aparezcan zonas rojas en la coraza.

En este horno hubo necesidad de colocar cajas y cortina de agua en la parte más baja de la cuba, ya que su desgaste fue mayor de lo calculado, haciendo urgente la reparación de la cuba, que se hará en meses próximos.

6.4. Cajas de enfriamiento quemadas

Este horno tiene enfriamiento a base de cajas en el ladrillo de arcilla, que debido a su menor coeficiente de transmisión térmica no puede usar enfriamiento a base de cortina de agua como el carbón.

Hay ocasiones en que por fallas en el suministro de agua a las cajas o sedimentos acumulados en las mismas o por la mala operación, las cajas se queman ocasionando que entre al horno una considerable cantidad de agua.

El agua que entra al horno de esta manera, causa un enfriamiento de esa zona provocando la formación de barrancos, que alteran el descenso uniforme de la carga, y que al desprenderse y caer al crisol, provoquen desplomes de carga sin suficiente calor, enfriando peligrosamente el horno.

Los signos que muestra el horno cuando tiene alguna caja quemada

da son:

- a). Aumento del agua de reposición del sistema, que es cerrado
- b). Aumento del contenido de hidrógeno en el gas del tragante-
lo normal es 2 %
- c). Desplomes
- d). Descenso disparejo de la carga
- e). Alto contenido de azufre en el arrabio
- f). Salida de agua por los empaques de la caja quemada y por -
los de las cajas vecinas
- g). Ocasionalmente, y si el volumen de agua es muy grande, es-
ta puede salir a través de la tobera que quede abajo de la
caja dando la apariencia de que es la tobera la que está =
quemada.

Para localizar la caja quemada, es necesario probar las cajas-
de las que se tiene duda, para esto se coloca un manómetro en la descar-
ga de la caja que se está probando y se cierran la salida primero y la -
entrada después, si la presión que marca el manómetro desciende rápido -
indica que esa caja está quemada.

La localización de una caja quemada puede hacer en operación,-
pero una vez localizada, se debe parar el horno a la primera oportunidad
para hacer un agujero a la caja y rellenarla con plástico refractario, -
tapando despues el agujero con soldadura y dejando cerradas la entrada y

salida.

En estas condiciones el horno puede seguir trabajando hasta -- que haya oportunidad de cambiar esa caja por otra nueva, para lo que se necesitan de 5 a 7 horas con el horno parado.

6.5. Limpieza en el sistema de lavado de gases

En algunas ocasiones y por fallas en los equipos o en la operación, el sistema se llega a obstruir con polvo o lodo, principalmente el colector de polvo, que debido al vapor que se introduce en el durante -- los paros del horno, forma junto con el polvo una costra dura, difícil -- de remover que va aumentando de espesor al aumentar la humedad del colector, hasta que se embanca.

Cuando el colector se tapa por las causas expuestas, ya no separa el polvo del gas, el cual pasa casi íntegro a los lavadores cuya capacidad se ve superada, y con cualquier falla en el sistema de purgas se obstruye. Como se mencionó en el capítulo 5.9., la solución para que no pase esto es purgar el sistema adecuadamente y descargar a tiempo el colector de polvo.

Sin embargo periódicamente es necesario hacer limpieza dentro de los equipos, principalmente el colector de polvo, para lo cual es necesario:

- a). Parar el horno
- b). Purgar con vapor todo el sistema
- c). Abrir todos los registros del sistema
- d). Colocar una tapa en el ducto de entrada del colector
- e). Checar que la válvula de guillotina este perfectamente cerrada.

Quando todo el gas ha sido desalojado del sistema, la gente -- que va hacer la limpieza puede entrar con picos, palas y taladros neumáticos, desalojando el escombros a través de los registros.

El sedimento formado en el colector es a veces tan duro que se requieren cartuchos pequeños de dinamita para aflojar las adherencias.

Una vez terminadas las labores de limpieza, se debe checar que no queden herramientas en el interior y proceder a cerrar todos los registros y compuertas del sistema.

C A P I T U L O VII

OPERACIONES DE EMERGENCIA

Existen algunas situaciones en la operación del alto horno que por poner en serio peligro al equipo y al horno, requieren de la actuación inmediata, segura y experimentada de los operadores del horno.

Cualquier falla o imprevisto en la operación debe considerarse como de más peligro mientras más lleno esté el crisol del horno, o sea - que la mayoría de las fallas serían escasamente peligrosas si sucedieran al término de una vaciada o con el horno parado.

A continuación se anotarán las acciones a seguir en cada uno - de los problemas que se enuncian, que no son todos, pero si los más comunes.

7.1. Fallas del Cañón de Lodos

En el capítulo 5.2 se hizo mención de la necesidad de revi--sar que la barrenadora y el cañón coincidan con la piquera de fierro, --

así como las condiciones mecánicas de los dos primeros.

La omisión de las precauciones anteriores, así como una falla en la manipulación de los controles del cañón, pueden traer como consecuencia, que a la hora de tapar, el cañón falle y sea imposible tapar el horno inmediatamente.

Cuando el cañón falla se obtienen agujeros cortos (ver capítulo 7.7) si la boquilla no se quema, pero si se llega a quemar es necesario parar el horno para cambiarla y poder tapar. Esta falla se puede presentar en diferentes situaciones, a saber:

- a). Sin soplar el horno y la boquilla sin quemarse. En esta situación se tienen los dos termos llenos, por lo que hay que levantar la compuerta principal y quitar el soplo, para que salga menos arrabio, que se va a ir a la pileta de escoria. El cañón hay que sacarlo y llenarlo lo más pronto posible para volver a tapar, recargándolo otra vez en posición de tapar (sin quitarlo de la piquera) para inyectar lo que se llama "barro extra", y evitar al máximo un agujero corto.
- b). Sin soplar el horno y con la boquilla quemada. En este caso se procede igual que en el anterior, solo que hay que cambiar la boquilla del cañón por lo que el tiempo de demora se verá aumentado de 15 a 20 minutos.

