

3
2 ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILAN

DISEÑO DE UN HORNO DE CUBILOTE

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N ,

GUILLERMO FRANCISCO ESCUTIA PANIAGUA

HIPOLITO AGUSTIN CRUZ BERNAL

DIRECTOR DE TESIS,

I.Q. JOSE LUIS DE JESUS ESPINO Y VARGAS





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

Página

PROLOGO.

INTRODUCCION.

CAPITULO	I - GENERALIDADES.	1
I.1	HISTORIA DEL HORNO DE CUBILOTE	11
CAPITULO	II - CONSTITUCION Y FUNCIONAMIENTO DE UN - HORNO DE CUBILOTE CONVENCIONAL	19
II.1	PARTES PRINCIPALES	20
II.2	COMBUSTIBLE (COKE)	36
II.3	COMBUSTION	41
II.4	MATERIA PRIMA Y FUNDENTES.	46
CAPITULO	III - DISEÑO DE UN HORNO DE CUBILOTE	54
III.1	CARTA MATRIZ Y MEMORIA DE CALCULO.	55
III.2	COSTOS	90
III.3	PROYECTO	94
CAPITULO	IV - MANEJO Y OPERACION.	110
IV.1	HERRAMIENTAS	112
IV.2	SEGURIDADES Y RECOMENDACIONES EN LA OPERACION DEL HORNO	114
IV.3	MANTENIMIENTO.	131
CAPITULO	V - CONTROL DE LA FUNDICION.	139
V.1	CONTROL DE LA TEMPERATURA MEDIANTE PRUEBAS METALURGICAS	140

	Página
V.2 CONTROL DE LA TEMPERATURA MEDIANTE EQUIPOS DE MEDICION.	147
CAPITULO VI - CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.	151
VI.1 INTRODUCCION	152
VI.2 NATURALEZA DE LAS EMISIONES DEL CUBILOTE.	153
VI.3 DISPERSION DEL POLVO Y LOS VAPORES	154
VI.4 EQUIPOS DE CONTROL CONVENCIONALES.	156
VI.5 METODOS ADICIONALES DE CONTROL	164
VI.6 CODIGOS Y ORDENANZAS DE CONTROL CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA	166
CONCLUSIONES.	169
BIBLIOGRAFIA.	172

PROLOGO

El presente trabajo de investigación consiste en la --realización del estudio, funcionamiento, perspectivas, desarrollo de un proyecto y diseño de un horno de cubilote que puede ser instalado en el laboratorio de Máquinas y Herramientas del L.I.M.E. II, para efectuar prácticas que correspondan a formas de fundición del hierro y algunos otros materiales como hierro gris, acero moldeado, hierro maleable, fundiciones a base de cobre, piezas de aluminio fundido y -piezas de magnesio fundido.

Se comprenderá u proporcionarán, los antecedentes del horno de cubilote, así como análisis, funcionamiento, aplicaciones, cálculos y materiales a elegir para efectuar una construcción.

También se mencionarán las características del combustible principal y formas del manejo del comburente (aire) y auxiliares (Oxígeno), para obtener un proceso gradual de --fundición que ayudará a generaciones posteriores a un mejor entendimiento y participación de un proceso muy importante dentro de la industria, la fundición.

Por último, consideramos que contando con un horno de cubilote dentro de la FES - Cuautitlán, realzaría el nombre de esta institución, muy apreciada por nosotros, y contribuiría a un nivel académico mayor para nuestras futuras generaciones y en especial a prácticas avanzadas dentro de todas las ramas de la Ingeniería Metal-Mecánica.

INTRODUCCION

Con este trabajo queremos que se tome conciencia de la falta de investigación y práctica referente a los sistemas de fundición, no sólo de hierro, sino de todo tipo de materiales ferrosos y no ferrosos, debido a que existen piezas de maquinaria y equipos que son difíciles de obtener mediante los sistemas de maquinado conocidos. Es por eso la importancia del estudio y participación a una mejor forma de obtención mediante algunos sistemas de fundición, ésta es la principal razón de la investigación que hemos realizado.

He aquí un resumen de dicho trabajo, donde mostramos uno de los muchos sistemas de fundición existentes, que ha dado a la industria grandes ventajas de producción a un precio relativamente bajo, con sistemas simples de operación, "El Horno de Cubilote".

En el Capítulo I, trata de una generalización de los hornos convencionales, existentes dentro de la industria -- con sistemas diferentes de operación y la importancia y cualidades del hierro fundido.

También se hace referencia a la forma de evolución del horno de cubilote, desde sus antepasados más remotos, hasta los convencionales modernos, pasando por toda una serie de cambios, modalidades y aportaciones de los investigadores de dicho sistema de fundición.

Se menciona las partes importantes del horno en el Capítulo II, la constitución de un horno de cubilote convencional y la forma de operación, así como los principales -- combustibles manejados dentro de la operación, los combustibles, la materia prima y los fundentes para la obtención de un producto de calidad.

El Capítulo III, contiene los cálculos, el proyecto y la información recopilada para hacer el diseño de un horno de cubilote que tenga una producción de 30 Kg/hr. de hierro fundido de cierta calidad. Este diseño tiene la ventaja de contar con todo el material adecuado para llevar a cabo la construcción de dicho horno.

En el Capítulo IV, se hace una serie de referencias para el manejo y mantenimiento del horno diseñado, así como las formas de seguridad dentro de la operación, así mismo las herramientas más comunes y adecuadas para el manejo de la materia prima y el combustible principalmente. También se mencionan casos prácticos en los cuales se explican los principales problemas que surgen dentro y fuera de la fundición en hornos de cubilote.

En el Capítulo V, se menciona la forma de mantener el horno en un estado constante de fundición y manteniendo un calor adecuado para obtener un producto de alta calidad, mediante equipos, pruebas y observaciones de control dentro de la fundición.

Uno de los principales problemas que aquejan al mundo, la contaminación, es estudiada en el Capítulo VI, haciendo mención de los equipos convencionales para el control de la contaminación atmosférica. Como sabemos el horno de cubilote es uno de los más sucios que existen dentro de la industria, debido a la gran cantidad de substancias emitidas dentro del proceso de fundición y debido a las grandes molestias que ésto ocasiona hacemos referencia de algunos equipos y códigos a usar.

Por último hacemos mención de problemas y soluciones a tratar después de la construcción del horno y las conclusiones acerca de este trabajo, así como las referencias en que basamos la realización de este proyecto.

CAPITULO I

GENERALIDADES

CAPITULO I

GENERALIDADES

Al horno lo podemos definir como el aparato que genera calor con el fin de caldear una materia que se introduce en su interior y que ha de sufrir algunas transformaciones físicas o químicas. Esta es una de las tantas definiciones que existen al respecto, pero como no es el caso de estudiar las definiciones, sino las partes de los hornos y su importancia dentro de la industria.

Ya que los hornos desempeñan un papel muy importante en la industria, pues la mayoría de las reacciones químicas que efectúan en los principales procesos industriales se desarrollan con absorción de calor. La fuente suministradora de energía calorífica es el calor desprendido en la oxidación de un combustible o en la circulación de una corriente eléctrica a través de resistencias o de la masa que debe calentarse.

Ultimamente también se han desplegado esfuerzos científicos y técnicos para poder utilizar la energía nuclear y solar con fines de calentamiento.

Por lo que según sea la fuente de suministro de calor y el procedimiento de su aplicación, los hornos pueden clasificarse en las siguientes cuatro categorías, siguiendo su importancia dentro de lo comercial e industrial:

- I - Hornos de combustión.
- II - Hornos eléctricos.
- III - Hornos nucleares.
- IV - Hornos solares.

I - Dentro de los hornos de combustión encontramos a los:-

a) Hornos de calentamiento directo; como por ejemplo, - el alto horno y el horno de cubilote (EN EL CUAL SE EN FOCARA NUESTRO ESTUDIO). En siderurgia se emplea el - alto horno para producir acero, esta operación consiste en la eliminación parcial del porcentaje de carbono existente en la fundición y la de otros elementos extraños. Los hornos de calentamiento directo están - - constituidos por grandes recipientes que contienen la fundición de estado líquido, sobre la que se insulfa - aire a presión con el fin de quemar impurezas de los - materiales.

b) Hornos de calentamiento indirecto; a este grupo pertenecen los hornos de reverbero y los hornos Martin - - Siemens.

c) Hornos de mufla o de cámara; a este grupo pertenecen los hornos de crisol.

II - Dentro de los hornos eléctricos encontramos:

a) Hornos de resistencia; los cuales se pueden clasificar en:

i) Hornos de crisol fijo u oscilantes, análogos a los de crisol.

ii) Hornos de Reverbero.

b) Hornos de arco; en los cuales se pueden distinguir los siguientes tipos:

i) Hornos de arco indirecto; parecidos a los hornos rotativos de reverbero, ideados por el italiano Stassano.

ii) Hornos de arco directo; son los más usados en la fundición, estos hornos fueron ideados por Héroult.

c) Hornos de inducción; de acuerdo a la frecuencia de la corriente se pueden distinguir dos tipos de hornos:

- i) Hornos de inducción para baja frecuencia, se basan en el principio de los transformadores.
- ii) Hornos de inducción para altas frecuencias.

III - Dentro de los hornos Nucleares, podemos decir que el funcionamiento de éstos están basados en el calor desprendido en el proceso de fundición y fusión del átomo, es decir, en la desintegración nuclear de los elementos pesados (Uranio y Plutonio), por el bombardeo de neutrones. Los hornos nucleares son de constitución muy parecida a la de los reactores nucleares, desarrollándose la fusión en forma de reacción en cadena, de modo que una vez iniciado el proceso por medio de una fuente exterior de neutrones, se mantiene indefinidamente a causa de los neutrones que se producen durante la fusión.

"La cantidad de energía desprendida en los hornos nucleares, es definida por la equivalencia entre la energía y la masa y su recíproca convertibilidad, según se deduce de la teoría de la relatividad de Einstein, expresada por la fórmula:

$$E = m c^2 \cdot \frac{1}{c}$$

Los hornos nucleares están poco extendidos en la actualidad debido a su elevadísimo costo de instalación, -- aunque es de esperarse su paulatina implantación en un futuro próximo.

1. Tecnología de la Fundición, Eduardo Capello, ed. II, edit. Continental, pág. 58.

IV - De los hornos Solares, se puede decir que están constituidos por un conjunto de superficies metálicas o de vidrio que reflejan los rayos solares y concentran el calor en un punto (foco), o línea imaginaria (línea focal). Los hornos solares permiten alcanzar temperaturas hasta de 6,000°C, que se utilizan con fines experimentales como es la resistencia de metales al calor, - fusión de metales, etc. Estos hornos sólo se han construido en Egipto, China, Estados Unidos y Francia.

Cada tipo de horno se utiliza en determinadas técnicas según sus peculiares características de funcionamiento y -- rendimiento. En nuestro caso, del estudio de un horno de - cubilote, cuya producción principal es el hierro fundido.

El hierro fundido, es un material ferroso, que como todo estos tipos de materiales es obtenido del mineral del - hierro y el cual es fundido junto con piedra caliza y coque, dentro de los Altos Hornos, eliminando impurezas como el Silicio, el Azufre, el Fósforo y el Magnesio, obteniéndose como materia prima el Arrabio, también llamado hierro de primera fusión o Pig Iron (Hierro Puerco), éste se obtiene hasta con 7% de impurezas, almacenado en moldes permanentes, o lingotes.

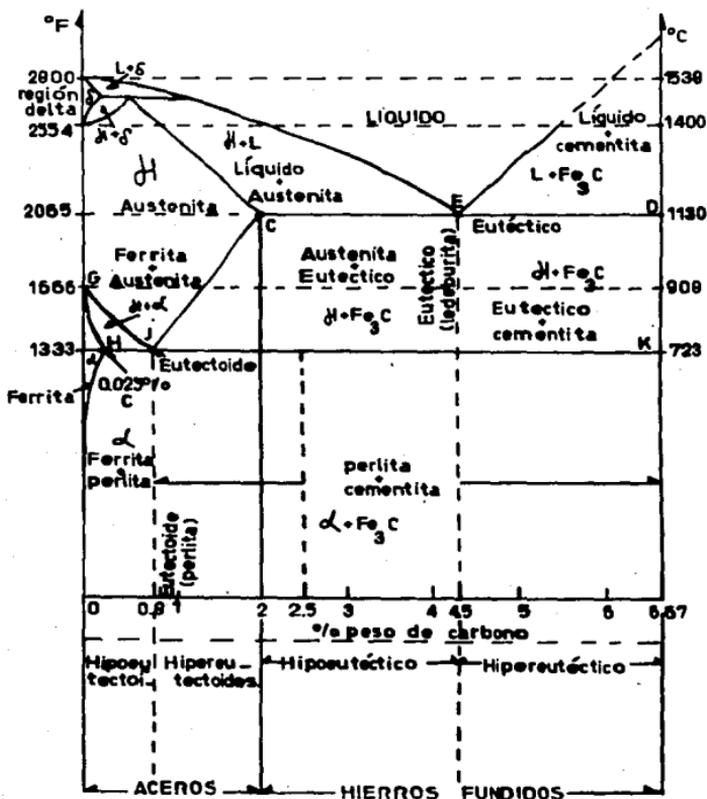
El hierro puro es un material relativamente blando, de color blanco argentino, tiene una ductilidad muy baja por - lo que no puede laminarse, estirarse o trabajarse a temperatura ambiente. "La mayoría de los hierros fundidos no son maleables a cualquier temperatura; sin embargo, a veces funden fácilmente o pueden fundirse en formas complicadas que generalmente se maquinan a dimensiones finales. Como la -- fundición de piezas es el único proceso aplicado a estas -- aleaciones, se conocen como hierros fundidos". 2/

². Introducción a la Metalurgia Física, Sydney H. Avner, ed. II, Edit. Mc Graw Hill, pag. 420.

Los hierros fundidos, como los aceros, son básicamente aleaciones de hierro y carbono. Aunque los hierros fundidos comunes son frágiles y tienen más bajas propiedades de resistencia que la mayoría de los aceros, son baratos, pueden fundirse más fácilmente que el acero y tienen otras propiedades útiles.

En relación con el diagrama hierro - carburo de hierro, los hierros fundidos contienen más cantidad de carbono que la necesaria para saturar austenita a la temperatura eutéctica; por tanto, contienen entre 2 y 6.67% de carbono (Diagrama 1). Como el alto contenido de carbono tiende a hacer muy frágil al hierro fundido, la mayoría de los tipos manufacturados comercialmente están en un intervalo de 2.5 a -- 4.3% de carbono.

A las temperaturas normales, el hierro tiene un cristal de red cúbica de cuerpo centrado, que es el hierro alfa. Por encima de 910°C ($1,670^{\circ}\text{F}$), el hierro cambia su estructura cristalina por una red cúbica de caras centradas, llamada hierro gamma, forma que permanece sin cambiar hasta la temperatura de $1,400^{\circ}\text{C}$ ($2,250^{\circ}\text{F}$), cuando revierte a una red de cuerpo centrado, llamado hierro delta. Estos cambios van acompañados por variaciones en la microestructura y la resistividad eléctrica. (Ver Fig. 1).



Escala : —

FES — CAUTITLAN

12-NOV-87

Reviso:



Diagrama 1.. Diagrama de equilibrio
 hierro-carburo de hierro.

Dibujo: GYA

Diseño de un
 horno de
 cubilote

Existen diferentes tipos de hierro y son distinguibles por su estructura metalográfica y por las variables que dan origen a cada tipo de hierro, como son: el contenido de carbono, el contenido de aleación y de impurezas, la rapidez de enfriamiento durante o después del congelamiento, y el tratamiento térmico después de fundirse. Los tipos de hierro fundido se clasifican de la siguiente manera:

Hierros fundidos blancos.- En este tipo de hierros todo carbono está en forma combinada como cementita.

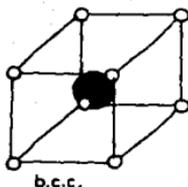
Hierros fundidos maleables.- En éstos, la mayoría o todo el carbono está sin combinar, en forma de partículas redondas irregulares, conocidas como carbono revenido, el cual se obtiene mediante tratamiento térmico del hierro fundido blanco.

Hierros fundidos grises.- En estos, todo el carbono está sin combinar en forma de escamas de grafito.

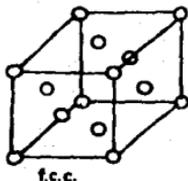
Hierros fundidos enfriados rápidamente.- En los cuales una capa superficial de hierro fundido blanco está combinada con una interior de hierro gris.

Hierros fundidos nodulares.- En éstos el carbono está grandemente sin combinar en la forma de esferoides compactas mediante adiciones de aleaciones especiales.

Hierros fundidos aleados, en los cuales las propiedades o la estructura de cualquiera de los tipos mencionados se modifican mediante la adición de elementos de aleación.



T=normal
 Estructura= b.c.c.
 (cubica de cuerpo centrado)
 Hierro alfa (Fe).
 Microestructura:



T=910°C (1670°F)
 Estructura=f.c.c.
 (cubica de caras centradas)
 Hierro gamma (Fe γ).
 Microestructura:



Austenita

Microestructura

T=1400°C (2250°F)
 Estructura = b.c.c.

Hierro delta (Fe δ).

Escala

FES — CUAUTILAN

12-NOV-97

Reviso:



Fig.1.-Representación esquemática de los cambios de estructura y microestructura del hierro, conforme se aumenta la temperatura.

Dibujo: GYA

Diseño de un
 horno de
 cubilote.

Como se ha observado, en el transcurso del tiempo, el hierro constituye un material de gran importancia dentro de la industria, de ahí nuestro interés de crear técnicas de fundición adecuadas para obtener piezas moldeadas de este y otros materiales ferrosos y no ferrosos como el acero de alto contenido de carbono, el cobre, el aluminio y hasta el plomo, materiales que sirven a la fabricación de maquinaria, herramientas y equipos industriales.

De ésto, nuestro interés por realizar un sistema de fundición adecuado a las necesidades, si no muy industriales, por lo menos benéficas en la reparación y sustitución de piezas de laboratorio, las cuales serían generadas con un menor costo que los actuales y se avanzaría a una mejor tecnología dentro de nuestro plantel.

"Estos desarrollos han creado al cubilote una posición eminente como un medio de fusión. Son notables su eficiencia térmica, bajo costo inicial, bajo costo de operación y, sobre todo su versatilidad". 3/

Para ilustrar esto último, en Estados Unidos existen cubilotes comerciales, con una producción variable por hora de entre dos y cincuenta toneladas, entre dos horas por día y varios días sucesivos de operación, todos ellos entregando una multitud de composiciones preparadas para cubrir las demandas inherentes de la aplicación de partes de hierro fundido en prácticamente todas las fases de la industria.

³ El horno cubilote y su operación, Shuman, Ed. V, Edit. -- CECSA, pág. 25.

I.1 HISTORIA DEL HORNO DE CUBILOTE.

El horno más usado en la fundición de hierro colado es el cubilote u horno de manga o cúpula. La palabra "cubilote" procede de la palabra latina "cupa" que significa cuba. Es también el más antiguo de los hornos para la refusión -- del hierro colado, ya que se emplea desde hace siglos. (Fig. 2).

"El cubilote es un horno que funciona con combustible sólido y en el cual la carga metálica, el combustible y el comburente están en íntimo contacto entre sí (Fig. 3). Esto permite un intercambio térmico directo y activo y, por lo tanto, un rendimiento elevado como acción". 4/

En el año 1500, el italiano Vannoccio Biringuccio, de Siena, en su tratado de "Pirotechnia" describe un horno de "cuba" utilizado en aquella época y que puede considerarse como el precursor del cubilote moderno. (Ver Fig. 2).

El cubilote moderno está comúnmente asociado con el -- nombre de John Wilkinson, que dos siglos más tarde que el -- italiano Biringuccio, mostraba la patente del diseño de un horno muy parecido al cubilote actual (ver Fig. 4). Ideado como una mejora de la vieja forja usada durante siglos como un horno de beneficio, pero convertido para ser una unidad de fusión.

4. Tecnología de la Fundición, Eduardo Capello, Ed. II, Edit. Continental, pág. 202.

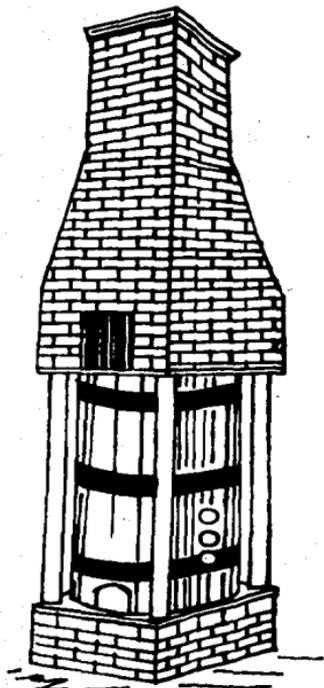


Fig. 2- Se muestra un cubilote antiguo del tipo de tonel.

A partir del 2 de junio de 1794, fecha de la patente de J. Wilkinson, - el horno de cubilote ha sufrido modificaciones - e innovaciones, para de terminados usos, pero - siguiendo los mismos -- principios, como el de W.J. Kepp con secciones y lo montó sobre ruedas para un fácil traslado. J.W. Paxson construyó - un cubilote especial pa - ra reparar rieles de -- tranvía, tenía su pro - pio soplador y una pro - tección para evitar da - ños al cable conductor.

En 1882 T.D. West, un - activo experimentador, - diseñó un horno combina - ción de cubilote y cri - sol con el objeto de -- practicar coladas expe - rimentales, pero fracasó, así que diseñó el - cubilote de fusión com - parativa, empleando una tobera central.

El cubilote ovalado tomado de American Foundry Practi - ce, de T.D. West, fue diseñado para dar una mejor --

penetración al chorro de aire en cubilotes de gran tamaño.

El cubilote de Shaw-Walker con un diámetro interior de 60 cm., tiene un pequeño soplador parecido a un secador de pelo en cada tobera y cuyas cualidades eran un volumen de producción de hierro fundido de unos 45 a 90 Kg. a intervalos frecuentes, y temperaturas de 1425°C, o más.

La sección vertical ha sido estudiada, entre otros por E. Kirk quien pensó que la mejor forma era la de lámpara de petróleo o "Torre de Candil" de Grandal, pero cambió de opinión a favor de un vestimiento recto, o con un ligero estrechamiento como el de Zippler.

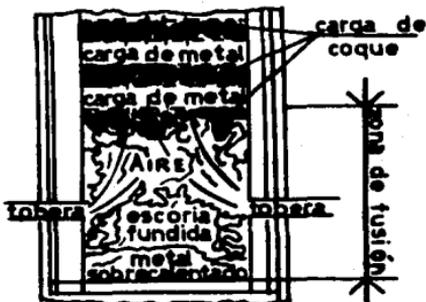


Fig.3.- La carga metálica, el combustible y el comburente están en íntimo contacto entre sí.

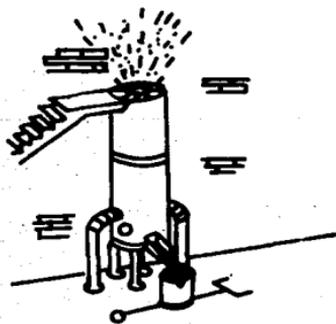


Fig.4.-Cubilote Wilkinson.

Con respecto a las toberas, -- una de las más usuales es la de Zippler, (Fig. 5); existiendo otras como la moderna y más usada, las de Hurst, y las del cubilote Watt o el Knoeppel (Fig. 6). Una de las primeras toberas continuas y el primer cubilote patentado en E.U. fue el Mackencie de forma ovalada (Fig. 7) el cual presenta detalles nuevos.

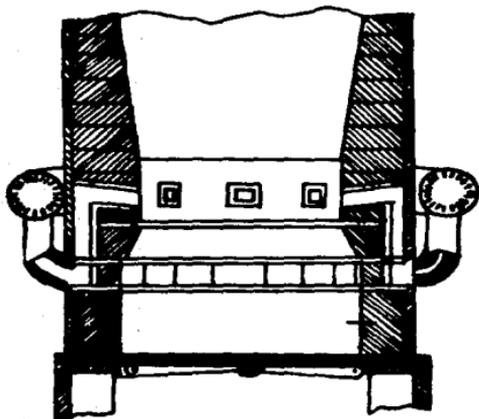


Fig. 5.-Vista seccional del cubilote Zipper, mostrando la disposición de las toberas.

ras muy cara, y el - Groves con toberas - triangulares y ladrillo de hierro fundido con la puerta de carga. El cubilote-Poumay que fue patentado después con resultados aparentemente buenos.

El cubilote Sheehan- coloca dos juegos de toberas y se propone fundir con fila superior y sobrecalentar con la inferior, - -

Ultimamente se han construido varios cubilotes- como el Philipon, que es uno de los primeros contoberas de cobre enfria- dos con agua. Los hornos más patentados en la última mitad del siglo XIX, fueron los Colliau; los- primeros en utilizar el- anticrisol; el Newton -- fue otro cubilote, pare- cido a los anteriores; - el Irlandés con un siste- ma de toberas complicado y difícil de mantener, - (Fig. 8); el Mayill con- una construcción de tobe

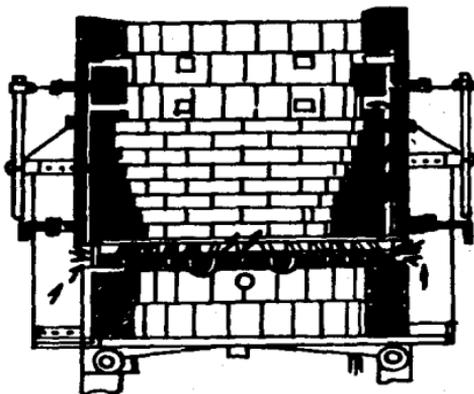


Fig. 6.-Vista seccional mostrando el sistema de toberas - Knoeppel.

reduce silicio de la sílice en la zona de reacción entre -- las toberas. Debe existir una cantidad considerable de monóxido de carbono en el gas para dar una flama caliente y -- aumentar la temperatura del aire soplado, (Fig. 9).

Frauenknecht trató de derivar parte de los gases calientes, por medio de tubos dirigidos hacia abajo. Baillot, hizo pasar el aire soplado a través de una caja de metal en forma de anillo colocado en la chimenea. Coplan mejoró la construcción de Baillot aumentando el tamaño del anillo y bajándolo mucho más cerca de la zona de fusión.

Moore intentó el tipo vertical de caja de viento fundida que aumentaba gradualmente su volumen. El sistema Griffin de soplado con -- aire caliente es el empleado con -- éxito, mediante la utilización -- del calor sensible como del latente del gas del cubilote.



Fig.7.- Cubilote de Mackenzie de forma ovalada y toberas continuas.

El cubilote Schürman parece ser que hoy constituye otro cubilote en la historia. Es un regenerador a la inversa, -- sin embargo era un latente destructor del ladrillo de los recuperadores y por lo tanto su mantenimiento era muy elevado.

La última proposición se debe a E. Longden. Es un resurgimiento de la vieja idea de soplar combustible en las --

toberas junto con el aire. Parte del aire pasa a través de

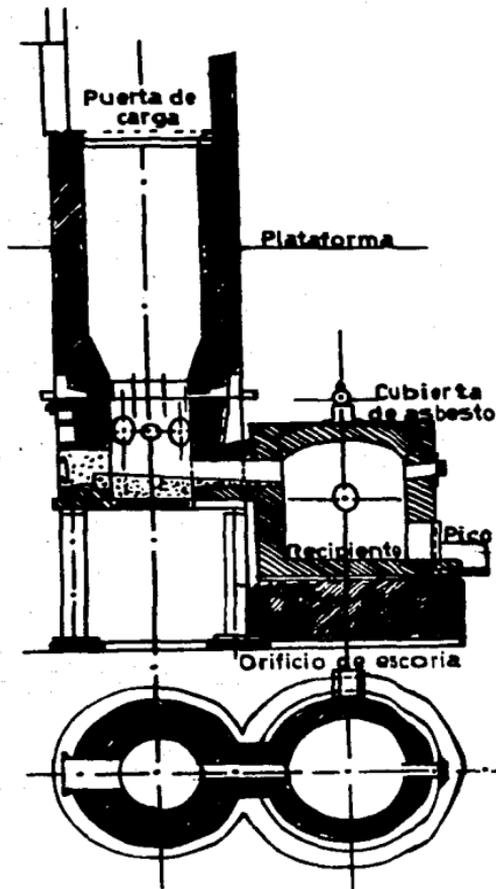
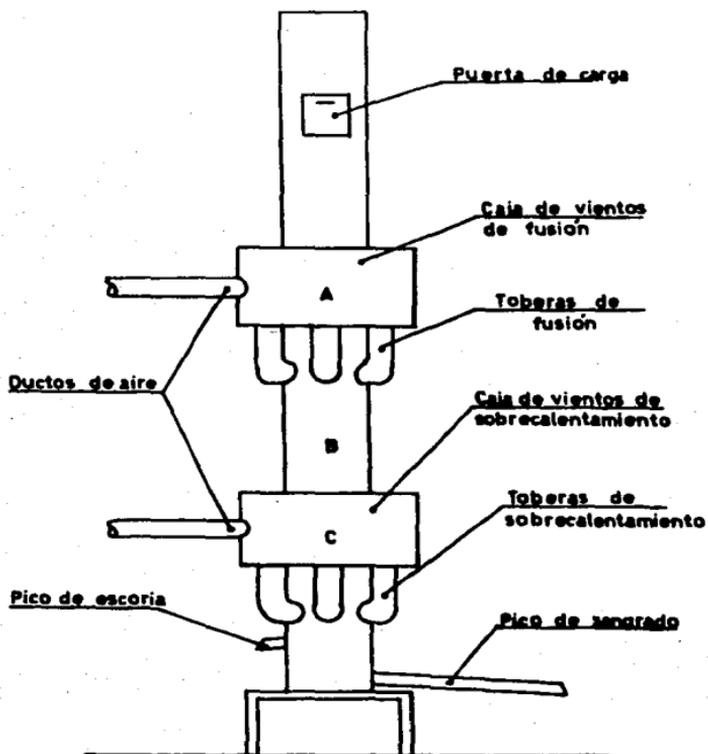


Fig. 9.- Cubilot Irlandés, vista de planta y elevación.

un generador - de gas y el oxígeno se convierte en monóxido de carbono: pasa después a través del tubo interior y se mezcla con el resto del aire soplado en las toberas. El soplado pulsatorio ha sido establecido como superior al soplado continuo en algunos casos, pero en otros no se han observado diferencias significativas.

Un buen revestimiento refractario es hacer la zona de fusión de ladrillo de menor tamaño que el resto de la estructura, y --



Escala	FES-CUAUTILAN	12-NOV-87	Reviso:
	Fig.9.-Cubitote Sheehan con dos conjuntos de toberas: A).-Zona de fusión, B).-Columna de reacción, C).-Zona de sobrecalentamiento.		Dibujo: Gy A
			Diseño de un horno de cubitote.

después del secado hacer también un rejuntamiento.

La importancia de la cama es su altura y que esté apropiadamente encendida, ya que las cargas de hierro y de coque controlan la temperatura.

F. K. Vial probó que una carga de coque de 30 cm., no es demasiado gruesa para la operación normal. Más tarde -- fue probada por Rambush y Taylor, el tamaño del coque disminuye rápidamente según va bajando por la cuba del cubilote, el coque convertido en monóxido nunca se recupera.

Si bien el progreso y la experiencia han sugerido muchas modificaciones, experimentos y modalidades que han cambiado totalmente el aspecto y funcionamiento de los cubilotes modernos con respecto a los antiguos, no obstante los principios en que se basan continúan siendo los mismos.

"Mirando hacia adelante, no hay base para figurar la posición futura del cubilote. Por el contrario, con la creciente aplicación de principios sanos de control de procesos y el consiguiente conocimiento científico básico, puede esperarse del cubilote más metal y mejor controlado, a menos costo". 5/

⁵ El Horno de Cubilote y su Operación, Shuman, Ed. V, Edit. CECSA, pág. 26.

CAPITULO II

CONSTITUCION Y FUNCIONAMIENTO

DE UN HORNO DE CUBILOTE CONVENCIONAL

CAPITULO II
CONSTITUCION Y FUNCIONAMIENTO
DE UN HORNO DE CUBILOTE CONVENCIONAL

El horno de cubilote es una integración de partes que forman todo el equilibrio de fusión del horno, por lo que se considera importante mencionar la función de cada una de ellas.

II.1 PARTES PRINCIPALES.

Las partes principales de un cubilote son:

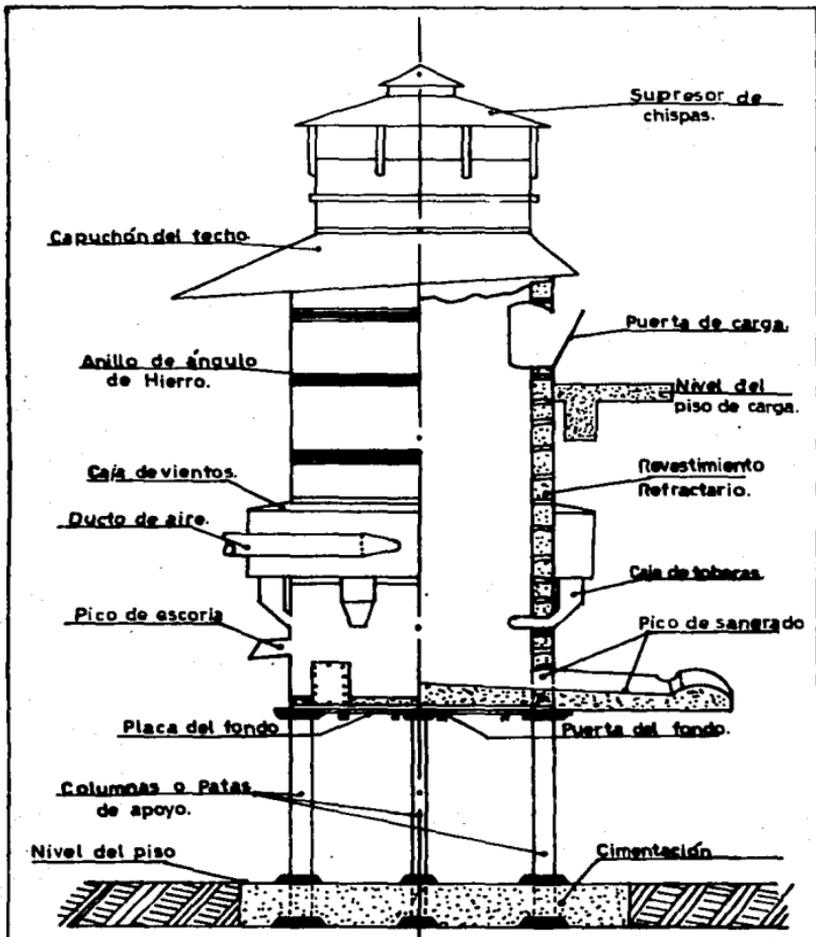
Cimentación.

La cimentación debe ser conveniente para el diámetro del cubilote y el peso total de la carga. La profundidad dependerá de las condiciones del suelo, mediante un estudio apropiado. La parte superior de la cimentación deberá quedar unos 15 cms. abajo del nivel del piso de la fundición, de manera que se pueda llenar con arena u otro material aislante del calor, para protección de la zapata de concreto.

La coraza.

La coraza o envoltura cilíndrica, contiene y soporta las diferentes partes que constituyen un horno de cubilote como son las toberas, caja de vientos, canales de escoriado y sangrado, capuchón de techo, supresor de chispas, caja de vientos, etc. (Ver Fig. 10).

Está formada por una placa de acero o chapa de hierro, rolada en forma de secciones cilíndricas remachadas, atornilladas o soldadas unas con otras, con juntas de traslape hacia abajo para protección contra el clima, de tal manera --



Escala _____

FES—CUAUTITLAN

12-NOV-87

Reviso:



Fig.10.- Cubilote moderno, convencional mostrando las partes más importantes que lo constituyen.

Dibujo: G y A

Diseño de un
horno de
cubilote.

que proporcione una protección contra la salpicadura del -- agua de lluvia entre el revestimiento refractario y la coraza.

La parte baja o cuerpo está constituida para soportar el peso de toda la carga. En el interior de la coraza se encuentran soldados o atornillados unos segmentos en forma de repisa para soportar y mantener en posición el revestimiento.