- c). Soplando el horno con la boquilla sin quemarse. Lo que se hace es bajar el soplo y sacar el cañón para recargarlo y luego inyectar barro extra, sin alterar la rutina de la vaciada, puesto que los termos aún tienen capacidad para más arrabio.
- d). Soplando el horno con la boquilla quemada. Se procede como en el inciso "C" solo que cambiando la boquilla, aumentando la demora.

Quando se quema una boquilla y de momento no hay otra nueva, - se puede introducir en la boquilla quemada un casquillo que tape la zona quemada, ó un "chango", con lo cual se puede tapar el horno y durante la preparación de la siguiente vaciada se cambia la boquilla con calma.

7.2. Vaciadas demoradas

En el alto horno #4 se hacen un promedio de 7 vaciadas por día o sea de 3 a 3 1/2 hrs. entre una y otra, pero si por alguna razón impide que se vacíe el horno en este tiempo, el nivel del arrabio en el crisol aumenta mucho, llegando incluso a rebasar el nivel de la piqueta de escoria, en tanto que la escoria puede llegar hasta las toberas.

Las causas principales de que una vaciada se demore son: Falta de ollas termo para vaciar, demoras en la preparación de la vaciada. El primer paso a seguir en estos casos es bajar el aire tanto como el horno

lo permita para ganar tiempo y tratar de solucionar la causa del problema, pero si la escoria está en las toberas y aún no se puede vaciar se debe abrir una piquera de escoria, a sabiendas de que puede explotar si llega a salir fierro por ella, pero si no explota se debe cerrar en cuanto la escoria desaparezca de las toberas, en caso de que explote, se debe intentar parar, y en su defecto aguantar así hasta que se pueda vaciar.

Cuando una vaciada se demora mucho, se debe estar preparado con 3 ollas termo para poder desalojar todo el arrabio del crisol y no tener el problema de dejar el horno sin "soplar".

7.3. Incendio del gas en el tragante

Según las condiciones de operación del horno el análisis del gas varía, pero podemos considerar un promedio de:

CO	28%
CO ₂	16%
O ₂	0.3%
H ₂	2%
N ₂	53.7%

El monóxido de carbono es altamente explosivo en presencia de oxígeno y nitrógeno, hasta una chispa o una temperatura elevada para que se incendie.

En el horno se llegan a dar estos casos de incendio cuando el

nivel está muy bajo y el gas sale demasiado caliente o cuando la carga se desploma muy fuerte dando paso a un gran volumen de gases a alta temperatura.

Para dar un ejemplo podemos considerar el caso de que el horno esté "colgado" y la presión de soplo aumente mucho, si en un momento dado la carga cae sola.- O sea se desplome.- El volumen de gases presurizados en la parte inferior se libera y asciende bruscamente, aumentando mucho la presión del tragante, tanto, que los sangraderos se abren solos, entrando el gas caliente en contacto con el oxígeno del aire realizándose la explosión.

Sea cual sea la causa del incendio, es necesario extinguirlo - para evitar deformaciones por sobrecalentamiento en el sistema de carga y los sangraderos, para extinguir el incendio se necesita:

- a). Subir el nivel de carga tan rápido como sea posible
- b). Inyectar la mayor cantidad de agua disponible en el sistema de enfriamiento del tragante.
- c). Reducir el volumen de soplo de 40 a 50%
- d). Agregar la mayor cantidad de agua posible a la carga de los carros montacarga.
- e). Disminuir la presión del tragante.

7.4. Encalada

En la operación normal del horno, la basicidad de la escoria -

es: $\text{CaO} + \text{MgO}/\text{SiO}_2 = 1.3$ aproximadamente. Para mantener esta basicidad es necesario vigilar continuamente los análisis de las materias primas.

Por encalada se entiende un aumento considerable de la basicidad de la escoria, lo cual hace que su punto de fusión suba mucho y pierda su fluidez dentro del horno, con la consiguiente disminución de la permeabilidad de la carga, el descenso irregular de la misma y la formación de barrancos.

Lo principal cuando el horno se encala, es calentarlo lo más posible para aumentar la fluidez de la escoria pastosa.

Los pasos a seguir cuando el horno está encalado son:

- a). Aumentar la temperatura del soplo al máximo
- b). Quitar toda la piedra caliza de la secuencia de carga
- c). En algunos casos, poner arena sílica en la carga
- d). Hacer vaciadas cortas
- e). Agregar coque extra periódicamente
- f). Quitar la humedad y el gas natural
- g). Revisar constantemente las toberas.
- h). Si es posible inyectar oxígeno por las toberas

Los factores que pueden originar que se encale el horno son principalmente las variaciones de la basicidad del sinter o cargar por error más piedra caliza de la necesaria.



EQUIPO
 DESCRIP.

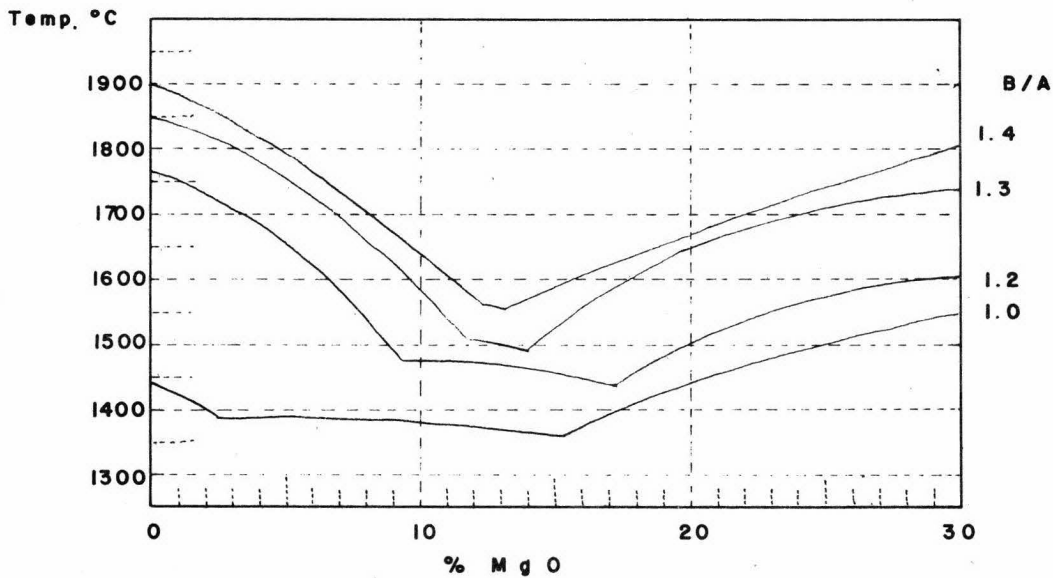
MARCA

CANT.