Sirve también para tener mayor tiro natural en la abertura de la carga o para permitir la combustión completa de los gases.

Crisol.

En el crisol del cubilote la temperatura es más baja - que en la zona de toberas, y el refractario está solamente en contacto con el hierro fundido, la escoria y el coque relativamente estático, de manera que los efectos de la temperatura y la abrasión producida por el aire soplado y los materiales de carga no son tan serios como en la zona de fusión.

El crisol tiene la función de contener en su interior el hierro líquido y mantener la temperatura de fusión. Se encuentra equipado con pico para la escoria y sangrado, está por abajo del nivel de las toberas.

La capacidad de retención del crisol está basada en la decisión de que el 46% del espacio disponible en el crisol sea ocupado por hierro fundido. Las toberas se colocan lo suficientemente altas como para proporcionar una amplia capacidad en el crisol.

También el orificio de escoriado estará a una altura -

adecuada, para que la escoria no sea obligada a subir hasta las zonas de congelamiento inmediatamente adyacentes a las toberas. Deberá llevar en la parte inferior un lecho de -- arena seca para permitir las dilataciones del crisol.

Picos de sangría y escoriado.

La parte del cubilote donde se encuentra el crisol está equipado con picos o canales para la escoria y el sangrado. Puede tener una disposición sencilla de los picos para sangrado intermitente y escoriado por la parte posterior. Estos orificios están localizados generalmente a 180° uno del otro, aunque la distancia entre ellos puede ser, sobre la - circunferencia de la coraza, cualquier distancia conveniente y práctica; también para sangrado continuo a través de - un orificio calibrado. El sangrado continuo puede conseguirse también por medio de un canal de escoriado frontal. (Ver Fig. 10).

Caja de Vientos.

La caja de vientos está soldada fuertemente a la sección del cuerpo para eliminar fugas de aire. La parte superior es cónica para evitar la acumulación de las cenizas -- del cubilote y así mismo la corrosión.

Al diseño de la caja de vientos se le incorpora una conexión para el ducto de aire, la que se localiza cerca de - la parte superior. Puede ser una tangencial, radial o doble. Si los ductos del soplado son sencillos en su diseño, cuando ocurra una falla será fácil y poco costoso su remplazo. - El nivel del fondo de la caja de vientos está arriba del de las toberas para evitar la acumulación de hierro y escoria. Este nivel también conviene para instalar portillas para encendido de la cama por medio de mecheros, toberas para en-

cendido y picos para la escoria y sangrado.

Las cajas para las toberas o codos conectan la cámara de la caja de vientos con las aberturas de la coraza (toberas). Los codos están convenientemente equipados con orificios para la mano, mirrillas y dispositivos de cierre.

Ducto de aire.

El ducto de aire es la conexión del soplador y la cámara de aire, el cual impulsa al comburente dentro del cubilote, realizando la combustión del coque.

La selección del equipo apropiado para suministrar el "soplo" de aire a un cubilote de fundición es de la mayor importancia. (Fig. 11).

"No obstante, si se piensa que el peso del aire necesario en la operación del cubilote es del mismo orden que el peso de las cargas del hierro, es aparente que debe dársele una muy cuidadosa consideración, no sólo a la cantidad de aire, sino también a los medios de entrega al cubilote y al método de controlar su abastecimiento". 6/

Además, al hacer el análisis deberán tenerse en cuenta los siguientes factores:

Factores que determinan el volumen y presión del aire.

- 1) Tipo y tamaño del cubilote.
- 2) Régimen de fusión (normal y máximo).
- 3) Relación del hierro al coque en las cargas.
- 4) Tipo de hierro deseado.
- 5) Temperatura del hierro en el pico.

⁶ SHUMAN, op. cit., pág. 388.

- 6) Altura de la cama de coque y de las cargas arriba de las toberas.
- 7) Tamaño y calidad del coque.

También existen otros factores que definen el tipo de equipo o máquina soplante para una buena selección:

- 1) Volumen y presión máximos para condiciones de fusión máxima.
- 2) Costo inicial y de operación.
- 3) Localización del soplador con referencial al cubilote.
- 4) Temperatura máxima del aire a la entrada del soplador.
- 5) Método de impulsión.
- 6) Altitud de la instalación.

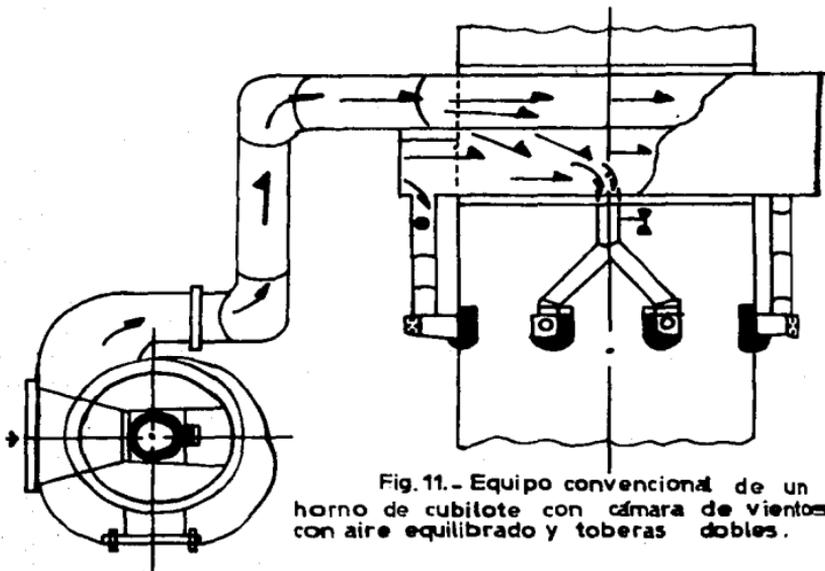


Fig.11.- Equipo convencional de un horno de cubilote con cámara de vientos con aire equilibrado y toberas dobles.

Si bien el equipo de sople se menciona, se hace referencia con el ducto de aire, es que éstos deben de ser integrados de tal manera que se obtenga una penetración satisfactoria a la entrada del cubilote.

"Es conveniente que la tubería del aire sea recta, de sección redonda, doble de la sección expelente del fuelle, y que entre tangencialmente en la cámara de aire". 7/

Además de que la cámara de aire cuenta con toberas, en muchos cubilotes se instalan portillas, mirillas, etc. Las cuales nos ayudan a observar el funcionamiento interior del horno.

Las mirillas no deben permitir pérdidas de aire, sin embargo se acondicionan de una manera tal que puedan abrirse en caso de que las toberas queden obstruídas a causa de la escoria (Fig. 12), que enfriada por la corriente de aire se deposita enfrente de ellas, en este caso se les libera de la suciedad por medio de una barra que se introduce en éstas, hasta que queden brillantes y luminosas.

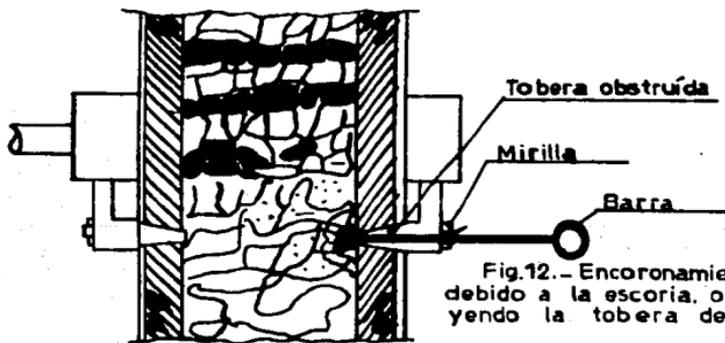


Fig.12.- Encoronamiento debido a la escoria, obstruyendo la tobera derecha.

7 CAPELLO, Eduardo, op. cit., pág. 207.

Toberas.

El aire penetra al horno a través de un sistema de ductos por medio de un equipo de soplado, este sistema es llamado de Toberas, se encuentran por lo regular en la parte superior del crisol formando un círculo. El cubilote convencional deberá tener un sistema de toberas lo suficientemente grande para proporcionar un paso fácil del aire de combustión a la cama de coque. (Fig. 13).

"La relación de toberas, es la relación que existe al sumar el área transversal de las toberas". Pueden ser redondas, cuadradas, rectangulares y del tipo de caja individual o continua. Actualmente se prefiere colocar las toberas en un mismo plano, excepto en los grandes cubilotes, en los cuales se colocan en dos capas vecinas, alternadas verticalmente.

Su número varía de 2 para los cubilotes más pequeños, a 4, 6, 6 y hasta 12 para los grandes cubilotes. Las toberas se colocan ligeramente inclinadas hacia el interior del cubilote para evitar que las invadan las escorias o el metal líquido.

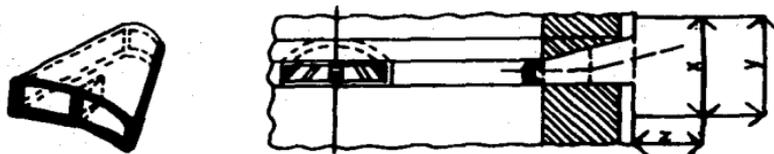


Fig.13.-Tobera rectangular normal para cubilote.

Las toberas más sencillas, con una operación correcta, darán mejores resultados, y es por esta razón que la mayoría de los cubilotes cuentan con toberas de diseño sencillo. El de las toberas está provisto de una placa que se funde -

totalmente en caso de que la escoria llegue a un nivel peligroso.

Placas del fondo.

La placa del fondo es de acero grueso, con una abertura circular en el centro, de manera que concuerde con las -
puertas del fondo y las dimensiones del revestimiento refractario.

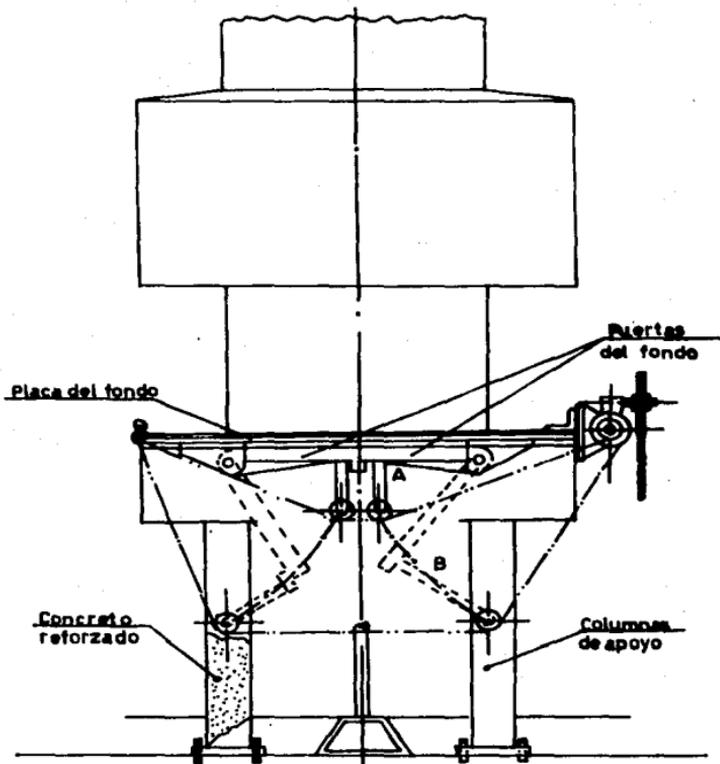
La placa está reforzada con viguetas pesadas, ángulo y
placas esquineras de ensamble y otros ángulos con bisagras-
para el sostén de las puertas del fondo, (Fig. 14).

Puertas del fondo.

Las puertas del fondo son de forma semicircular, por -
lo regular, pero también pueden ser rectangulares o cuadra-
das según el tamaño y la forma del cubilote, están hechas -
de hierro fundido y con gruesas costillas, perforadas para-
permitir la salida de gases. Una de las puertas tiene un -
borde que forma un soporte para la puerta continua cuando -
ambas están apuntaladas en la posición de operación. Los -
puntales de las puertas deberán ser barras sólidas de acero,
o una combinación de dos puntales con dispositivos de tornillos
y un puntal formado por una barra sólida. Este tipo -
de puertas tienen como objetivo la limpieza del crisol y --
mantenimiento del interior cuando el cubilote no esté en --
servicio, (Fig. 14).

Puerta de carga.

El cubilote convencional está provisto de una abertura
para la admisión de la carga. En los cubilotes cargados a
mano, esas aberturas están relativamente bajas, para concordar
con los pisos de carga existentes. Para carga a mano -



Escala

FES—CUAUTITLAN

12-NOV-67

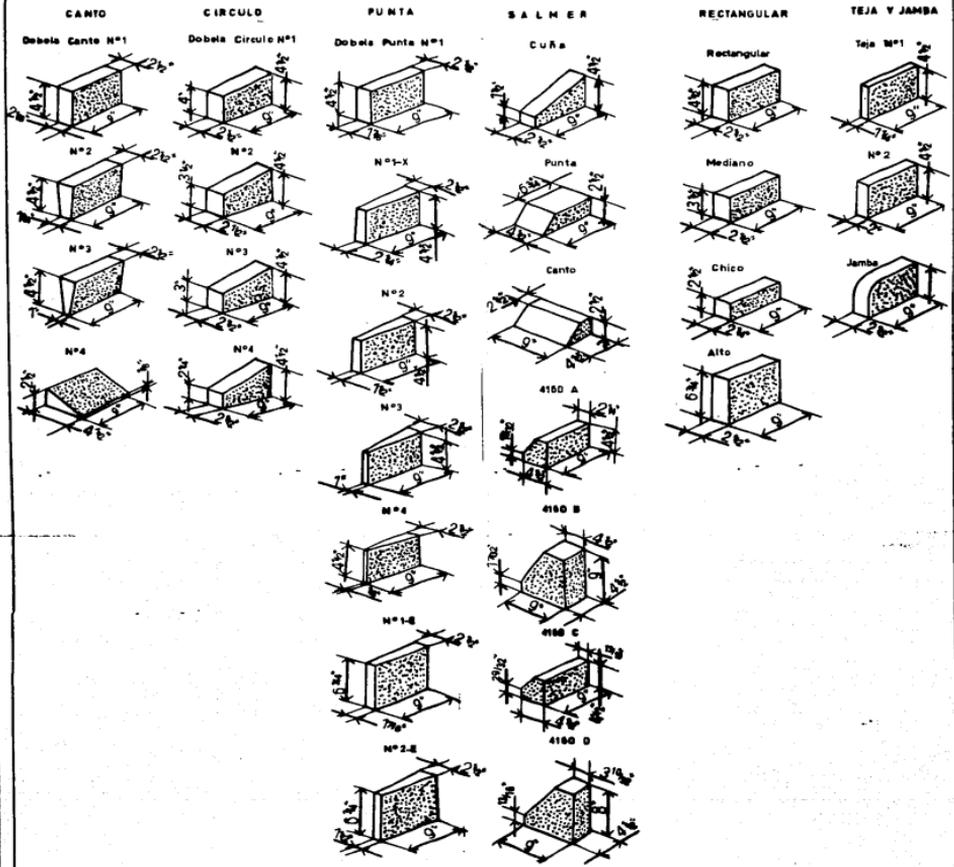
Reviso:



Fig.14.-Esquema del malacate para las puer-
 tas del fondo en hornos convencionales;
 A(Puertas cerradas).
 B(Puertas abiertas).

Dibujo: GYA

Diseño de un
 horno de
 cubilote



Anotación en mm. siguiendo el orden descendente.

220 X 114 X (64 - 54) mm.	220 X (114 - 102) X 64 mm.	220 X 114 X (64-48) mm.	220 X (114 - 38 X 64) mm.	220 X 114 X 64 mm.	220 X 114 X 32 mm.
220 X 114 X (64 - 44) mm.	220 X (114 - 88) X 64 mm.	220 X 114 X (64-57) mm.	(220-171) X 114 X 64 mm.	220 X 90 X 64 mm.	220 X 114 X 51 mm.
220 X 114 X (64 - 25) mm.	220 X (114 - 76) X 64 mm.	220 X 114 X (64 - 38) mm.	220 X (114 - 57) X 64 mm.	220 X 64 X 57 mm.	220 X 114 X 64 mm.
220 X 114 X (64 - 3) mm.	220 X (114 - 57) X 64 mm.	220 X 114 X (64 - 25) mm.	220 X (64 - 57) X (64 - 19) mm.		220 X 171 X 64 mm.
		220 X 114 X (64 - 3) mm.	(220-64) X (220 - 110) X 64 mm.		
		220 X 171 X (64 - 48) mm.	220 X (64 - 48) X (64 - 23) mm.		
		220 X 171 X (64 - 38) mm.	(220-90) X (200 - 221) X 64 mm.		

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN **UNAM**

Escala: 1 : 0 Anotaciones en pégame Fecha: 15 - NOV - 1967 Revisó:

Fig. 15. - CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS DE DIBUJO G.F.P. y H.A.C.E. Diseño de un horno comercial.

V. S.H.

puede haber una o más de estas aberturas, y sólo lo suficientemente grandes como para permitir la introducción de los materiales de carga. En cubilotes pequeños la carga se realiza por la parte superior del cubilote como en el Wilkinson, (Fig. 4).

Capuchón del techo.

Se encuentra en la parte superior de la torre. Está reforzada con un anillo de ángulo de hierro, remachado contra la coraza de tal manera que proporcione una protección contra la lluvia, (Fig. 10).

Supresor de chispas.

El cubilote convencional está también equipado con un supresor de chispas, un dispositivo de doble cono, formado de placa de acero grueso y perforada, soportada por patas de hierro colado. Este supresor es un equipo de prevención de incendios a causa de las chispas que salen del cubilote, pero no evita que las brasas y las cenizas se acumulen en los techos adyacentes, ni elimina ninguna condición indeseable de los gases de escape.

Columnas o patas de apoyo.

"Las patas del cubilote están hechas a modo de columnas de acero, y deben ser rellenas con concreto reforzado. Estas patas están atornilladas al lado de abajo de las grúas viguetas de la estructura de la base. Las patas del cubilote varían en altura de acuerdo con las necesidades locales, pero la altura mínima deberá permitir el libre juego de las puertas del fondo, y la facilidad de retirar la descarga del cubilote". 8/ (Fig. 14).

⁸ SHUMAN, op. cit., págs. 304 y 306.

Revestimiento Refractario.