REF.

Efecto del MgO sobre el punto de fusión de las escorias del Alto Horno con 12.5% de Alúmina para varios valores de basicidad

$$B/A = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$$



DIB. A. C. B.

REV.

APROB.

MATERIAL

ESCALA

FECHA OCTUBRE 1974

CRÓQUIS

No.

7.5. Piquera de fierro desbocinada

La piquera de fierro forma parte de la pared del crisol del -- horno, esta construída de barro y concreto refractario de alta dureza. -- En cada vaciada al taladrar la piquera, se mide el espesor de la pared, -- valor que recibe el nombre de "largo del agujero" y que debe ser de 1.10 a 1.50 metros (45 a 60 pulgadas).

En algunas circunstancias el espesor de la pared se reduce con siderablemente, o sea que los agujeros son demasiado cortos, y al tala-- drar, se afloja la piquera, lo cual ayudado por la presión interior del-- horno, termina por desbocinar la piquera.

Otras veces, cuando la pared está delgada, pero resiste la va-- ciada, termina por derrumbarse al presionar contra ella el cañón al mo-- mento de tapar.

Si la piquera se desbocina al final de la vaciada el problema-- es menor, ya que casi no hay fierro en el crisol, pero si esta ocurre a-- media vaciada, o antes, el fierro saldra del horno como si hubiera reven tado una presa, derramándose fuera de los canales y causando muchos da-- ños físicos y materiales.

De todas formas el problema es causado directamente por el de-- bilitamiento o adelgazamiento de la pared del crisol en la piquera de -- fierro, por lo que hay que vigilar que ésto no suceda. En el reporte - diario de operación se anota en cada vaciada la longitud del agujero, --

permitiendo así llevar un buen control del mismo.

Para evitar los agujeros cortos hay que vigilar los siguientes puntos:

- 1). Evitar que falle el cañón de lodos (ver inciso 7.1)
- 2). Checar las condiciones mecánicas de la barrenadora
- 3). Vigilar la calidad y cantidad de barro para la piqueta
 - a). Composición
 - b). Humedad
 - c). Molienda
 - d). Características físicas
- 4). Evitar el desgaste exterior de la piqueta, rellenándola - cada que sea necesario.

Quando el problema ya se presentó es necesario reconstruir la pared y seguir una práctica para "regenerar el agujero", (devolver la piqueta a sus condiciones normales), en síntesis los pasos a seguir son -- los siguientes:

- 1). Para el horno y limpiar el area de la piqueta colocando - una capa de barro blanco contra el coque del crisol para - evitar que caiga a la zona donde se está trabajando.
- 2). Rellenar la piqueta con concreto refractario, dejándolo - secar convenientemente.

- 3). Tapar con barro las toberas que están sobre la piquera de fierro, evitando así que trabajen para formar un barranco que ayude a regenerar el agujero.
- 4). Arrancar y operar el horno con volumen de soplo hasta normalizar la piquera, esto con objeto de disminuir la presión en el interior del horno.
- 5). Hacer vaciadas cortas y poner barro extra en cada una hasta normalizar la piquera.
- 6). Cuando se considere que la situación se ha normalizado, se abren las toberas que se taparon y se regresa a los parámetros normales de operación.

7.6. Fallas del sistema de carga

El sistema de operación del horno obliga a cargarlo continuamente e ininterrumpidamente para mantener el nivel de carga y aprovechar al máximo la energía térmica del mismo. Suspender la carga significa un descenso rápido del nivel con sobre calentamiento del tragante y pérdida del calor que se usa para secar y precalentar la carga.

Este inciso incluye la campana, tolvas, cribas y todo aquel equipo que al fallar, impida alimentar el horno. Si la falla es pequeña se puede seguir operando sin variar las condiciones de trabajo, admitiendo inclusive que baje un poco al nivel de carga, pero si la falla es grande y va a tardar mucho su reparación, se debe:

- 1). Bajar el volumen de soplo (con la válvula de desvío) para que el nivel descienda lo más lento posible y el tragante no se recaliente.
- 2). Acelerar la preparación de la vaciada para vaciar lo más pronto posible que se pueda, o tratar de parar si es posible.
- 3). Si la falla continúa, parar el horno hasta solucionarla -
- 4). En caso de que la temperatura suba mucho en el tragante, operar el sistema de enfriamiento y agregar agua a los carros montacarga.

7.7. Fallas del turbosoplador

El turbosoplador es un equipo que no lo maneja directamente el alto horno, sino la planta de fuerza, por lo que se considera como un equipo auxiliar.

Las fallas que se van a considerar son dos; variaciones en el flujo e interrupciones repentinas del servicio. La primera hace que la operación varíe mucho, ya que la zona de fusión del horno cambia con las variaciones de flujo y penetración, y lo único que se puede hacer es pedir a la planta de fuerza que normalice la situación.

Respecto al 2o. punto, la situación es más crítica, porque como se mencionó en 5.7 y 5.10, cuando se le quita aire al horno, es necesario hacerlo despacio y vigilar sobre todo las toberas, y en el caso de

una interrupción demasiado rápida del suministro de aire, esto no es posible, por lo que al momento de la interrupción la carga cae repentinamente llenándose toda la tubería de soplo con escoria y fierro, siendo más grave la situación entre más lleno haya estado el crisol al momento de la falla.