La coraza debe estar convenientemente revestida internamente con cierto espesor de material refractario. Puesto que la principal función de estos materiales refractarios es la de resistir las altas temperaturas, también deberán resistir altas influencias como la abrasión, presión, ataque químico y cambios rápidos de temperatura, por lo que se deja una capa intermedia entre el refractario y la envoltura, de unos 2 cms. aproximadamente, rellena de arena seca para permitir las dilataciones radiales y axiales del refractario. La selección e instalación de estos refractarios es, por lo tanto, una consideración muy importante.

El revestimiento constituye al horno en sí, y la coraza de acero simplemente cumple las funciones de mantenerlo en su lugar. El revestimiento se forma con bloques de formas especiales para cubilotes, para formar el diámetro deseado (ver Fig. 15), no puede descuidarse el que cada bloque debe ser colocado tan junto como sea posible del siguiente, porque las juntas son las más vulnerables.

Los materiales más comunes empleados para el revestimiento original del cubilote, son ladrillos de arcilla refractaria especialmente fabricada para este objeto. Otros refractarios usados en menor extensión son las arcillas del tipo de uso severo, más costosas, y ladrillos de sílice y de aluminio. Generalmente puede emplearse una sola clase de refractario de arcilla para revestir el cubilote desde el fondo hasta la puerta de carga, siempre que el tipo seleccionado pueda cumplir los severos requerimientos de la zona de fusión.

Las propiedades que controlan la utilidad de los ladrillos refractarios son:

1. El cono pirométrico equivalente (C.P.E.), que indica la habilidad del material para soportar temperaturas elevadas. El grado del C.P.E. depende de las características de las arcillas y de la mezcla empleada para conformar el grosor del ladrillo.

2. La densidad, que afecta la resistencia a la penetración de la escoria, el disgregamiento y la abrasión. Las dimensiones de las piezas de las series normales son:

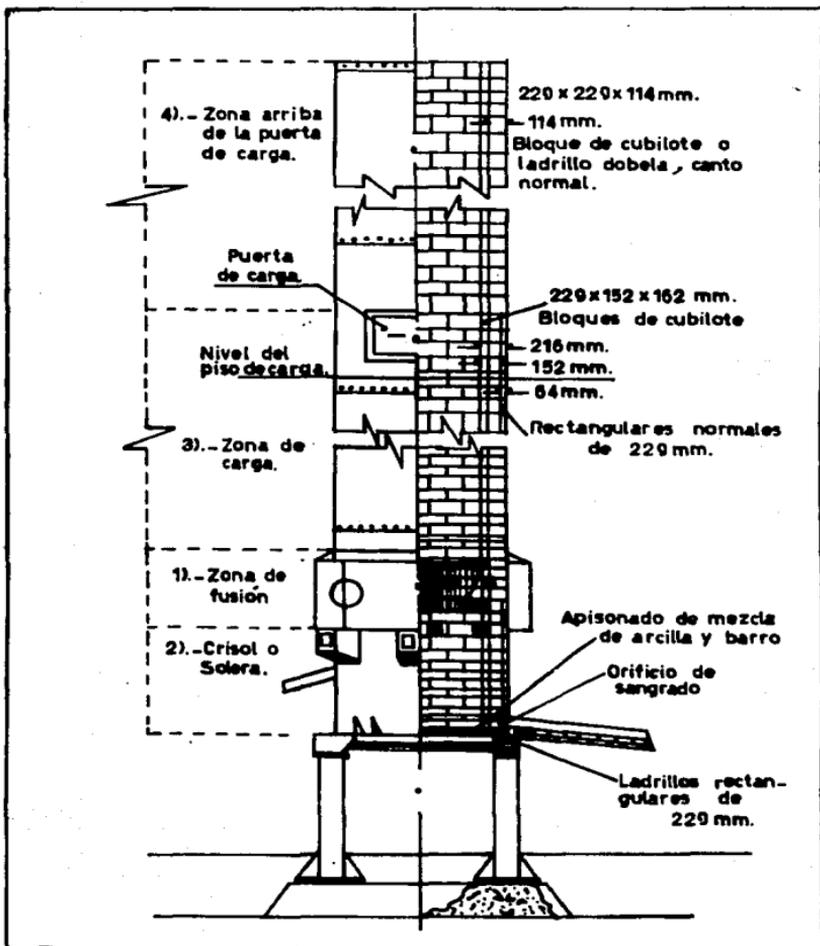
229 x 114 x 64 mm. (9 x 4½ x 2½")

229 x 114 x 76 mm. (9 x 4½ x 3").

Estas series son las más comerciales y están integradas por: Rectangulares, Cantos, Círculos, Puntas y Salmeres. Combinando estas piezas se pueden construir; Bóvedas, Arcos, Anillos y un sinnúmero de variantes, (Fig. 15).

Los refractarios para el horno de cubilote, desde el punto de vista de las condiciones de servicio, se seleccionan mediante la división de cuatro zonas dentro del horno, las cuales son:

1) Zona de fusión: Esta se extiende desde arriba de las toberas, hacia la parte superior del cubilote a lo largo de la distancia que depende de la altura de la cama de coque y de la velocidad del aire de soplado. Las condiciones de operación más críticas son precisamente en esta zona, en donde tiene lugar la oxidación del hierro y de otros elementos y el ataque de la escoria es más destructivo, (Fig. 16). El revestimiento refractario de esta zona generalmente consiste de una o dos capas, una pegada a la coraza y -- que actúa como revestimiento de protección y aislamiento, -- la cual está formada por tabiques de tipo silicio-aluminio. El espesor de este revestimiento de protección puede variar



Escala _____

FES—CUAUTILAN

12-NOV-67

Reviso:



Fig.16.- Se muestra las zonas más importantes, para la selección del ladrillo refractario y la disposición típica dentro del cubilote.

Dibuja: G y A
Diseño de un horno de cubilote.

desde 1" hasta 4.5", dependiendo del tamaño del horno. Este material es permanente ya que se necesita parcharse o -- cambiarse cuando ha sido muy dañado al fallar el revestimiento de trabajo.

2) Crisol o Solera: En esta zona la temperatura es de 150 ó 200°C más baja que en la de fusión y el revestimiento está en contacto solamente con el metal fundido, de tal manera que los efectos de temperatura y abrasión no son serios a menos que el metal esté fuertemente oxidado, (Fig. 16).

Para su revestimiento se recomienda una capa pegada a la coraza, la cual sirve como protección permanente, es similar a la de la zona de fusión; y una capa de trabajo de - 4.5" de espesor, de ladrillo silico-aluminoso de 40 a 42% de alumina (calidad superior) en las paredes. El piso se puede revestir con un concreto refractario de calidad superior o alta alúmina (65%).

3) Zona de Carga: El revestimiento de esta zona no está sujeto ni a temperaturas muy elevadas ni a ataques químicos, (ver Fig. 16), pero la abrasión es muy severa, tanto por el impacto de la carga, como por la fricción de ésta en su movimiento descendente. El revestimiento de esta zona - según las condiciones anteriores, puede hacerse con refractario silico-aluminoso de alta calidad (40% alúmina), de bajo contenido de fierro y de quemado alto, para mejorar su resistencia a la abrasión.

4) Zona arriba de la puerta de carga: Por último, en esta zona la operación del horno en cuanto a sus efectos sobre el revestimiento, es benigna, por lo que la función del revestimiento es solamente proteger la coraza del calor de los gases que suben por la chimenea. Por lo tanto una pro-

tección de 2.5" de refractario silicio-aluminoso de calidad intermedia, (Fig. 16).

II.2 COMBUSTIBLE.

El coque es el principal combustible manejado para fundición en cubilote, es un residuo sólido, celular, del calentamiento de ciertos carbonos bituminosos (hidrocarburo líquido, sólido o intermedio, muy combustible, que se halla en estado natural), sin contacto con el aire, arriba de las temperaturas a las que ocurre la descomposición térmica.

Anteriormente se utilizaba carbón vegetal, que era universal para la fundición de hierro. Alrededor de 1883 fue desplazado por el coque de panal o colmena, este se compone generalmente de carbón bituminoso fuertemente coquizable, con alto o mediano contenido de volátiles a temperaturas de 800 y 1000°C y sirven como agentes reductores para extraer metales de sus minerales, cuando éstos son óxidos. Hoy en día el coque de subproductos es mucho más utilizado que el coque de colmena.

Los coques de subproductos son hechos por cuidadosa selección de mezclas de carbonos de volátiles altos, medios y bajos, a los que se añaden generalmente un porcentaje muy fino de antracita (carbón fósil poco bituminoso, es duro y brillante, arde lentamente y produce muy poco humo y ceniza), o de coque finalmente pulverizado, para mejorar el tamaño del coque, su estructura y su resistencia. Frecuentemente se emplean 4 ó 5 carbonos diferentes en dicha mezcla esto con el fin de obtener las propiedades químicas y físicas deseadas para obtener un coque de alta calidad.

El coque de subproductos, tal como sale de los hornos-

de producción, es conocido como coque en bruto, y generalmente tiene gran variedad de tamaños. Para su venta a las fundiciones es separado en fracciones de tamaños específicos por medio de un elaborado equipo de separación en cribas. En la planta de productores, el coque que sale ha sido cuidadosamente clasificado cumpliendo con especificaciones en cuanto al límite de tamaño.

Además de una adecuada selección de tamaños al coque se le realizan otras pruebas que son fundamentales para la calidad del producto, de las cuales las más importantes se mencionan a continuación.

- 1) Muestreo.
- 2) Dureza.
- 3) Pruebas Físicas.
- 4) Granulometría.
- 5) Resistencia Mecánica.
- 6) Porosidad y Gravedad Específica.
- 7) Densidad o Granel.
- 8) Pruebas de estructura celular.
- 9) Pruebas Químicas.
- 10) Humedad.
- 11) Prueba de Materias Volátiles.
- 12) Prueba de Cenizas.
- 13) Pruebas de Carbono fijo.
- 14) Pruebas de contenido de Fósforo.
- 15) Pruebas de contenido de Azufre.
- 16) Pruebas de contenido de Grafito.
- 17) Pruebas de las Propiedades Térmicas.
- 18) Poder Calorífico.
- 19) Pruebas de Inflamabilidad.
- 20) Pruebas de Combustibilidad.
- 21) Pruebas de Reactividad.

Todas estas propiedades son realizadas por la Steel -- Corporation, el Ministerio Norteamericano de Minas, la American Gas Association, la American Society Testings Materials y el Comité para Análisis de Carbón y Coque de la -- A.S.T.M., hacen que con métodos Standard, la calidad del Co que Americano sea de primera y en sí lo hacen el favorito -- en todos los ramos de la fundición del hierro.

El coque nacional, también cuenta con las mismas características del coque americano, sin embargo es conocido que no contiene ni muestra la misma calidad (ésto se verá más -- ampliamente con los cálculos hechos en el Capítulo III), para dar un ejemplo, a continuación se mencionan algunas ventajas y desventajas de estos dos tipos de coques.

Coque Americano.

Ventajas:

- Mayor poder calorífico, temperaturas hasta de 1600°C, aproximadamente.
- Porcentajes más bajos de cenizas, azufre, otros elementos no deseables, ésto en comparación con el coque nacional.
- Se puede fabricar hierro nodular, debido al poder calorífico.
- Tamaños más uniformes.
- Mayor recuperación de Carbono.
- Se consiguen mayores temperaturas de fusión.

Desventajas:

- Costo mayor que el coque nacional, debido a su alta calidad.

- No es fácil conseguirlo en el mercado nacional, por ser un producto de importación, sólo por pedidos -- grandes.

Coque Nacional.

Ventajas:

- Bajo costo en comparación con el coque americano.
- Es más fácil de conseguir en el mercado nacional.

Desventajas:

- Bajo poder calorífico.
- Alto contenido de azufre y cenizas.
- Desigualdad en los tamaños.
- Dificultad de usarlo en la fabricación de hierro nodular, debido a su bajo poder calorífico, inclusive utilizando oxígeno.
- Temperaturas mayores, hasta de 1450°C, aproximadamente.
- Baja calidad y mayor agrietamiento, lo cual lo hace altamente quebradizo en almacenamiento.

Estas ventajas del coque americano, con respecto al nacional, nos hacen ver más claramente la preferencia para -- nuestro posteiror diseño.

Sin embargo existen otros combustibles que también son usados en la industria en un campo limitado y algunos otros ya un tanto obsoletos por afectar la calidad del hierro, -- pero que sin embargo son usados en fundiciones pequeñas.

Algunos de estos combustibles son:

- a) Carbón de piedra.
- b) Antracita, (en años recientes se ha empleado considera
blemente en donde marca una ventaja en el precio compa
rado con el coque de subproductos). "La antracita es-
un producto denso, duro y natural, que varía en conte-
nido de carbono fijo del 92 al 98% en estado seco, li-
bre de materias minerales". 9/
- c) Combustibles Aglomerados. (Las materias primas pueden-
ser: antracita, carbones bituminosos coquizables o no
coquizables, coque de petróleo, o mezclas de dos o más
de estos combustibles, con o sin la adición de aglome-
rantes de alquitrán o brea).
- d) Leña.
- e) Carbón de leña.
- f) Fuel - Oil.
- g) Gas - Oil.
- h) Gasolina.
- i) Gas de Gasógeno.
- j) Gas de Alumbrado.
- k) Gas de Coquería, (Gas de alto Horno).
- l) Metano, (el metano puede tener una gran importancia en
el futuro, sustituyendo ventajosamente al Fuel-Oil, al
gas de alumbrado y al gas de gasógeno, debido a su ele
vado poder calorífico inferior, el cual alcanza aprox
imadamente 8500 Kcal/m³).

⁹ SHUMAN, op. cit., pág. 626.

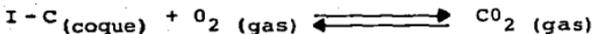
II.3 COMBUSTION.

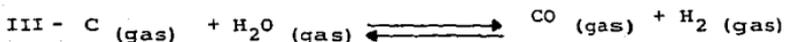
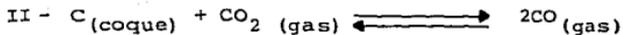
Ya se ha explicado la importancia de la selección del equipo de soplado. Aún cuando la combustión es proporcionada por una corriente de aire y que parece ser una de las -- operaciones más sencillas, existe un número determinado de variables que influyen en los resultados finales. Entre -- otras se encuentran la composición química, tamaño y regularidad del combustible, reactividad, la formación física de la cama y de las cargas, y la velocidad y humedad del aire.

En la práctica, el aire es introducido a través de un cierto número de toberas localizadas a cierta altura, alrededor, en la periferia del cubilote. Afortunadamente, la -- velocidad del aire en sentido horizontal se acerca a cero, -- según los gases penetran hacia el centro.

A pesar de todo esto, existe una relación óptima entre el diámetro del combustible y el diámetro del cubilote que -- en la práctica parece estar entre 1 a 10 y 1 a 12 para los tipos de coque normal. Con relaciones significativamente -- mayores que éstas, puede tenerse un flujo de gas suficiente como para causar un centro frío con efectos adversos sobre el sobrecalentamiento del metal.

El aire admitido arriba del nivel normal de toberas -- reacciona con el monóxido de carbono en la zona de reducción. Las principales reacciones químicas entre el combustible y los constituyentes reactivos en la atmósfera gaseosa del interior del cubilote, probablemente en su orden de importancia son:





En la primera reacción productora de calor del proceso, aún a las temperaturas máximas que ocurren en el horno, la constante de equilibrio es tal, que la reacción es completa hacia la derecha. En realidad la reacción I, no es una reacción sencilla, sino la suma sucesiva de dos reacciones:



La segunda reacción es absorbente de calor del horno, - a temperaturas existentes en la cama también la constante de equilibrio es completa, sin embargo, a temperaturas más bajas la inversión de reacción se ve favorecida y puede ocurrir la deposición de carbono.

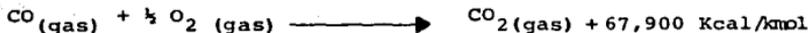
La tercera reacción es absorbente de calor, pero solamente es importante en la operación del horno en proporción a la cantidad de vapor de agua acarreado por el aire soplado.

Los gases del cubilote a diversos niveles, consisten - de CO_2 , CO , O_2 y N_2 con cantidades variables de H_2O y H_2 -- dependiendo de la humedad del aire soplado. El bióxido de carbono, el oxígeno y el vapor de agua son gases oxidantes, mientras que el monóxido de carbono y el hidrógeno son gases reductores. El nitrógeno un gas inerte y su principal papel es ser un medio de transporte o transferencia de calor.

Las reacciones son claras en el horno y producen zonas más o menos definidas. Estas zonas son:

- Zona de Combustión.- La principal reacción en esta zona es la combinación del oxígeno con el combustible y sus límites prácticos son el punto de entrada del aire y el nivel donde la concentración de oxígeno se reduce al 1% o menos, es exactamente donde comienza la reacción II ya que todas las reacciones en esta zona están controladas por el transporte de masa y por lo tanto son independientes de la reactividad, combustibilidad y superficie interna.
- Zona de oxidación o reducción de la cama.- En esta zona los límites físicos son la parte superior de la zona de combustión. La principal reacción es la combinación de CO_2 con el combustible para formar CO. La mayor parte de vapor de agua presente en el aire de soplado reacciona también produciendo CO y H_2 .

En esta zona el monóxido de carbono reacciona con el aire admitido de la siguiente forma:



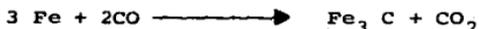
o con el carbono del combustible de acuerdo a la reacción:



Esto ocurre en verdad, puesto que la cantidad de CO adyacente a las toberas, no es suficiente para consumir todo el oxígeno antes de que reaccione con el combustible sólido.

- Zona de Pre calentamiento.- La función principal de esta zona, la cual queda en la parte de arriba de la zona de fusión, es que nos sirve como cambiador de calor, en el que se recupera el calor sobrante por un cambio de calor directo entre los gases -- que viajan hacia arriba y las cargas que descienden junto con el combustible, pero además de haber un intercambio de calor, se tienen reacciones químicas que no son benéficas. También pueden ocurrir otras 2 reacciones, la cual una de ellas, es la descomposición catalítica del monóxido de carbono, para depositar carbón debido a la intervención de la reacción II.

- Zona de Fusión.- Cuando el metal llega a la zona de fusión, deberá estar pre calentado hasta una temperatura muy cercana a la de fusión, aquí ocurre la principal reacción, que es el cambio de sólido a líquido, cambio de fase, y por lo tanto ocurre la absorción de carbono por parte de los metales deficientes en este elemento, la reacción es:



Calor a 410°C = + 44,200 Kcal/Kg mol.

Estas son las principales zonas de reacción dentro del cubilote y las formas de conversión del comburente (aire soplado), el combustible y el metal. Sin embargo no sólo se usa aire como comburente, en algunas fundiciones se auxilia al aire soplado con Oxígeno.

- El Oxígeno como auxiliar en el equipo de Soplado.

En ciertas condiciones se ha justificado el costo del uso del oxígeno en el aire soplado al horno de cubilote. -

El oxígeno puede utilizarse para corregir un cubilote operado pobremente, que está fundiendo del lado frío. Otro uso del oxígeno es para acelerar una transición de fusión de -- hierro gris a una mezcla de maleable, el oxígeno libre penetra hasta el centro del cubilote, en donde reacciona rápidamente con el metal fundido.

Cada fundición presenta un problema diferente, debido a sus propias características. En unos casos, la capacidad de producción es el problema y en otros puede ser la -- temperatura.

La principal ventaja del uso del oxígeno en el aire soplado al cubilote es la de elevar la temperatura de la flama en la zona de combustión. Otras importantes ventajas -- son:

- a) Reducción del porcentaje de coque en la carga o posibilidad de usar coques de calidad inferior.
- b) Obtención de temperaturas altas del hierro con mayor rapidez después de la puesta en marcha.
- c) Reducción del tiempo improductivo del cubilote ocasionado por el hierro frío.
- d) Uso de materia prima más barata debido a la mayor captación de carbono.
- e) El ahorro en el consumo de ferroaleaciones.
- f) Menor cantidad de polvos emitidos por la chimenea.
- g) Reducción del número de piezas fundidas rechazadas.
- h) Flexibilidad de la operación. (*)

(*) Nota: No todas las ventajas mencionadas se pueden obtener al mismo tiempo.

Un aumento de un 4 a 5% en contenido de oxígeno puede emplearse con éxito para obtener hierro más caliente al comenzar la hornada.

Normalmente al emplear oxígeno en el aire de soplado, se perfora directamente el ducto principal de aire y se utiliza un orificio calibrado y un indicador de presión. La forma de introducir el oxígeno al ducto de aire es por medio de un difusor diseñado para lograr un buen mezclado de aire-oxígeno, por medio de ellos se determina la cantidad de oxígeno inyectado al ducto de aire.

El oxígeno se recibe en forma líquida en un tanque criogénico y se hace pasar por un evaporador atmosférico para transformarlo en su forma gaseosa.

Por último, se debe tener las precauciones necesarias para evitar grasas, aceites o materiales orgánicos cerca de la entrada del oxígeno.

II.4 MATERIA PRIMA Y FUNDENTES.

Materia Prima.

En la fundición común se emplea a menudo chatarra procedente de maquinaria vieja fuera de uso como la principal materia prima. Sin embargo, si se va a realizar la producción de hierros especiales, como fundiciones maleables, se selecciona cuidadosamente la chatarra a usar y se le añade arrabio sólido, producto como se mencionó anteriormente, de los altos hornos.

Como es de suponerse el arrabio tiene un costo mayor que la chatarra de maquinaria, sin embargo la calidad del

producto es mayor y más útil para la producción de Hierro - Gris o Hierro Nodular.

El Arrabio o Pig Iron, se clasifica según el porcentaje de impurezas que presenta y por esta razón es fundido -- hasta 3 veces en los altos hornos, para seguir eliminando -- el grado de impurezas. A continuación se muestra una clasificación del Arrabio:

GRADO DEL HIERRO	% SILICIO	% AZUFRE	% FOSFORO	% MANGANESO
Fundición No. 1.	2.5-3.0	Abajo del 0.035	0.05-1.0	Abajo del 1.0
Fundición No. 2.	2.0-2.5	Abajo del 0.045	0.05-1.0	Abajo del 1.0
Fundición No. 3.	1.5-2.0	Abajo del 0.055	0.05-1.0	Abajo del 1.0
Maleable	0.75-1.5	Abajo del 0.050	Abajo del 0.2	Abajo del 1.0
Bessemer	1.0-2.0	Abajo del 0.05	Abajo del 0.1	Abajo del 1.0
Básico	Abajo del 1.0	Abajo del 0.050	Abajo del 0.1	Abajo del 1.0

En sí estas son las materias primas más usadas y se podría decir que son las únicas en la fabricación de hierro. Entre el tipo de chatarras más usadas, es la pedacería de hierro colado y Monoblock.

La materia prima igual que el coque, debe ser de pedazos y peso proporcional para las primeras cargas del cubilote. En hornos convencionales tienen una altura las cargas del metal hasta de 32 cms.

Fundentes.

El objeto de añadir fundentes en las cargas del cubilote es el de eliminar impurezas en el hierro, protegerlo de la oxidación, hacer fundible más rápidamente el metal y hacer que la escoria sea más fluida para poder retirarla con mayor facilidad. Las adiciones de fundentes o agentes fluidificantes son necesarios para un funcionamiento continuo y eficiente del cubilote, de ahí su importancia en dicha función.

Un fundente es una sustancia que baja el punto de fusión y mejora la fluidez de la escoria, e influye en ésta - en la limpieza física, las diversas reacciones y la eficiencia de la combustión del cubilote.

Los constituyentes básicos útiles como fundentes y sus fuentes de origen son:

a) Fundentes Primarios.

Cal (Óxido de calcio, CaO) de piedra caliza (carbonato de calcio, CaCO_3).

Calcita (carbonato de calcio, CaCO_3).

Concha de molusco (ostras, ostiones, etc.).

Magnesia (Óxido de magnesio, MgO) de la dolomita (MgCO_3 y CaCO_3).

b) Fundentes Secundarios o Suplentes.

Carbonado de sodio (Na_2CO_3) de la sosa fundida (Na_2CO_3).

Trona mineral (sexquicarbonato de sodio).

Fluoruro de calcio (CaF_2) del mineral espato - fluor, - o simplemente "espato".

Carburo de calcio (CaC_2) del carburo producido inercialmente.

Combinaciones patentadas de los anteriores.

La mayoría de los cubilotes pueden ser escoriados con propiedad, con fundentes primarios añadidos en cantidades - que varían de 2 a 7% del peso de la carga de metal. Bajo - malas condiciones podría justificarse el empleo de uno de - los fundentes suplementarios en cantidades de 0.2 a 2%.

Muchos de los fundentes son materiales naturales y relativamente baratos. Dos de las consideraciones más importantes a este respecto son la falta de vigilancia sobre las impurezas indeseables y la clasificación apropiada en lo -- que toca a tamaño de los materiales, para asegurar un comportamiento consecuente. También puede obtenerse resultados satisfactorios con cualquiera de los diversos fundentes o sus combinaciones.

A continuación se muestran las propiedades de cada uno de los fundentes ya mencionados y sus formas de obtención.

Piedra Caliza. - La piedra caliza es una roca natural-básica que contiene, principalmente carbonato de calcio. Es el fundente normal para el hierro colado. Su composición - debe oscilar en los siguientes límites: cal (CaO) = 54%; -- anhídrido carbónico (CO_2) = 42%; carbonato de calcio (CaCO_3)

= 96%; sílice (SiO_2) = 2% máximo; alúmina = 1% máximo; óxido de hierro = 1% máximo; óxido de magnesio = 1% máximo; residuos = 3% máximo.

En las zonas de precalentamiento del cubilote se desprende gas CO_2 quedando el óxido de calcio (CaO) o cal como constituyente fundente activo. A causa del CO_2 presente, - la más pura caliza contiene teóricamente sólo el 56% de óxido de calcio.

Muchas piedras calizas contienen gran porcentaje de -- magnesia y alúmina en comparación con lo descrito anteriormente, sin embargo esto no afecta, puesto que también mejoran la fluidez de la escoria y además debe contener un 2% - de sílice como reflejo de calidad.

Calcita.- La calcita es una derivación de la piedra - caliza, es una forma mineral pura de carbonato de calcio -- (CaCO_3) y se puede utilizar muy efectivamente con la única desventaja que su costo es mayor.

Concha de Moluscos.- Las conchas de moluscos, marga o arcilla calcárea y creta, son todas ellas fuentes de óxido de calcio (CaO), que pueden ser empleadas si se obtienen -- más fácilmente que la piedra caliza.

Dolomita.- La dolomita es una roca natural muy simi-- lar a la piedra caliza, contiene una combinación de carbona to de sodio, carbonato de magnesio y carbonato de calcio. - Para muchos objetos prácticos, el óxido de magnesio es com-- parable al óxido de calcio como fundente, y bajo ciertas -- condiciones la combinación parece ser más efectiva. En al-- gunas de las escorias altamente básicas se prefiere la pie-- dra caliza ya que se tiene suficiente magnesia de los re- -

fractarios.

Las calizas dolomíticas son piedras que contienen algún carbonato de magnesio, pero están formadas, predominantemente, de carbono de calcio.

El tiempo necesario para la calcinación completa de las piedras fundentes varía directamente con el tamaño de la piedra. La calcinación comienza en la superficie de la pieza y procede hacia el centro de una zona muy angosta, el límite de fase (entre CaCO_3 y Ca), a un régimen constante que depende directamente de la temperatura.

Las piedras dolomíticas porosas o de alto calcio de peso se descomponen a óxidos más rápidos que los tipos más densos, y calcinada es más suave y desmenuzable, se quiebra o tritura con el movimiento del coque y del hierro al ir bajando en el cubilote, de ahí la importancia de mantener el control del tamaño y la calidad de estas piedras.

Carbonato de Sodio.- El carbonato de sodio (Na_2CO_3) o "sosa", se emplea en el cubilote principalmente como un fundente secundario, para suplementar el efecto de la caliza.- Es un fundente fuertemente básico y un licuador efectivo de la escoria.

Contiene alrededor del 98% de carbonato de sodio, la sosa calcinada y fundida de la cual se obtiene, o 58% de óxido de sodio (Na_2O), que es un fundente efectivo. La sosa calcinada y fundida se vende comercialmente con el nombre registrado de "Purite".

Trona Mineral.- Otra fuente de óxido de sodio es la Trona mineral, que consiste esencialmente en Sexquicarbonato

de sodio y agua de cristalización combinada. Contiene 40% de óxido de sodio, comparado con el 58% de la sosa calcinada pura, pero su punto de fusión es más bajo y no absorbe humedad y para compensar su bajo contenido de Na_2O , tiene mejor condición física y mejor dispersión.

En sí es una roca extraída de la mina, que es triturada o quebrada en trozos que varían de 2 a 9 cms., y se vende con el más familiar nombre registrado de "Sultron".

Espato - Flúor.- El espato-flúor o simplemente "espato", se compra generalmente en piedra, se compone del 85% de fluoruro de calcio mineral (CaF_2) y se vende en desechos de panes o ladrillos. Es un fuerte fundente básico y licuador de la escoria, funde a 1330°C (2426°F), que es la temperatura arriba de la zona de fusión del cubilote. Se desprende gas flúor que es muy reactivo con la sílice (SiO_2) y con cal (CaO).

Pequeñas cantidades de espato-flúor aceleran las reacciones fundentes, limpian al coque y hacen a la escoria más fluida al llegar al área de toberas.

Carburo de Calcio.- El Carburo de Calcio (CaC_2) ha sido usado con efectividad en algunas operaciones del cubilote básico. El carburo, con la caliza y el espato flúor, hace posible un contenido bajo de azufre, hierro perfectamente desoxidado, lo que es muy aconsejable en el tratamiento de hierro nodular.

Es producido partiendo de cal y coque en hornos eléctricos que operan en las cercanías a 2200°C (3993°F). Al contrario de los otros fundentes secundarios, el carburo no se funde en las capas altas de la carga, sino que solamente

reacciona después de que ha llegado bastante abajo en la zona de fusión y dentro de la cama de coque. Puesto que el carburo no se funde, su reactividad depende del contacto superficial con las gotas de metal y escoria que descienden.- Por esta razón las reacciones del carburo salen fuera de -- las de un fundente, pero su función es muy parecida a la de un fundente especial.

Son necesarias ciertas precauciones en el manejo y almacenamiento del carburo, y las personas que manejan este material deberán estar perfectamente familiarizadas con las prácticas de seguridad con respecto a su uso. El carburo reacciona con el agua para formar acetileno, que es explosivo si se encierra o inflama. "No se ha encontrado ningún peligro en el uso de este material en el cubilote abierto; los únicos peligros están en su almacenamiento". 10/

Fundentes de Marcas Patentadas.- Generalmente son combinaciones de algunos de los fundentes suplementarios como el espato flúor, aglomerados en briquetas. En algunas plantas se han reportado poca o ninguna mejora en la fundición de hierro con el uso de estos fundentes.

¹⁰. SHUMAN, op. cit., pág. 663.

CAPITULO III

DISEÑO DE UN HORNO DE CUBILOTE

CAPITULO III

DISEÑO DE UN HORNO DE CUBILOTE

En este capítulo se mencionan los factores más importantes para la construcción de un horno de cubilote, que -- tenga una producción de 30 Kg. de hierro fundido por hora.

III.1 CARTA MATRIZ Y MEMORIA DE CALCULO.

A continuación se muestran los parámetros que determinan dicha construcción y las soluciones posibles y más factibles para escoger el material o los materiales más adecuados y de menor costo.

Se debe mencionar que la Carta Matriz, que a continuación se muestra, cuenta con varias soluciones de las que se seleccionarán una o varias de ellas, según el caso, quedando otras como opciones, esto con el fin de que ocurra que algunos de estos materiales escaseen dentro del mercado, o aumente su precio considerablemente, de ahí la consecuencia de no incluir en este trabajo una lista de costos, debido a los aumentos constantes de los precios, ésta sería obsoleta en un plazo corto de tiempo.

Refiriéndonos a la Memoria de Cálculo, cuenta con todas las operaciones y cálculos convenientes para un diseño adecuado, aunque se da el caso que algunas ecuaciones son resultados de la práctica, muestreo, datos y estadísticas, dando como resultado: fórmulas empíricas, tablas de información y gráficas de comparación, con hornos convencionales que operan actualmente dentro y fuera de nuestro país, con las cuales se pueden obtener resultados confiables y seguros.

Nota: Se recomienda usar los materiales que se especifican dentro de este capítulo.

C A R T A M A T R I Z

PARAMETROS	S O L U C I O N E S					P O S I B L E S
Material para la construcción de la coraza, caja de vientos, toberas y capuchón.	Lámina Negra o Galvanizada Calibre 18	Lámina Negra o Galvanizada Calibre 16	Lámina Negra o Galvanizada Calibre 14	Lámina Negra o Galvanizada Calibre 12	Lámina Negra o Galvanizada Calibre 10	
Tipo de Ensamble.	Soldadura Eléctrica	Tornillos	Remaches	Soldadura Autógena	Punteadora	
Material de protección para la Coraza.	Lana Mineral	Arena Seca	Fibra de Vidrio	Fibra de Silicato		
Material de Sostén del Refractorio.	Angulo	Solera	Lámina Negra Calibre 18	Lámina Galvanizada Calibre 18		
Tipo de Refractorio.	Mortero Refractorio	Refractorio Plástico	Ladrillo Refractorio	Cemento Refractorio		
Material para la Placa del Fondo.	Placa de (1/2) in	Placa de (1/2) in				
Material para la Puerta del Fondo.	Placa de (1/2) in	Placa de (1/2) in				
Material para Abatimiento y Sujeción de las Puertas.	Bisagras	Placa con Pernos	Argollas y Pernos	Cadenas y Poleas	Cables y Poleas	
Materiales para la Cimentación.	Tubo Negro de 1 in Ø	Tubo Negro de 3 in Ø	Tubo Cuadrado de (1x1) in	Tubo Cuadrado de (3x3) in		
Tipo de Cimentación.	Anclas tornilladas con taquetes de Plomo	Zapatas	Dados			
Material para Cimentar.	Concreto Premezclado	Mortero con Cemento Blanco	Cemento Gris			
Tipo de Combustible.	Coque Americano	Coque Nacional	Leña	Carbón de Leña	Carbón Vegetal	Combustibles Aglomerados
Tipos de Fundentes.	Ferroaleaciones	Piedra Caliza	Espato Fluor	Trona Mineral	Bentonita	Conchas de Moluscos
Materia Prima.	Chatarra de Hierro	Chatarra de Acero	Monobloque	Arrabio Sólido		
Tipo de Comburente.	Aire Soplado	Aire con Compresor	Oxígeno	Aire y Oxígeno	Aire y Fuel-Oil	

Memoria de Cálculo para un Horno de Cubilote con capacidad de 30 Kg. de metal por 1 hora.

Datos:

$$\text{Carga} = C = 30 \text{ Kg/hr.}$$

$$\text{Diámetro interior del horno} = \phi_{\text{int.}} = 250 \text{ mm.}$$

Este dato es una relación de los diámetros interiores de hornos convencionales, respecto a su producción y también por cuestiones prácticas.