En una situación como ésta se corre el riesgo de que exploten toberas, enfriadores y tubos al contacto con el fierro, y sin embargo es poco lo que se puede hacer para disminuir la gravedad del problema, siendo lo más importante vaciar el horno "POR DONDE SEA".

Los pasos a seguir son:

- 1). Abrir las dos piqueras de escoria
- 2). Abrir las mirillas de las toberas para que salga la escoria posible.
- 3). Vaciar el fierro inmediatamente que se pueda ya sea a la pileta de escoria o a las ollas termo
- 4). Parar el horno soplando al máximo y limpiar toda la tubería de soplo.

En el alto horno # 4 no se ha presentado este problema, pero en otros hornos se han visto casos, en que la escoria llega hasta la dona y el tubo de soplo caliente de las estufas, tardando en ocasiones varios días para limpiar la tubería con el riesgo de haber parado el horno sin prepararlo debidamente (ver inciso 6.2).

7.8. Desplomes.

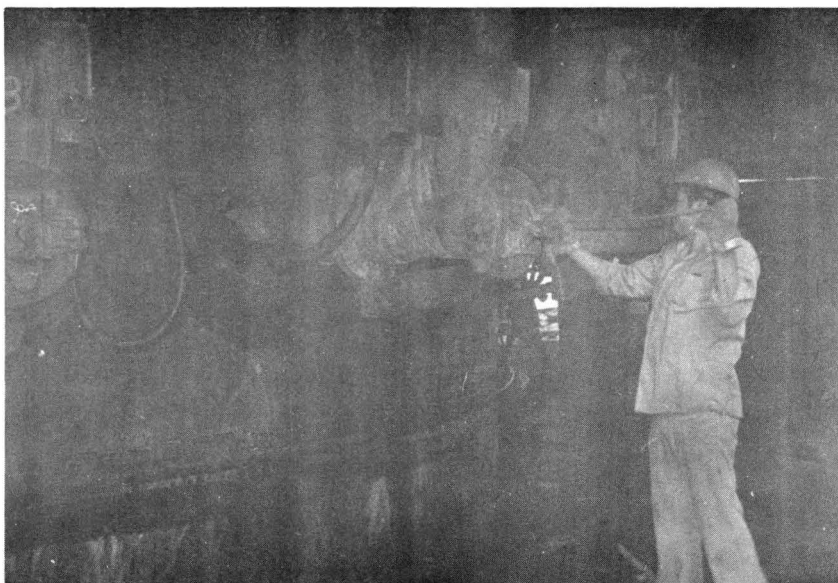
Por desplome se entiende la caída repentina de una masa de materiales generalmente fríos que se hayan suspendidos o retenidos en las paredes por alguna circunstancia desfavorable, como puede ser una caja quemada o mala distribución.

Las consecuencias que puede traer un desplome son el enfriamiento del crisol con riesgo de embanque, escoria en las toberas, incendio del gas en el tragante, y recalentamiento de la parte superior. El problema de un desplome se agrava si el horno está un poco frío (Silicio de 0.5-0.6% en el arrabio) ya que no habrá calor suficiente para fundir los materiales fríos que cayeron al crisol, con el riesgo de que se cuaje la escoria o el metal del crisol.

Sabemos que el horno se está desplomando cuando se registran los siguientes hechos:

1. Descenso espontaneo de las sondas
2. Descenso rápido de la presión de soplo
3. Aumento simultáneo de la presión del gas sucio
4. Aumento de la temperatura del tragante

Cuando el horno se está desplomando se debe "chechar" antes que otra cosa, para ayudar a que caiga la carga y revisar todas las toberas para ver que tanto se enfrió el crisol, ya que no siempre se enfriaba peligrosamente.



Destapando un tubo y la tobera.

Considero que el principal factor para que ocurran los desplomes son los barrancos, formados ya sea por aglomeración de finos debido a mala distribución o por alguna caja que este introduciendo agua al horno.

En ocasiones al suceder un desplome se enfría únicamente la escoria, de modo que en la vaciada, el fierro sale libremente con regular temperatura, pero cuando comienza a salir la escoria se ve muy espesa y sucia. Cuando ésto sucede, se forma una costra de escoria a mediación del crisol, sobre la cual se deposita el nuevo metal con su escoria sin llegar al fondo del crisol, viendose escoria en las toberas mucho antes de tiempo, dando la impresión de que el horno está lleno con apenas 30 ó 60 minutos de trabajo, siendo que en realidad el fondo del crisol está vacío.

En los casos en que después del desplome se observa frío el -- crisol se debe calentar el horno haciendo lo siguiente:

1. Aumentar al máximo la temperatura de soplo
2. Quitar la humedad y gas natural de las toberas
3. Poner periódicamente coques extras
4. Disminuír el volumen de soplo

Si las toberas se ensucian con escoria, se deben limpiar sin - parar el horno a través de las mirillas.

7.9. Falta de agua y corriente

El agua y la corriente eléctrica son dos elementos indispensa

bles para la operación del horno, y la interrupción de cualquiera de los dos servicios puede acarrear graves problemas al equipo y a la operación.

7.9.1. Falta de agua. El agua se utiliza en los sistemas de enfriamiento del horno, los cuales los podemos dividir en 5:

1. Sistema de toberas, enfriadores, "changos" y "chapulines".
2. Agua para el enfriamiento de las cajas.
3. Agua de enfriamiento del crisol.
4. Agua para el enfriamiento de las válvulas de aire caliente.
5. Agua para el sistema de lavado de gases.

1. El agua para el enfriamiento del equipo de cobre se trabaja en un ciclo que comienza en la torre de enfriamiento de donde se bombea a unos tanques en la parte superior del --horno, bajando por gravedad hacia las toberas, enfriado--res etc., y de ahí por gravedad se regresa a la torre de --enfriamiento. Las bombas que circulan agua de enfriamiento están protegidas con turbinas de vapor para casos de --falta de corriente eléctrica, pero si aún esta falla el su ministro de agua, la reserva de los tanques no es suficien--te para la demanda, por lo que las toberas y enfriadores --quedarán sin enfriamiento. Cuando se presenta este proble--ma es necesario tratar al máximo de parar el horno, abri-- las dos piqueras de escoria y vaciar lo antes posible. Ya con el horno parado y restablecido el servicio de agua,-

se deben probar las toberas, enfriadores y todo el equipo que sea afectado por la suspensión de agua, y proceder a cambiar el que haya resultado dañado.

2. Las cajas de enfriamiento, tiene un sistema evaporativo -- condensador que la permite trabajar en ciclo cerrado con poca perdida de agua. En caso de que el nivel de agua baje en los tanques, basta con añadir agua al sistema para terminar con el problema, siempre que la adición se haga a tiempo.
3. El enfriamiento del crisol es quizá el menos crítico, ya que permite suspensiones momentaneas sin dañarse, ahora -- que, trabajar mucho tiempo con escaso enfriamiento del crisol provoca que se requeme la placa exterior, y que el refractario interior se sobrecaliente y desgaste más aprisa, por lo que ante esta situación se debe parar igual que en el punto relativo a toberas y enfriadores.
4. El agua que se utiliza para las válvulas de aire calientes del mismo sistema de las toberas y por lo tanto la falla de suministro de agua es simultánea en unas y otras. Cuando falla el agua en la válvula de aire caliente, se deben abrir inmediatamente las mismas, para exponerlas a temperaturas menos elevadas que estando cerradas.

5. La falta de agua para lavar los gases del horno, provoca - que dicho combustible llegue con mucho polvo a los sitios- de consumo, deteriorandolos bastante. Cuando esta anomalía sucede, se deben abrir los sangraderos del horno para redu cir el volumen de gas que circula por el equipo de lavado, (ya que en esas circunstancias es facilmente atacado por - la abrasión del gas), y para evitar que llegue a las estu- fas y calderas una cantidad perjudicial de polvo.

7.9.2. Falta de corriente eléctrica. La totalidad de los equipos de este horno trabajan en alguna de sus partes con corriente eléct rica por lo que la suspensión de este servicio afecta grande- mente a la operación del mismo.

El interruptor general está alimentado con corriente de 440 volts, y tiene capacidad para 2000 amperes. Este interruptor- alimenta a siete centros de control de 440 volts, que dan ener gía para controlar cierto número de equipos cada uno.

Es muy difícil que falle la corriente por completo, lo nor- mal es que se "bote" algun centro de control u otro transfor- mador alimentado por ese centro.

Las fallas eléctricas que podrían afectar mayormente serían las que impidieran cargar el horno y las relacionadas con las- bombas del sistema de enfriamiento. Cuando ocurren las mencio- nadas en primer término se debe proceder como se indica en ---

7.6 (fallas del sistema de carga), mientras que las mencionadas en segundo lugar están protegidas con la instalación de turbinas de vapor en cada uno de los motores para agua de refrigeración.

7.10. Embanques

En este inciso se verá lo relacionado el embanque que significa enfriamiento o congelación del arrabio dentro del crisol.

En puntos anteriores ya se vió por que causas se puede enfriar el horno (barrancos, desplomes, agua, paros largos, etc.), ahora trataremos sobre los métodos para sacar el horno del embanque.

Los síntomas que presenta el horno cuando se está enfriando son:

- a. Contenido bajo de silicio en el arrabio
- b. Escoria delgada y sucia (negra)
- c. Poca fluidez del arrabio y la escoria
- d. Movimiento rápido del coque en las toberas
- e. Las toberas se van cerrando poco a poco con escoria
- f. Se ve mucha escoria en las toberas
- g. Presión de soplo muy alta
- h. Descenso irregular de la carga
- i. Regreso de la escoria por los tubos

No se puede establecer un camino a seguir cuando el horno se -

embanca, pero si podemos decir, que en estas circunstancias lo más importante es aumentar al máximo la temperatura de flama de las toberas y tratar de calentar el horno con coques extras y disminuyendo la relación mineral/coque, los factores que nos ayudan a calentar el horno son:

- a. Aumentar la temperatura de soplo al máximo
- b. Disminuir el volumen de soplo
- c. Quitar toda la humedad y el combustible auxiliar
- d. Inyectar óxigeno por las toberas
- e. Agregar coques extras
- f. Quitar mineral de la carga (reducir la relación mineral/coque)

Hay ocasiones, sin embargo, en que todo esto no es suficiente, las toberas siguen cerrandose, la escoria regresandose por los tubos, y el horno enfriandose hasta que termina por embancarse. Ante esta situación se debe decidir entre seguir operando o parar el horno. En el primer caso se toma la decisión esperando que los coques extras lleguen a la zona de toberas y surtan su efecto calentando el horno, (o sea unas ocho horas después de estar luchando por salvar el horno), pero se corre el riesgo de que el horno se enfrie aún más y el aire ya no entre ni las toberas.

En el segundo caso se toma esa decisión para preparar el horno de manera de poder centrar la acción en la zona de la piquera de fierro y la primera de escoria, para atacar el embanque por zonas.

En general para trabajar el embanque, cuando ya se decidió pa--
rar el horno, se deben realizar maniobras de manera similar y por las --
mismas causas, que en el caso de un arranque después de un paro largo --
(ver capítulo 6.2), y seguir las mismas normas de operación hasta llegar--
a calentar todo el horno y devolverlo a sus condiciones normales.

La diferencia principal entre el arranque con el horno embanca--
do intencionalmente y embancado accidentalmente, es que en el segundo ca--
so estamos seguros de la existencia de mucho arrabio y escoria sólida o --
pastosa, lo cual multiplica las probabilidades de que explote una tobera--
o un tubo.