1) Cálculo del número de Sangrías o coladas por una hora:

Datos:

$$\text{Tiempo de fusión aproximado por carga} = 15 \text{ min.}$$

$$\rightarrow \# \text{ de Coladas} = \frac{1 \text{ hora}}{\text{tiempo de fusión}} = \frac{60 \text{ min.}}{15 \text{ min.}} = 4 \therefore$$

$$\rightarrow \# \text{ de Coladas} = 4 \text{ por hora.} \quad \dots \textcircled{1}$$

2) Cálculo del peso de la Carga de Metal Fundido por cada colada:

Datos:

$$C = 30 \text{ Kg/hr.}$$

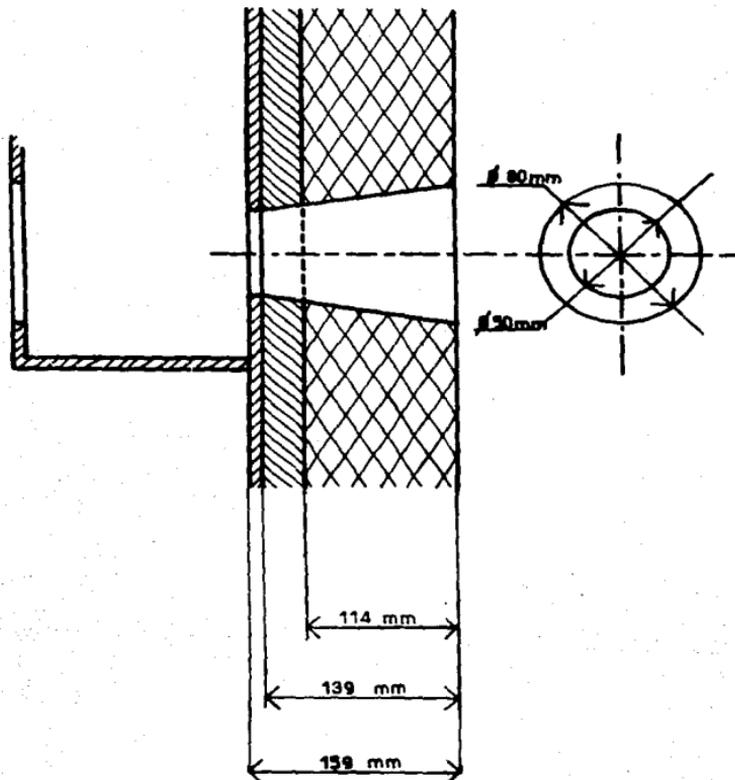
$$\# \text{ de coladas} = 4 \text{ Col./hr.}$$

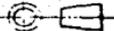
$$\rightarrow \text{Carga del metal fundido} = \frac{\text{Producción}}{\# \text{ de colada}} = \frac{30 \text{ Kg/hr}}{4 \text{ col./hr}} = 7.5$$

$$\rightarrow \text{Carga del metal fundido} = 7.5 \text{ Kg/colada.} \quad \dots \textcircled{2}$$

3) Cálculo del número de Toberas.

"Su número varía de 2 para los cubilotes más pequeños-



Escala: —	FES—CUAUTILAN	13/NOV/87	REVISO:
Acot. en: mm	Fig.17 .. Se muestra la forma, sección y diámetro exterior e interior de una tobera.		
	Dibujo: G y A Diseño de un horno de cubilote		

a 4, 6, 8 y hasta 12, para los grandes cubilotes". 11/

Como el nuestro producirá una carga pequeña comparada con los cubilotes convencionales y grande con referencia al cubilote Shaw-Walker, el número de toberas más apropiado será de 4 para tener una penetración adecuada del aire.

∴ El número de toberas = 4. (3) (Fig.17)

4) Cálculo de la Sección de toberas.

"La sección total s_1 en cm^2 de las toberas se establecen en proporción a la sección S_1 en cm^2 del cubilote como se muestra a continuación:". 12/

$$s_1 = \frac{S_1}{5 \dots 6} \text{ cm}^2$$

La proporción de 5 ... 6 es un cálculo relativo del volumen del crisol, teniendo como condición, que la sección s_1 para el número total de toberas, nos den cm^2 , cerrados.

Datos:

$$S_1 = \text{Sección interior del cubilote en } \text{cm}^2 = \pi r^2$$

$$\emptyset \text{ int.} = 250 \text{ mm} \Rightarrow r = 125 \text{ mm.} = 12.5 \text{ cm.}$$

$$\text{Sustituyendo} = S_1 = \pi (12.5 \text{ cm})^2 = 491 \text{ cm}^2$$

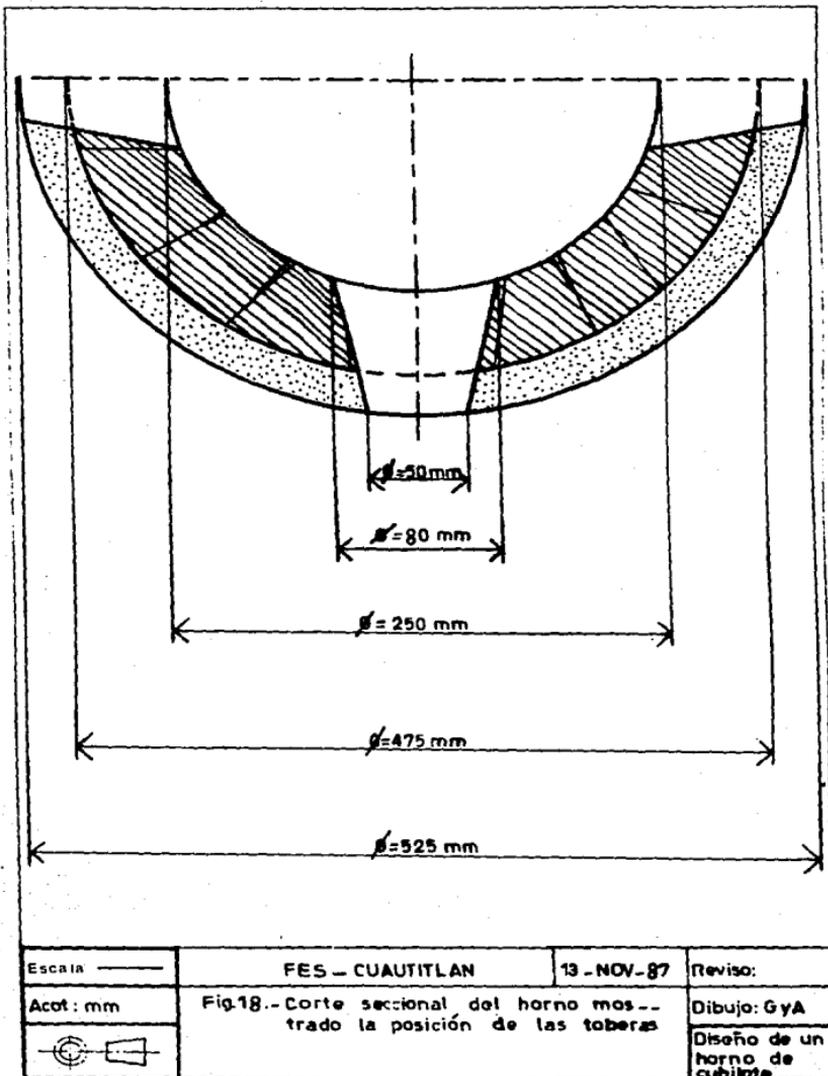
Escogiendo una relación de 5.85 como volumen del crisol, tenemos:

$$s_1 = \frac{491 \text{ cm}^2}{5.85} = 83.93 \text{ cm}^2/4 \text{ toberas} \Rightarrow s_1 = 21 \text{ cm}^2 \text{ ---}$$

para cada una de las toberas, y el resultado son cm^2 redondos ∴ el cálculo aproximado del volumen del cri

11.

12. CAPELLO, Eduardo, op. cit. pág. 204.



sol es correcto.

$$s_1 c/t = 21 \text{ cm}^2.$$

..... (4.) (Fig.18)

5) Cálculo de la altura del Crisol.

De la fórmula anterior, obtuvimos un volumen aproximado del Crisol en dm^3 , el cual es muy confiable debido al resultado exacto en cm^2 de la sección de las toberas, por lo tanto se tiene que:

Volumen total del crisol = altura del crisol x área del crisol.

$$V_{TC} = A \times h,$$

donde:

$$V_{TC} = 5.85 \text{ dm}^3$$

$$A = 4.91 \text{ dm}^2$$

Despejando y - -

Sustituyendo:

⇒

$$h = \frac{5.85 \text{ dm}^3}{4.91 \text{ dm}^2} = 1.19 \text{ dm} \approx 1.2 \text{ dm}$$

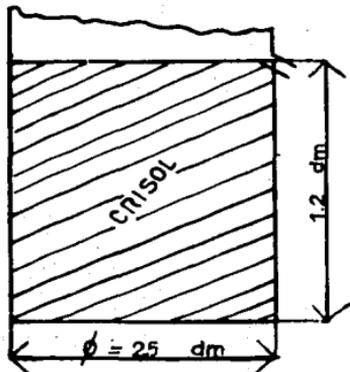


Fig.10.- Dimensiones del crisol.

A esta misma altura se colocará el centro del orificio de escoriado, debido a que a esta distancia tenemos un lleno total en el crisol para el sangrado. (Fig. 19)

Altura del crisol = $h_c = 120 \text{ mm}$.

..... (5.)

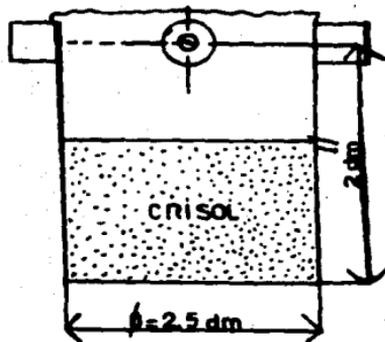
6) Cálculo de la altura de las toberas.

La altura de las toberas se calcula con la siguiente -
regla:

h_t = altura del crisol (50 al 70%) + altura del crisol.

$h_t = h_c (50...70\%) + h_c$, escogemos un porcentaje de ta
blas entre 66%, sustituyendo tenemos:

$$h_t = 1.2 \text{ dm} (0.66) + 1.2 \text{ dm} = h_t = 1.99 \text{ dm}$$



Podemos decir que la altura desde la base del crisol al centro de las toberas es de:

$$h_t = 2 \text{ dm.}$$

..... (6.) (Fig.20)

Fig.20.- Altura de las toberas.

7) Cálculo del orificio de escoria.

"De tablas tenemos que para un cubilote convencional - el ϕ interior del orificio de escoria es de 1,290 mm., o diámetro adentro y el diámetro afuera es de 1,524 mm. con una producción de 3050 Kg/hr". 13/

Haciendo una relación, tenemos que:

13. SHUMAN, op. cit., Fig. 48, pág. 86.

$$1524 \text{ mm} = 3050 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad \frac{(1524 \text{ mm}) (30 \text{ Kg})}{3050 \text{ Kg}} = x$$

$$x = 30 \text{ Kg}$$

$\therefore x = 14.99 \text{ mm} \approx \emptyset \text{ afuera} = 15 \text{ mm.}$

De la misma forma \emptyset adentro es igual a:

$$1290 \text{ mm} = 3050 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad x = \frac{(1290 \text{ mm}) (30 \text{ Kg})}{3050 \text{ Kg}}$$

$$x = 30 \text{ Kg.}$$

$\therefore x = 12.7 \text{ mm.} \approx \emptyset \text{ adentro} = 13 \text{ mm.}$

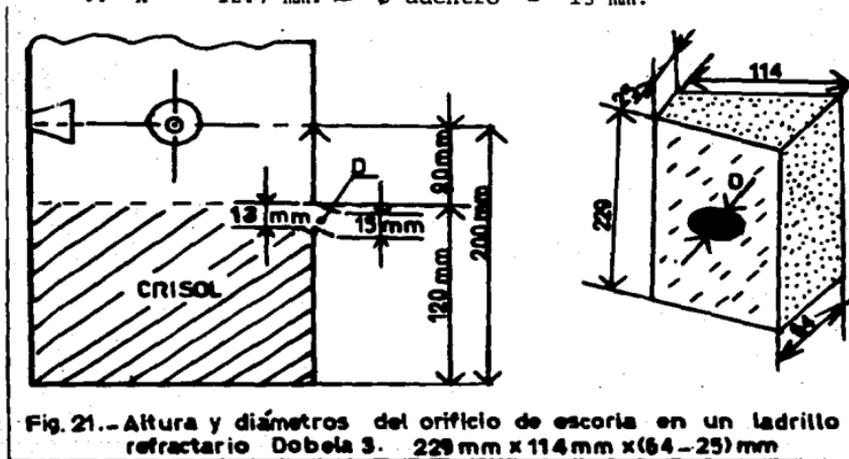


Fig. 21.- Altura y diámetros del orificio de escoria en un ladrillo refractario Dobela 3. 229 mm x 114 mm x (64-25) mm

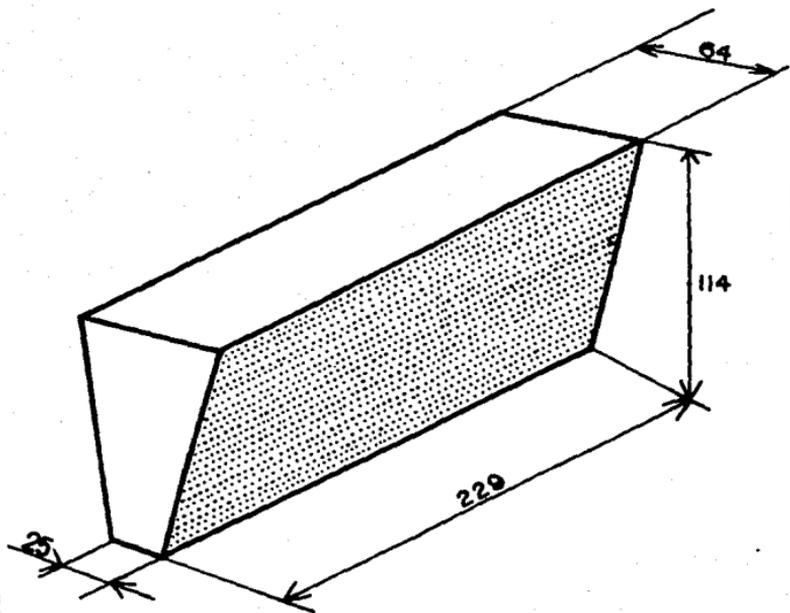
\emptyset afuera = 15 mm. (7a.)

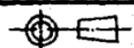
\emptyset adentro = 13 mm. (7b.)

(Figs. 21 y 21 a)

- 8) Cálculo del orificio de Sangrado y pendiente de la Cama de Arena.

De los mismos datos para el orificio de escoria y usando en este caso un ladrillo refractario Rectangular, - (Fig. 22). Tenemos que para cubilotes menores de - -



Escala: _____	FES - CUAUTILAN	13 - NOV - 87	Reviso:
Acot. en: mm	Fig. 21a. - Medidas Standard del ladrillo refractario Dobela Canto N°3.		Dibujo: G y A
			Diseño de un horno de cubilote.

100 Kg/hr de producción y con un sólo orificio, se requiere el tipo T-1-C.

Tipo T-1 -C

$$A = 125 \text{ mm}$$

$$D = 25 \text{ mm}$$

Para este tipo de orificio la pendiente de la cama de arena es de 1:12 (Fig.23).

La altura de la piqueta es idéntica al ϕ del orificio

$$\therefore h_{\text{piqueta}} = 25 \text{ mm.}$$

Tenemos que altura del ladrillo refractario = 229 mm.

$$A + D = (125+25) \text{ mm} = 150 \text{ mm.}$$

$$(150 + 25) \text{ mm, altura de -}$$

la piqueta 175 mm. + altura del chafan = 16 milímetros

$$\Rightarrow (175 + 16) \text{ mm} =$$

191 mm \therefore altura de la cama de arena = $h_{\text{C.a.}} = h_{\text{i.r.}}$

$$= 191 \text{ mm.}$$

$$h_{\text{C.a.}} = (229 - 191) \text{ mm} =$$

$$= 38 \text{ mm.}$$

Comprobando la pendiente \Rightarrow

$$(38 - 25) \text{ mm} = 13 \text{ mm} \therefore \text{la}$$

pendiente será 1:13, es muy aproximada, por lo tanto -- los resultados son correctos.

Del mismo modo la altura desde la base de la puerta -- del fondo hasta el centro de las toberas es de:

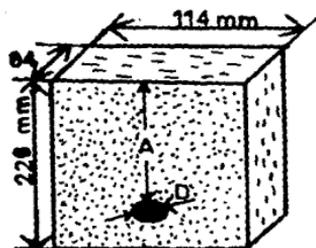


Fig.22.- Muestra el tipo de orificio de sangrado T-1-C.

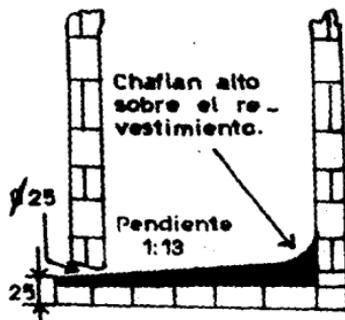
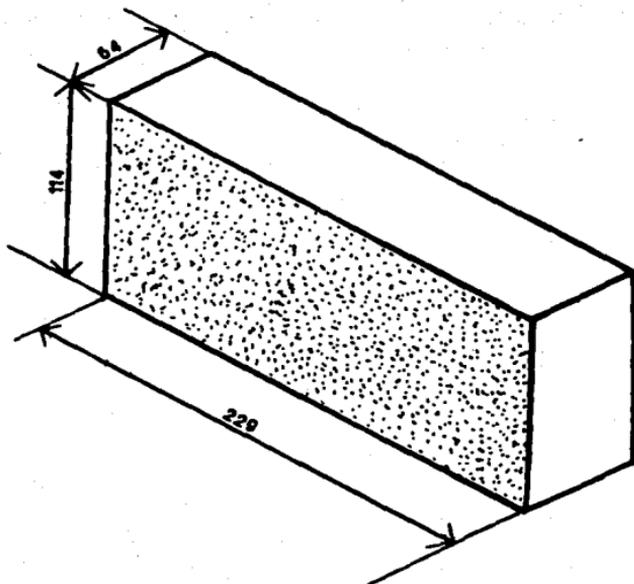


Fig.23.-Detalle del chafan y pendiente del crisol. Acot en mm.



Escala	FES—CUAUTILAN	20 NOV 87	Reviso:
	<p>Fig.. 22. Se muestra la colocacion del ladrillo rectangular que portara el orificio de sangrado.</p>		<p>Diseño de un horno de cubitos</p>
Acot: mm			

$$h_p \text{ a } T = \underline{238 \text{ mm}}$$

..... (8a) (Fig.24)

- 9) Cálculo del volumen del hierro en el Crisol.

Se sabe que el Fe líquido ocupa el 40% del volumen del crisol y el crisol debe contener el equivalente a 15 - Kg de Fe sólido.

Datos:

$$\text{de (5)} \Rightarrow \text{Vol.}_T \text{ del crisol} = 5.85 \text{ dm}^3$$

$$\Rightarrow \text{Vol. Fe} = \text{Vol.}_T / C \times 40\%, \text{ Sustituyendo tenemos:}$$

$$\text{Vol. Fe} = 5.85 \text{ dm}^3 \times 0.40 = \underline{2.34 \text{ dm}^3}$$

..... (9)

- 10) Cálculo del volumen del coque en el crisol.