7.11. Explosiones de tubos de soplo

Los tubos de soplo están recubiertos con material refractario -
en su interior, excepto en la parte delantera donde sella con la tobera.-
Es en esta parte precisamente donde se revientan los tubos cuando llegan--
a tener contacto con fierro líquido, dando la impresión de que explotan -
debido a la presión del aire de soplo.

Un tubo nunca se revienta cuando el horno está trabajando nor--
malmente, para que ésto suceda, se necesitan condiciones que hagan posi--
ble el contacto entre el arrabio líquido y el tubo de soplo, como puede -
ser un barranco en la tobera, un desplome, un embanque, una tobera quema--
da, un "check", etc.

Cualquiera que sea la causa, el efecto resultante es una fuga -



muy fuerte de gas con proyecciones de escoria y/o fierro que por lo general queman la tobera y el enfriador, llegando en otras ocasiones a desahacer hasta el tubo mismo, arrojando entonces varias toneladas de coque hacia fuera del horno.

Este problema puede presentarse en diferentes formas, y con distintos grados de gravedad según el contenido de arrabio en el crisol y lo poco o mucho que falta para la vaciada en el momento de ocurrir la explosión.

Para analizar este problema podemos considerar dos casos:

1. Si revienta el tubo poco antes o durante la vaciada. Si se quema la tobera y/o el enfriador se debe tratar de cerrar el agua de enfriamiento de esas piezas y terminar la vaciada lo antes posible, bajando el aire de soplo según vaya -- permitiendo el horno hasta pararlo para proceder a cambiar el equipo quemado o dañado. Si algún tubo se revienta poco después de terminar la vaciada, se debe igualmente proceder a parar el horno y reparar el equipo.
2. Si la reventada de un tubo sucede a mediación de una vaciada y otra, se deben abrir una o las dos piqueras de escoria, e ir bajando el soplo hasta parar el horno, siempre que el equipo dañado no pase de la tobera, el enfriador y el tubo, pero si los daños son mayores, es necesario vaciar el horno antes de parar (soplando el horno al máximo), ya que la de-

mora puede ser muy grande, enfriándose el metal que se haya acumulado en el crisol hasta el momento de la falla. No debe importar en este caso si el fierro se tira a la pileta - de escoria o se pasa hasta los termos.

Lo anterior puede considerarse como una norma general en estos casos, sin embargo estos problemas tienen muchas facetas que los hace ser muy diferentes uno de otro, por lo que la solución de cada uno, está baseda en el criterio y experiencia de la persona responsable.

C A P I T U L O V I I I

CONSIDERACIONES TEORICAS

En este capítulo veremos lo relacionado con algunos factores importantes de operación, que han sido objeto de largos estudios, pero que sin embargo, en su mayoría, están basados en observaciones y estudios prácticos realizados por técnicos con muchos años de experiencia.

8.1. Cálculo de la carga de dolomita

Para calcular la dolomita y otros datos de la operación, se cuenta con una hoja de carga donde se hacen los cálculos correspondientes a un balance de entradas, tomando en consideración los análisis de cada una de las materias primas, y sus proporciones.

Anexo se presenta una de estas hojas de carga, con los cálculos hechos para una carga de 30% de mineral y 70% de sinter, asumiendo que buscamos una basicidad en la escoria de 1.3 y un contenido de fierro en el arrabio de 94%.



Equipo Cíclico de Carga

DESCRIP. MARCA CANT.

REF.

C O M P O S I C I O N

Material	Fierro		Silica		Alumina		Ca O		Mg O		Azufre			
	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg		
Co que		9000	0.76	68	8.39	755	5.20	469	0.67	60	0.34	30	1.05	95
Mineral	30	6000	63	3800	4.5	270	0.6	36	1.50	90			0.040	2.4
Sinter	70	14000	56	7850	6.4	900	1.45	203	6.70	940	1.60	225	0.018	2.5
Totales				11718		1925		708		1090		255		99.9
				x1.06 = 12400		-a = 1660							-b = 95	
													-c = 76	
Dolomita	100	1580			0.68	10.7			35.5	560	16.5	260		
			Escoria			1670.7		708		1650		515		76
BASICIDAD DESEADA		1.30		Cálculo de la dolomita				Composicion de la escoria						
ARRABIO FIERRO = 94.0%				1660 x 1.30 = 2150				SiO ₂ 1670.7 36 %						
DESEADO SILICIO = 1.0%				2150 - 1345 = 805				Al ₂ O ₃ 708.0 35.3 %						
AZUFRE = 0.040%				805 ÷ 0.52 = 1580				Mg O 515.0 11.1 %						
a = 124 x 2.14 = 265 Kg SiO ₂				BASICIDAD CALCULADA				S 76.0 1.64 %						
b = 12400 x 0.04 = 4.96				35.3 + 11.1 = 1.28				Total 4619.7						
c = 20 % Azufre en el gas				36										

Los calculos se hacen en base a una carga del horno

DIB. **A. C. B** MATERIAL

REV. ESCALA

APROB. FECHA OCTUBRE 1974

No. CROQUIS

8.2. Secuencia de carga

La secuencia de carga es una operación de suma importancia para el buen funcionamiento del horno. Como se mencionó anteriormente, la secuencia es el orden en que se introducen los materiales a la cuba y en este orden la secuencia es:

$$\begin{matrix} P \\ MMCC/ \end{matrix}$$

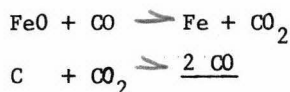
donde "M" representa mineral, "C" es el coque, y los fudentes se representan con una "P" (piedra), la diagonal indica el momento de abrir la campana.

Cada una de las letras indican un carro de ese material, y en el caso de la segunda "M" que tiene una "P" sobre ella, indica que en el mismo carro va el mineral con su correspondiente piedra.

En el caso particular de esta secuencia lo que se busca es que el mineral al caer primero en el horno, tienda a irse hacia la pared y el coque hacia el centro, con lo que se logra que el flujo preferencial de gases sea por el centro del horno, protegiendo las paredes de la cuba.

En los casos en que se supone que las paredes de la cuba tienen adherencias que impiden el descenso uniforme de la carga, se invierten unas o el total de las cargas según se muestra en $\begin{matrix} P \\ CCM/ \end{matrix}$ con lo que el gas tiende, a trabajar sobre la pared del horno limpiando las adherencias. Con este tipo de secuencia se obtiene en contra un sobrecalentamiento del refractario y un aumento en el consumo de coque por tonelada de arrabio.

Aceptando por cierto que el primer material de la secuencia --
tiende a irse a la pared del horno, el aumento preferencial del flujo --
del gas hacia donde se encuentra la concentración del coque, se puede ex
plicar de la forma siguiente:



en la primera ecuación se ve que al reducirse el mineral se produce una-
molécula de gas, en tanto que en la segunda al oxidarse el carbono se --
producen dos moléculas de gas, lo cual demuestra que en la zona donde se
concentra el coque hay doble producción de gas que en la que está el mi-
neral.

Las propiedades que muestra una y otra secuencia se pueden --
aprovechar en su totalidad utilizando una sola de ellas, o pueden mez---
clarse en diferentes porcentajes para uniformizar el flujo de gas a tra-
vés de toda la carga.

8.3. Velocidad del gas en las toberas

Cuando el horno está trabajando normalmente y sin alteraciones
en sus parámetros, la zona de fusión se mantiene constante, variable que
es necesario mantener con las menores alteraciones posibles. Por ésto -
indispensable controlar la velocidad en las toberas, para que dicha zona
de fusión no cambie de lugar.

Esta velocidad es función del volumen de soplo, temperatura, presión y area total de las toberas, y se presenta de la manera siguiente:

$$Vel._{tob} = \frac{V_o}{A \times 60 \text{ seg/min}} \times \frac{P_o}{1 + P_o} \times \frac{273 + T_o}{273}$$

donde:

V_o = volumen de soplo en m^3/min

A = Area total de las toberas en m^2

P_o = Presión del aire de soplo

T_o = Temperatura del aire de soplo

Podemos considerar que una velocidad entre 150 y 200 m/seg es un buen valor, siendo mejor el tender hacia 200 m/seg.

8.4. Temperatura de flama

Al igual que la zona de fusión, la flama que se forma enfrente de las toberas, debemos mantenerla en un rango cerrado de temperatura, con objeto de lograr una buena estabilidad térmica del horno.

Los factores que afectan a esta temperatura, como se mencionó en 5.11 son, la humedad, los combustibles auxiliares y la inyección de oxígeno, y están relacionados de la siguiente manera:

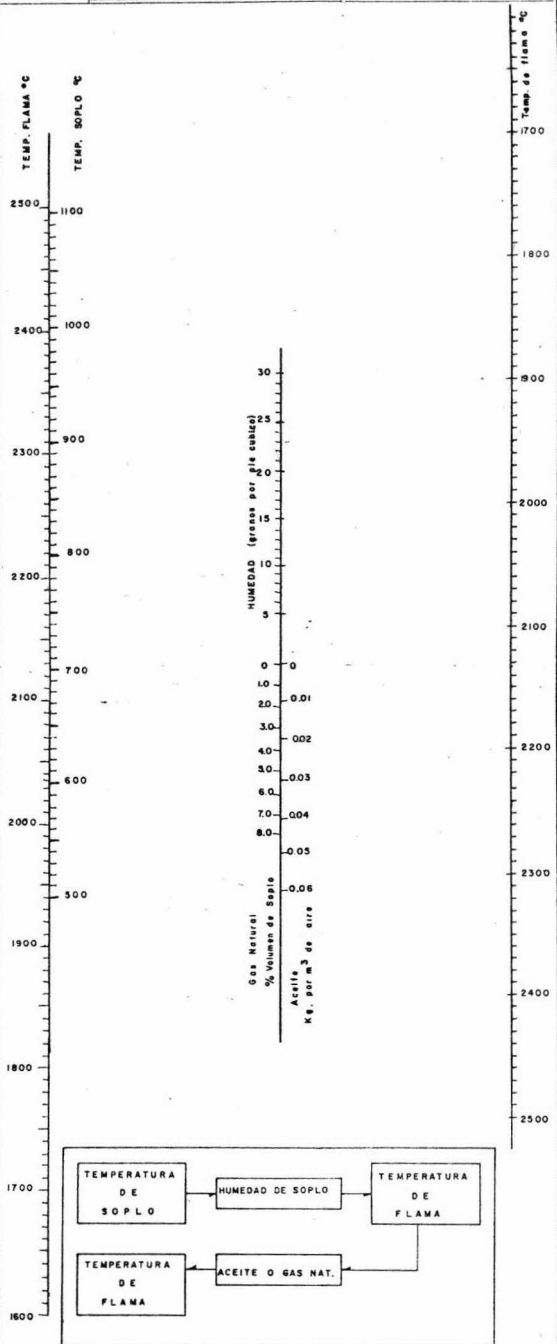
$$T_f = 0.9211 \times (T - Ac \times 4) - 2GN + 1409 - 7.4 \times (H - 10) + 55 \times O_2$$



EQUIPO Nomograma de la Temp. de

DESCRIP. Flama MARCA CANT.

REF.



DIB. A. C. B.
REV.
APROB.

MATERIAL
ESCALA
FECHA OCTUBRE 1974

CROQUIS
No.

donde:

T = Temperatura de soplo en °C

Ac = Kilogramos de aceite por tonelada de metal

GN = Metros cúbicos normales de gas natural por tonelada de metal.

H = Humedad en granos por metro cúbico

O₂ = Porcentaje de oxígeno consumido

El oxígeno se cálcula como sigue:

$$O_2 = \frac{0.21 \times V + VO_2}{V + VO_2} \times 100 - 21$$

donde:

V = Volumen de soplo MN³/min

VO₂ = Volumen extra de oxígeno MN³/min

Enseguida se muestra el nomograma que relaciona todas estas variables. El rango de temperatura de flama para este horno es de 2050 °C a 2150 °C.