Sabemos que $\text{Vol.}_T / \text{crisol} = \text{Vol. Fe} + \text{Vol. coque}, \therefore$

Datos:

$$\text{Vol.}_T / C = 5.85 \text{ dm}^3$$

Despejando, tenemos:

$$\text{Vol. Fe.} = 2.34 \text{ dm}^3$$

$$\text{Vol. coque} = \text{Vol.}_T / C - \text{Vol. Fe.}$$

Sustituyendo valores \Rightarrow

$$\text{Vol. coque} = (5.85 - 2.34) \text{ dm}^3 = \underline{3.51 \text{ dm}^3}$$

..... (10)

\therefore el coque ocupa el 60% del volumen total del crisol.

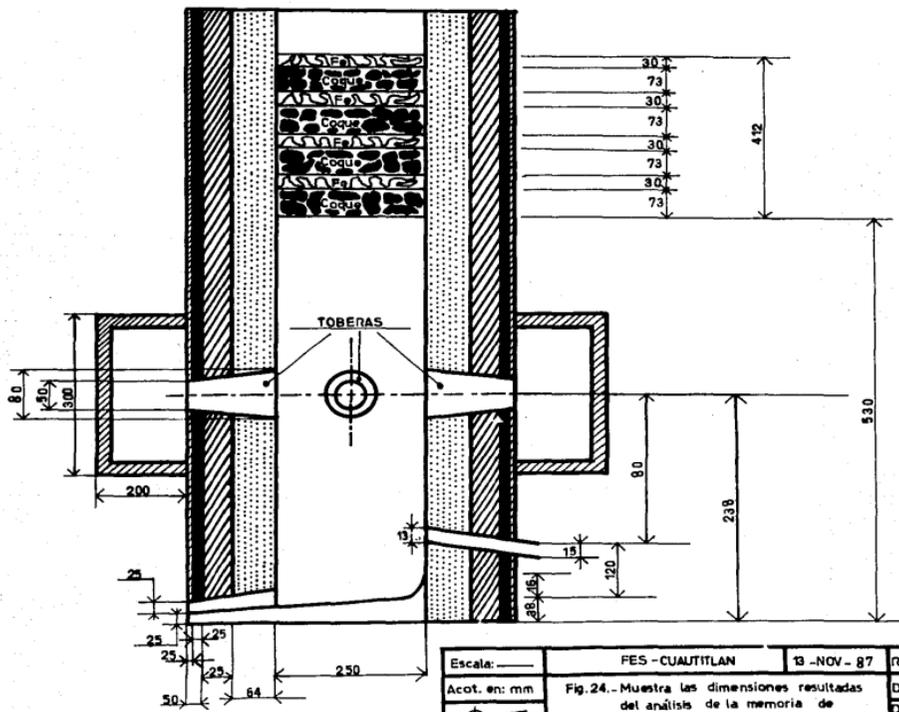
Comprobando:

$$\frac{\text{Vol. coque}}{\text{Vol.}_T / C} = \frac{3.51 \text{ dm}^3}{5.85 \text{ dm}^3} = 0.6 = \underline{60\%}$$

..... (10b)

- 11) Cálculo de la carga del Coque.

Sabemos que el peso de la carga de coque en cubilotes-pequeños es de 1 a 4, 1 a 5, y de 1 a 6 del peso de la



Escala: _____	FES - CUAUTITLAN	13 - NOV - 87	Reviso:
Acot. en: mm	Fig. 24.- Muestra las dimensiones resultadas del análisis de la memoria de cálculo.		Diseño de un horno de cubilote.
			

carga de Fe,

Datos:

de (2) \Rightarrow Carga de metal fundido = 7.5 Kg.

Escogiendo una relación intermedia de 1 a 5 tenemos;

Peso carga del coque = $\frac{\text{Peso carga de metal}}{5}$,

Sustituyendo, tenemos;

Peso carga de coque = $\frac{7.5 \text{ Kg}}{5} = 1.5 \text{ Kg p/c}$

\therefore Peso carga de coque = 1.5 Kg. (11.)

12) Cálculo del tamaño del coque.

Se tiene una fórmula empírica, para la solución de este dato, en la cual relaciona el diámetro del cubilote, entre 7.

$\therefore \phi \text{ coque} = \frac{\phi \text{ cubilote}}{7} = \frac{250 \text{ mm}}{7} = \underline{35.71 \text{ mm}} \dots \Rightarrow$

Como es casi imposible hacer pedacería de esa medida, se tomará un intervalo entre 30 y 40 mm.

\therefore el tamaño del coque estará en un rango de 30 a 40 mm

$\phi \text{ coque} = \underline{30 \text{ a } 40 \text{ mm.}}$

..... (12.)

13) Cálculo de la altura de la cama de coque.

Usando una tabla de comparación (Tabla 5) 14/, tenemos que un horno con ϕ int. = 940 mm. tiene una altura de cama de 2 mts. usando una regla de tres.

$$\begin{array}{l} 940 \text{ mm.} = 2 \text{ mts.} \\ 250 \text{ mm.} = x \end{array} \quad x = \frac{(2 \text{ mts}) (250 \text{ mm})}{940 \text{ mm}} = 0.531 \text{ mts.}$$

14. SHUMAN, op. cit., Tabla 5, pág. 136.

$$\therefore \text{ la altura de la cama de coque} = 0.531 \text{ m/s} \times \frac{1000 \text{ mm}}{1 \text{ mt}}$$

$$\Rightarrow H_{C/C} = \underline{531 \text{ mm.}}$$

..... (13) (Fig.27)

14) Cálculo del volumen de la cama de coque.

Datos:

$$\text{de 13} = \text{altura cama de coque } 531 \text{ mm} = 5.31 \text{ dm}$$

$$A = \pi \times r^2 = \pi \times (1.25 \text{ dm})^2$$

Sustituyendo:

$$\text{Volumen cama de coque} = (5.31 \text{ dm}) (4.91 \text{ dm}^2) =$$

$$\text{Vol.}_{C/C} = \underline{26 \text{ dm}^3} \quad \text{..... (14)}$$

15) Cálculo del peso de la cama del coque.

Tenemos que el volumen de la cama de coque es igual a la relación $\text{Vol.}_{C/C} = \frac{1}{\rho} \times \text{carga}$, despejando tenemos que;

$$\text{carga} = \text{Vol.}_{C/C} \frac{\text{densidad}}{1}$$

Datos:

$$\rho = \text{densidad} = 0.420 \text{ Kg/dm}^3$$

$$\text{de 14} = \text{Vol.}_{C/C} = 26 \text{ dm}^3 \quad \text{Sustituyendo} \Rightarrow$$

$$\text{Peso cama de coque} = 26 \text{ dm}^3 \times \frac{0.420 \text{ Kg}}{1 \text{ dm}^3} = 10.92 \approx 11 \text{ Kg}$$

$$\therefore P_{C/C} = \underline{11 \text{ Kg.}} \quad \text{..... (15)}$$

16) Cálculo de la altura de cada carga de coque.

Datos:

$$\text{de 11 peso del coque por carga} = 1.5 \text{ kg.}$$

$$\text{para 4 cargas tenemos } (4 \times 1.5 \text{ Kg}) = 6 \text{ Kg.}$$

$$= \text{Vol. } C/C = \frac{1}{\rho} \times \text{Carga, sustituyendo;}$$

$$\text{Vol} = \frac{1 \text{ mt}^3}{420 \text{ Kg}} \times 6 \text{ Kg}$$

$$\therefore \text{Vol} = 0.0143 \text{ mts}^3 = \text{Vol} = 14.3 \text{ dm}^3$$

$$\text{Sabemos que Vol} = A \cdot h, \text{ despejando } h = \frac{\text{Vol.}}{A}$$

Datos:

$$\text{Vol.} = 14.3 \text{ dm}^3$$

$$A = 4.91 \text{ dm}^2$$

Sustituyendo tenemos:

$$\text{Alturas de las cargas de coque} = \frac{14.3 \text{ dm}^3}{4.91 \text{ dm}^2} = 2.9 \text{ dm.}$$

..... 16a.

$$\text{Altura por cada carga de coque} = 2.9 \text{ dm} / 4 \text{ cargas} = 0.728 \text{ dm.}$$

$$\therefore H_{\text{carga de coque}} = \underline{7.3 \text{ cm.}}$$

..... 16b.

Como el coque tiene una forma irregular, la altura de cada carga estará en un rango de:

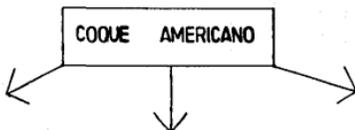
$$H_{\text{carga coque}} = \underline{70 \text{ a } 75 \text{ mm.}}$$

..... 16c.

17) Tablas de comparación de calidad del coque Americano y coque Nacional.

Anteriormente se hablaba de la calidad del coque Americano respecto al Nacional, es por ésto que ha continuación se muestran unas tablas donde se dan porcentajes de las propiedades más importantes de estos dos productos, teniendo así una visión más clara del combustible que se usará en el proceso de fundición. (Los datos que a continuación se muestran fueron proporcionados por Coke Industriales, S.A.,

	Dureza	Porosidad	Humedad	Material Volátil	Ceniza	Carbono Fijo	Fósforo	Azufre	Gratito	Propiedades Térmicas	Poder Calorífico	Combustibilidad
COKE INDUSTRIALES S.A.	91 %/o	15 %/o	5 %/o	64 %/o	9 %/o	85 %/o	5 %/o	5 %/o	5 %/o	78 %/o	88 %/o	87 %/o
AMALGAMA S.A.	90 %/o	15 %/o	5 %/o	50 %/o	10 %/o	86 %/o	5 %/o	3 %/o	5 %/o	80 %/o	90 %/o	88 %/o
EMPIRE COKE MEXICANA S.A.	57 %/o	13 %/o	4 %/o	57 %/o	13 %/o	84 %/o	6 %/o	4 %/o	5 %/o	80 %/o	97 %/o	88 %/o



COKE INDUSTRIALES S.A.	70 %/o	9 %/o	2 %/o	30 %/o	2 %/o	91 %/o	3 %/o	2 %/o	3 %/o	97 %/o	97 %/o	95 %/o
AMALGAMA S.A.	73 %/o	7 %/o	5 %/o	27 %/o	2 %/o	83 %/o	2 %/o	2 %/o	3 %/o	97 %/o	92 %/o	95 %/o
EMPIRE COKE MEXICANA S.A.	70 %/o	5 %/o	3 %/o	30 %/o	5 %/o	82 %/o	3 %/o	2 %/o	3 %/o	90 %/o	99 %/o	97 %/o

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN U.N.A.M.			
Sin Escala	Sin Acotación	Fecha: 15 - NOV - 87	Reviso:
		Tabla 1. Porcentajes de las propiedades más importantes del coque Nacional y Americano.	Dibujo: GFEP e H/CB Diseño de un horno de Cubilote
U.S.H.			

Amalgama, S.A. de C.V., y Empire Coke Mexicana, S.A.). (Tabla 1).

También se debe mencionar que una de las características principales del consumo del coque es que depende de la cantidad de carbono contenido, el tamaño y el grosor de la pieza y por lo tanto se necesita un tipo de coque, según el material a fundir.

18) Cálculo del Consumo de coque.

De las tablas anteriores tenemos los siguientes resultados.

Datos:

Para 4 cargas tenemos 6 Kg de coque de 16

∴ Con coque Nacional se consumirá el 85% o sea, se aprovecharán 5.1 Kg de coque y 0.9 quedará de escoria.

Con coque Americano se consumirá el 92% o sea, se aprovechará 5.52 Kg de coque y 0.48 quedará de escoria.

$$\Rightarrow \text{Consumo coque Nacional} = \underline{85\%} \quad \dots \quad \textcircled{18a}$$

$$\Rightarrow \text{Consumo coque Americano} = \underline{92\%} \quad \dots \quad \textcircled{18b}$$

19) Cálculo de la altura de cada carga de chatarra (Fe).

Datos:

Peso del hierro por carga = 7.5 Kg de 2

Densidad supuesta de la chatarra (7.2 Kg/dm³) x 70%

$$\Rightarrow \rho_s \text{ chat.} = 7.2 \text{ Kg/dm}^3 (0.70) = \underline{5.04 \text{ Kg/dm}^3}$$

$$V = \frac{1}{\rho_s} \times \text{carga} = \frac{1 \text{ dm}^3}{5.04 \text{ Kg}} \times 7.5 \text{ Kg} = 1.48 \text{ dm}^3 \approx 1.5 \text{ dm}^3$$

$$\Rightarrow V = A \cdot h, \text{ despejando } h = \frac{V}{A}, \text{ donde } A = \pi(r)^2,$$

$$\text{sustituyendo: } h = \frac{1.5 \text{ dm}^3}{4.91 \text{ dm}^2} = h = 0.305 \text{ dm}$$

∴ altura de cada carga de hierro = $\frac{30 \text{ mm.}}{\dots\dots}$ (19.)

20) Cálculo del peso de la caliza por carga.

Se tiene una relación de 10 a 20 Kg de piedra caliza - por 1 Ton. de metal.

Realizando una regla de tres tenemos:

Escogemos un porcentaje central = 15 Kg

15 Kg = 1 Ton.

x = 0.03 Ton.

$$x = \frac{(15 \text{ Kg}) (0.03 \text{ Tón})}{1 \text{ Tón}} = 0.45 \text{ Kg}$$

∴ Peso caliza por carga = $\frac{0.45 \text{ Kg.}}{\dots\dots}$ (20.)

21) Cálculo del peso del espato flúor por carga.

"Tenemos una relación o se sabe que se carga de 4 a 6-kilogramos de espato flúor por cada tonelada de producción, según el resultado de obtención de la escoria, - en pruebas físicas". 15/

Escogiendo un rango intermedio tenemos:

5 Kg = 1 Ton.

x = 0.03 Ton.

$$x = \frac{(5 \text{ Kg}) (0.03 \text{ Tón})}{1 \text{ Ton}} = 0.15 \text{ Kg.}$$

∴ Peso del espato flúor por carga = $\frac{0.15 \text{ Kg.}}{\dots\dots}$ (21.)

22) Cálculo del consumo de aire.

Si para 1 m^2 se necesitan $18 \text{ m}^3/\text{min}$ de aire, tenemos:

Datos:

$$A_{\text{cubilote}} = \pi \times (125 \text{ mm})^2 = 49,087.5 \text{ mm}^2$$

¹⁵ SHUMAN, op. cit., págs. 147-148.

$$\Rightarrow 49,087.5 \text{ mm}^2 \times \frac{1 \text{ m}^2}{1 \times 10^6 \text{ mm}^2} = 0.05 \text{ m}^2$$

Relacionando:

$$\begin{aligned} 1 \text{ m}^2 &= 18 \text{ m}^3 / \text{min} \\ 0.05 \text{ m}^2 &= x \end{aligned} \quad x = \frac{(0.05 \text{ m}^2)(18 \text{ m}^3)}{1 \text{ m}^2} \times \frac{60 \text{ min.}}{1 \text{ hr}}$$

$$\therefore \text{Aire Total} = \underline{54 \text{ m}^3/\text{hr.}}$$

..... (22.)

23) Cálculo de las pérdidas y aire útil.

Se estima un rango entre 15 y 20% de pérdidas.

Escogemos un porcentaje medio 17%

$$54 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.17 = 9.18 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\Rightarrow \text{Pérdida de aire} = \underline{9.18 \text{ m}^3/\text{hr.}}$$

..... (23a)

$$\text{Aire útil} = (54 - 9.18) \text{ m}^3/\text{hr.} = 44.82 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\therefore \text{Aire útil} = \underline{45 \text{ m}^3/\text{hr.}}$$

..... (23b)

24) Cálculo del diámetro del ducto de aire.

Tenemos una relación entre el área de las cajas de toberas con respecto al ducto, o sea;

$$\text{Area del ducto} = \frac{\text{Area de la caja de toberas (cm}^2\text{)}}{2.5}$$

Datos:

$$\text{Area de toberas} = 83.93 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow \text{Area del ducto de aire} = \frac{83.93 \text{ cm}^2}{2.5} \Rightarrow$$

$$\therefore \text{A.D.A.} = \underline{33.6 \text{ cm}^2}$$

..... (24a)

$$\text{Sabemos que } A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (d^2) \quad \text{Despejando } d = \sqrt{\frac{4}{\pi} A}$$

Sustituyendo:

$$d = \sqrt{33.6 \left(\frac{4}{91}\right)} \Rightarrow d = 6.54 \text{ cm.}$$

$$d = 6.54 \text{ cm} \times \frac{10 \text{ m/m}}{1 \text{ c/m}} \times \frac{1 \text{ in}}{25 \text{ m/m}} \Rightarrow d = 2.6 \text{ in}$$

Como no existe ese diámetro comercialmente, subiremos al próximo:

$$\therefore \phi \text{ ducto de aire} = \underline{3 \text{ in}} \quad \dots \quad (24b)$$

- 25) Cálculo del diámetro de la caja de vientos.

Tenemos que ϕ caja = (ϕ horno + ϕ revestimiento + ... ϕ coraza + 30 al 40%).

Con un porcentaje de 37% tenemos:

$$\begin{aligned} \phi \text{ caja} &= (250 + 128 + 150 + 0.55) \text{ mm} + (37\%) \\ &= 528.55 \times .37 = 195.56 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm (Fig. 24)} \end{aligned}$$

$$\therefore \phi \text{ caja} = 528.55 \text{ mm} + 200 \text{ mm} = \underline{728.55 \text{ mm.}}$$

..... (25)

- 26) Cálculo de la altura de la caja de vientos.

Tenemos una relación donde se especifica que la altura desde el orificio de escoriado al centro de las toberas es igual al 27% de la altura de la caja de vientos.

Datos:

Altura del orificio al centro de las toberas = 80 mm

$$\begin{aligned} \therefore 80 \text{ mm} &= 27\% \\ x &= 100\% \quad x = \frac{80 \text{ mm}}{0.27} = 296 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \text{Altura de la caja de vientos} \approx \underline{300 \text{ mm.}}$$

..... (26)

- 27) Selección del equipo de soplado.