8.5. Permeabilidad

A lo largo de esta tesis se ha hecho mención de la importancia que tiene la permeabilidad para la buena operación. Esta es una variable fácil de cuantificar, lo cual es necesario hacerlo para saber si estamos en lo correcto o podemos mejorar.

La permeabilidad se calcula según:

$$P = \frac{V}{P_o - P} \times \frac{1}{1000}$$

donde:

V = Volumen de soplo en MN³/min

P_o = Presión de soplo

P = Presión en el tragante

Sin perjuicio de la granulometría, este valor debe buscarse de 1.8 a 2.

8.6. Tiempo de descenso de la carga

Con objeto de conocer la velocidad de acumulación de arrabio - en el crisol, y otros parámetros de operación, podemos calcular el tiempo de descenso de la carga según:

$$T_D = \frac{V_T}{N \times (V_C + V_o) \times 0.9}$$

donde:

V_T = Volumen de trabajo

N = Número de cargas por hora

V_C = Volumen del coque por carga

V_o = Volumen de mineral + fundentes por carga

En nuestro caso este tiempo debe ser de 6 a 8 horas.

8.7. Espesor de la cama de coque en el tragante

Este es otro factor que afecta bastante a la permeabilidad, y se calcula según:

$$E_c = \frac{C_u}{S_o}$$

donde:

C_u = Peso volumétrico del coque/carga

S_o = Area del tragante

El rango de esta variable es de 500 a 550 mm.

C O N C L U S I O N E S

Para la mayoría de los puntos mencionados en este trabajo, no podemos encontrar una razón técnica o científica a simple vista, sino que debemos considerar, que los operadores han llegado a todos estos conocimientos en forma experimental. Ellos saben que es lo que pasa, pero no porque pasa, y por lo mismo han adoptado una serie de métodos para corregir los efectos de un problema, pero no las causas.

La cantidad de problemas que representa la buena operación del alto horno, obliga a todo profesionista que se comienza a relacionar con él, a estudiar los efectos de los problemas y los modos prácticos para resolverlos, dejando para después el estudio profundo o científico de las cosas.

Por todo lo anterior, sigo pensando que, para todo trabajo es necesario aprender primero como hacerlo, y después pensar porque hacerlo así, para poder evaluar los métodos y discernir si son los correctos o aún se pueden mejorar.

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

Este trabajo lo hice recolectando las experiencias vividas por las personas más capacitadas en alto horno en Altos Hornos de México S.A. y las pocas que me ha tocado presenciar en este departamento.

Por lo mismo no se puede hablar de bibliografía, ya que las -- experiencias personales, por lo general no se encuentran en libros.

Como única excepción menciono el:

REPORTE DE OPERACION DEL ALTO HORNO # 4 DE AHMSA

Autores:

Masanori Sayto

Tetsuo Izawa

Fecha: Julio de 1973

Presidente Manuel Gaviño Rivera

Jurado asignado V o c a l Kurt Nadler.

originalmente Secretario José Campos Caudillo

1er. Suplente Renan Perez Priego

2o. Suplente Humberto Malagón

Sitio donde se desarrolló el tema

Altos Hornos de Mexico, S. A. Monclova, Coah.

Nombre del sustentante

Arturo Casanova Becerra

Nombre del asesor del tema

José Campos Caudillo

A MIS PADRES :

Con profundo cariño
y agradecimiento.

A mis hermanos

A la Sra. Yolanda B. de Hay

A mis Profesores

N O T A :

Teniendo en cuenta las disposiciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, al respecto de la redacción de este tipo de trabajos, quiero pedir al H. Jurado, disculpe la introducción de Tecnisismos y de algunos términos del idioma inglés, que debido a su imposible traducción y significación, y además su uso común en el medio siderurgico, han sido utilizados en esta tesis.

I N D I C E

			Pág. No.
CAPITULO	I	INTRODUCCION	1
CAPITULO	II	ANTECEDENTES HISTORICOS	3
CAPITULO	III	GENERALIDADES	5
		3.1. Nomenclatura	6
		3.2. Descripción de las partes del horno	7
CAPITULO	IV	DATOS GENERALES	11
CAPITULO	V	OPERACIONES DE RUTINA	13
		5.1. Preparación de la vaciada	13
		5.2. Vaciada	21
		5.3. Ollas termo	25
		5.4. Vaciada de escoria	26
		5.5. Observación de las muestras de escoria y fierro	27
		5.6. Revisión de toberas	29
		5.7. Colgadas del horno y "checks"	32
		5.8. Operación y cambio de estufas	35
		5.9. Sistema de depuración de gases	38
		5.10. Paros del horno	38
		5.11. Control térmico del horno	41

CAPITULO	VI	OPERACIONES NO RUTINARIAS	45
		6.1. Embanques del horno	45
		6.2. Arranque después de paros largos	51
		6.3. Sondeos del refractario	56
		6.4. Cajas de enfriamiento quemadas	57
		6.5. Limpieza en el sistema de lavado de gases	59
CAPITULO	VII	OPERACIONES DE EMERGENCIA	61
		7.1. Fallas del cañón de lodos	61
		7.2. Vaciadas demoradas	63
		7.3. Incendio del gas en el tragante	64
		7.4. Encalada	65
		7.5. Piquera de fierro desbocinada	67
		7.6. Fallas del sistema de carga	69
		7.7. Fallas del turbosoplador	70
		7.8. Desplomes	72
		7.9. Falta de agua y corriente	73
		7.10. Embanques	77
		7.11. Explosiones de tubos de soplo	79
CAPITULO	VIII	CONSIDERACIONES TEORICAS	82
		8.1. Cálculo de la carga de dolomita	82
		8.2. Secuencia de carga	83
		8.3. Velocidad del gas en las toberas	84
		8.4. Temperatura de flama	85
		8.5. Permeabilidad	86
		CONCLUSIONES	89
		BIBLIOGRAFIA	90