Con los datos anteriores podemos seleccionar un equipo

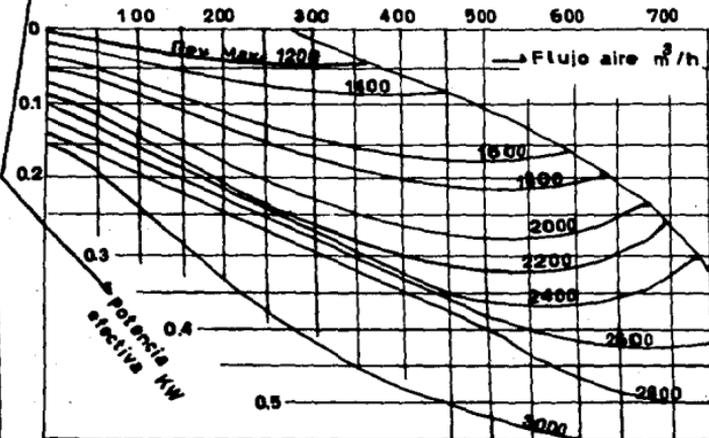
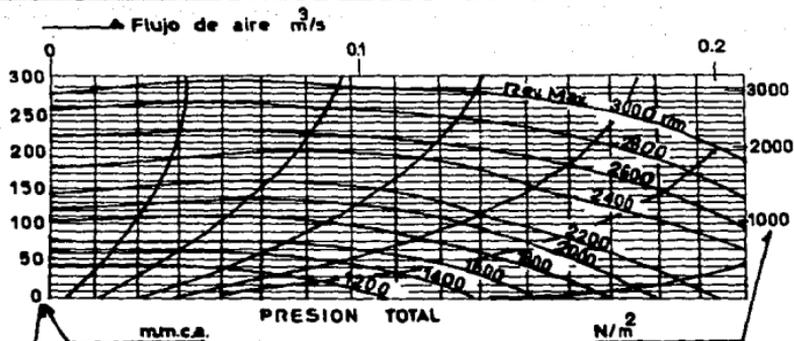


Diagrama del rendimiento de los ventiladores HBBB - 3

Escala

FES -CUAUTITLAN

17-NOV-87

Reviso:



Tabla 2.- Muestra un diagrama de capacidad que corresponde a gas con una densidad de 1.2 Kg/cm^3 .

Dibujó: Gy A

Diseño de un horno de cubilote.

adecuado de soplado. Este debe de estar regido por la capacidad de aire entregado por hora o por segundo y - la forma de entrega, así pues tenemos los siguientes - datos.

Datos:

Aire utilizado = $45 \text{ m}^3/\text{hr}$

\emptyset ducto de aire = 3 in

Volumen de la caja de vientos $\Rightarrow V = A \times h$

$$A = \pi \times r^2 \Rightarrow A = \pi \left(\frac{728.55 \text{ mm}}{2} \right)^2 = 416,877.64 \text{ mm}^2$$

Sustituyendo:

$$V = (416,877.64 \text{ mm}^2) (300 \text{ mm}) = 125'063,292 \text{ mm}^3$$

$$V = 0.1250 \text{ mts.}^3$$

De tablas proporcionadas por Ventiladores "Fläkt" tenemos: (Tabla 2).

a) Tipo de Ventilador = HBBB - 3 - 010 - 6 - 1 - 6

Donde:

HBBB-3 = Ventilador centrífugo de 1 pza, con aspas curvas hacia atrás. (Rodete).

010 = Tamaño, cuyas características podemos observar en la figura 25.

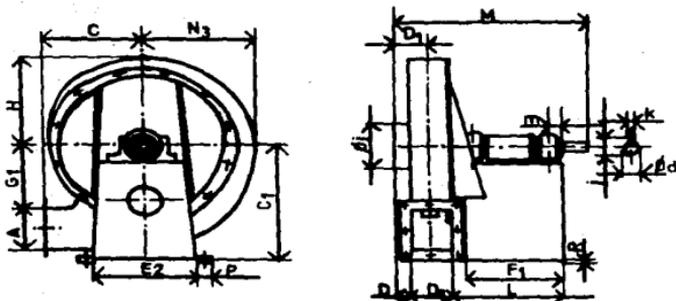
6 = Forma de giro derecha o izquierda cuyas aspas son reforzadas contra abrasión. forma de giro es 6 = izquierda.

1 = Dirección de descarga = 0°

6 = Sin disco de enfriamiento, con grasera, reforzado para altas revoluciones ($< 100^\circ\text{C}$).

b) r.p.m. = 5500 Max.

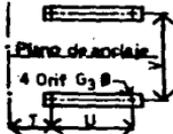
c) Capacidad de manejo = $700 \text{ m}^3/\text{hr. Max.}$



Brida de entrada



Brida de salida



DIMENSIONES — TAMAÑO 010

A = 100 mm	F = 103 mm	N ₂ = 4mm	M = 480 mm
B = 75 mm	G ₁ = 185 mm	N ₃ = 270 mm	T = 92,5 mm
C = 240 mm	G ₂ = 9,5 mm	P = 40 mm	U = 210 mm
TAMAÑO 010 = 330 mm	G ₃ = 15 mm	R = 5 mm	
D = 50 mm	H = 255 mm	V = 230 mm	
D ₁ = 87,5 mm	H ₁ = 25 mm	d = 25 j 6 mm	
E = 64 mm	J = 105 mm	i = 28 mm	
E ₁ = 134 mm	N = 2 mm	k = 8 mm	
E ₂ = 205 mm	N ₁ = 1 mm	m = 60 mm	
		F ₁ = 260 mm	
		L = 290 mm	

Escala

FES—CUAUTITLAN

17—NOV—67

reviso:



Fig.25

Ventilador HBBB—3 (Dimensiones y Características).

Dibujo: Gy A

Diseño de un
horno de
cubilote.

d) Número de catálogo = 7034 - 0198 - 03 - 01

Motor del Ventilador (características):

- Motor SIEMENS eléctrico Trifásico cerrado.
- Diseño NEMA B
- Aislamiento clase B
- Timp 1LA 2 Q - 45 o 2YK30
- Armadura 1451
- Serie 28108923
- C.P. = 2 - 50 c.p.s. a 60 c.p.s.
- r.p.m. 2850 a 3420
- Volts 220/440
- Amperes 6/3 a 5.5/2.25.

TABLA DE DATOS

<u>CONCEPTO</u>	<u>RESULTADO</u>
1. Diámetro del horno	250 mm
2. Número de sangrías	4/hr
3. Producción	30 Kg/hr
4. Peso de la carga del metal fundido.	7.5 Kg/col.
5. Número de toberas	4
6. Sección de las toberas	21 cm ²
7. Altura del crisol	120 mm
8. Altura de las toberas	200 mm
9. Ø orificio de escoria	Adentro 13 mm Afuera- 15 mm
10. Ø orificio de sangrado.....	25 mm
11. Altura de la piqueta	25 mm
12. Altura del chaflán	16 mm
13. Altura cama de arena	38 mm
14. Pendiente de la cama de arena	1:13

CONCEPTO	RESULTADO
15. Volumen del hierro en el crisol (40%)	2.34 dm ³
16. Volumen del coque en el crisol (60%)	3.51 dm ³
17. Peso carga de coque.....	1.5 Kg.
18. Tamaño del coque.	30 a 40 mm.
19. Altura cama de coque.....	531 mm.
20. Volumen cama de coque.	26 dm ³
21. Peso cama de coque	11 Kg.
22. Altura carga de coque.	70 a 75 mm.
23. Coque consumo.	6 Kg/hr
24. Consumo de carbono coque Nal. (85%)	5.1 Kg/hr
25. Consumo de carbono coque Americ.(92%)	5.52 Kg/hr
26. Altura carga de Fe	30 mm.
27. Peso caliza por carga.	0.45 Kg.
28. Peso espato fíldor por carga.	0.15 Kg.
29. Consumo de aire.	54 m ³ /hr
30. Pérdida de aire (17%)	9.18 m ³ /hr
31. Aire útil.	45 m ³ /hr
32. Ø ducto de aire.	7.5 mm.
33. Ø caja de vientos.	728.55 mm.
34. Altura caja de vientos.	300 mm.
35. Altura coraza del horno.	1850 mm.

Con estos valores podemos realizar ciertos cálculos referentes al equilibrio térmico dentro del horno y al calor-

aportado.

CALOR APORTADO

I VALOR CALORIFICO DEL COQUE.

Peso del coque (Kg/hr)	6 Kg.
Carbono fijo (coque Nacional)	85 %
Peso del carbono fijo (6 Kg/hr x 0.85)	5.1 Kg/hr.
Calor de la combustión de 1 Kg. de C a CO ₂	8.090 cal.
Poder calorífico 5.1 Kg/hr x 8.090 cal/Kg.	<u>41.26 cal/hr.</u>

II CALOR DESARROLLADO POR LA COMBUSTION DEL COQUE.

a) Análisis de los gases de salida. (No tiene en cuenta el CO₂ de la caliza). Datos practicos.

CO ₂	14 %
CO	11.6 %
N ₂	74.4 %

$$\Rightarrow C_{CO_2} = \frac{14\%}{14 + 11.6\%} = 0.547$$

$$\Rightarrow C_{CO} = \frac{11.6\%}{14 + 11.6\%} = 0.453$$

b) Fracciones de 1 Kg quemadas a CO₂ y CO.

C	CO ₂	0.547 Kg.
C	CO	0.453 Kg.

c) Calor desarrollado por la combustión de 1 Kg. de C.

C	CO ₂	8.09 cal/Kg x 0.57 Kg = 4.4 cal.
C	CO ₂	8.09 cal/Kg x 0.453 Kg = <u>3.6 cal.</u>
		Total: <u>8.0 cal.</u>

d) Calor desarrollado.

$$\text{CO}_2 = 5.1 \text{ Kg/hr} \times 4.4 \text{ cal/Kg} = 22.44 \text{ cal.}$$

$$\text{CO} = 5.1 \text{ Kg/hr} \times 3.6 \text{ cal/Kg} = \underline{18.36 \text{ cal.}}$$

$$\text{Total: } \underline{40.80 \text{ cal.}}$$

III CALOR DESARROLLADO POR LA OXIDACION DEL SILICIO Y MANGANESO.

a) Oxidación del silicio.

$$\text{Peso bruto} \dots\dots\dots 0.056 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso neto} \dots\dots\dots 0.049 \text{ Kg}$$

$$\text{Pérdida (hr)} \dots\dots\dots 0.007 \text{ kg/hr.}$$

b). Calor producido por la oxidación del silicio.

$$\text{Calor de formación del SiO}_2 = 202.61 \text{ cal/gr mol.}$$

$$202.61 \text{ cal}/0.056 \text{ Kg} = 3618.03 \text{ cal/Kg.}$$

$$3618.03 \times 0.007 \text{ Kg/hr} \times \text{cal/Kg} = \underline{25.32 \text{ cal/hr.}}$$

c) Oxidación del manganeso.

$$\text{Peso bruto} \dots\dots\dots 1.73 \text{ Kg.}$$

$$\text{Peso neto} \dots\dots\dots 1.56 \text{ Kg.}$$

$$\text{Pérdidas por hora} \dots\dots\dots 0.166 \text{ Kg/hr.}$$

d) Calor producido por la oxidación del manganeso.

$$\text{Calor de formación del Mn} \dots\dots 96.500 \text{ cal/gr mol.}$$

$$96.5 \text{ cal}/1.73 \text{ Kg} = 55.78 \text{ cal/Kg.}$$

$$55.78 \text{ cal/Kg} \times 0.166 \text{ Kg/Hr} = \underline{9.26 \text{ cal/hr.}}$$

IV CALOR TOTAL APORTADO POR HORA.

Combustión del coque.

CO ₂	.....	22.44 cal.
CO	.....	<u>18.36 cal.</u>
	Total:	40.80 cal.

Oxidación de los elementos.

SiO ₂	.....	25.32 cal.
MnO	.....	<u>9.26 cal.</u>
	Total:	34.58 cal.

Calor aportado total = (40.80 + 34.58) cal = 75.38 cal

EMPLEO DEL CALOR

I FUSION Y CALENTAMIENTO DEL HIERRO HASTA LA TEMPERATURA DE COLADA.

a) En estado sólido.

Peso del hierro fundido por hora.	.....	30 Kg.
Temperatura del hierro cargado.	.....	20°C
Temperatura de fusión.	.....	1,200°C
Diferencia de temperatura.	.....	1,180°C
Color específico del hierro.	.....	0.2 cal
Calor absorbido = 30 Kg x 1,180°C x 0.2 cal.		
Calor absorbido.	.....	7,080 cal

b) Durante la fusión.

Calor de fusión.	.....	65 cal
Calor absorbido = 30 Kg x 65 cal.	.....	1,950 cal

c) En estado líquido.

Máxima temperatura.	1,580°C
---------------------	-------	---------

Temperatura de fusión.	1,200°C
Diferencia de temperatura.....	380°C
Calor específico del hierro.....	0.2 cal.
Calor absorbido = (30 Kg x 380°C x 0.2 cal)	
Calor absorbido.	2,280 cal.

d) Calor total absorbido por el hierro.

En estado sólido.	37,760 cal.
Durante la fusión.	10,400 cal.
En estado líquido.	<u>12,160 cal.</u>
Total:	<u>60,320 cal.</u>

II CALCINACION DE LA CALIZA.

a) Peso de la caliza.	0.45 Kg.
Peso de la piedra.	100 Kg.
CO ₃ Ca.	97.15 %
Peso de CO ₃ Ca = (100 Kg x 0.9715) =	97.15 Kg.
Peso de la Carga = (0.45 Kg x 0.9715) =	0.437 Kg/hr.

b) Calor requerido.

Calor de descomposición del CO ₃ Ca.	438 cal.
Calor requerido total = (438 cal/Kg x 0.437 Kg/hr)	
Calor total.	<u>191.41 cal.</u>

III FORMACION Y FUSION DE LA ESCORIA.

a) Peso de la escoria producida.

Caliza cargada.	0.45 Kg/hr.
CO ₃ Ca cargado.	0.437 Kg/hr.
CaO cargado. ...CaO en CO ₃ Ca =	56 %
CaO cargado.	0.24 Kg/hr.
(0.56 x 0.437 Kg/hr) =	0.24 Kg/hr.
CaO en la escoria.	20.52 %
Escoria formada = (0.24 Kg/hr x 0.2052)	0.05 Kg/hr.

b) Calor requerido.

La reacción de la escoria puede ser:



Calor de formación

$$3 \times 151,700 + 380,000 + 2 \times 202.610 = 1'292,000 \text{ cal. gr.mol.}$$

Calor de reacción.

$$1'191,000 - 1'240,300 = 51,700 \text{ cal.}$$

$$51,700/100 = 517 \text{ cal/Kg de CO}_3\text{Ca}$$

$$\text{Calor de descomposición del CO}_3\text{Ca} = -438 \text{ cal/Kg.}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor útil de la reacción de la escoria} &= \\ &= 79 \text{ cal/Kg de CO}_3\text{Ca.} \end{aligned}$$

Suponiendo que la escoria alcanza la misma temperatura que el hierro (1,580°C) y, que la temperatura de carga es de 20°C, el calor necesario para la fusión y calentamiento es:

$$0.05 \text{ Kg/hr} \times 0.2 \text{ cal (calor específico del hierro)} \times 1,180^\circ\text{C (diferencia de temperatura)} = 11.8 \text{ cal.}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor útil} &= 0.473 \text{ Kg/hr (CO}_3\text{Ca cargado)} \times 79 \text{ cal/Kg} \\ &= 37.367 \text{ cal.} \end{aligned}$$

$$\text{Calor aportado o que hay que aportar} = \underline{49.167} \text{ cal.}$$

$$o = 49.167/0.05 = 9,833.4 \text{ cal/Kg de escoria.}$$

IV DESCOMPOSICION DE LA HUMEDAD DEL AIRE SOPLADO.

a) Volumen de aire soplado.	54 m ³ /hr.
Volumen de aire empleado.	45 m ³ /hr.
Merma.	9.18 m ³ /hr.

b) Humedad en 1 m. de aire soplado.

$$\text{Temperatura seca. } 20^\circ\text{C}$$

Temperatura húmeda 12°C
 Barómetro. 583 mm de Hg.

Por el diagrama de Mollier, encontramos que 1 m³ de --
 aire contiene 8.8 gr/m³ de aire. Haciendo las correc-
 ciones necesarias, tenemos:

$$8.8 \text{ m}^3 \times \left(\frac{582 \text{ mm de Hg}}{760 \text{ mm de Hg}} \right) = 6.74 \text{ gr/m}^3$$

c) Humedad total en el aire soplado.

$$\Rightarrow 45 \text{ m}^3/\text{hr} \times 6.7 \frac{\text{gr}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ gr}} = 0.3015 \text{ Kg de --}$$

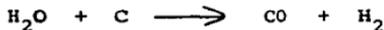
vapor de agua por hora.

c) Calor requerido.

Para formar 1 Kg de vapor de agua 29,893 cal.

$$\Rightarrow 0.3015 \text{ Kg v.a./hr} \times 29,893 \text{ cal.} = 9,012 \text{ cal.}$$

Puesto que en la descomposición de la humedad del aire
 soplado, por el carbono, se forma CO y H₂ según la --
 ecuación:



Calor de formación:

H ₂ O	68,318 cal/gr mol.
C	0 cal/gr mol.
CO	29,000 cal/gr mol.
H ₂	0 cal/gr mol.

Calor de reacción:

$$(68,318) - (29,000) = 39,318 \text{ cal/gr mol.}$$

Esta reacción es Endotérmica y, esta pérdida de calor se suple con la combustión del coque.

Suponiendo que los gases de salida contienen 14% de CO_2 y la eficacia de la combustión del coque es de 68.3%

Si la combustión es perfecta

1.5 Kg de C (Peso de la carga)..... 12,125 cal/gr mol.

Con el 68.3% de eficiencia tendremos:

12,125 cal/gr mol. x 0.683 = 8,281.375 cal/gr mol o sea

$\frac{8,281.375 \text{ cal/gr mol}}{1.5 \text{ Kg}} = 5,521 \text{ cal/gr mol.}$

El peso necesario de coque es:

$39,318 \text{ cal/gr mol} \times 1.5 \text{ Kg} / 5,521 \text{ cal/gr mol} = 10.68 \text{ Kg}$

Para descomponer 2.25 Kg de agua, se consumen 1.5 Kg - de carbón en la reacción y se necesitan 10.68 Kg de C, entonces, el total será de:

$10.68 \text{ Kg} + 1.5 \text{ Kg} = 12.18 \text{ Kg. de carbón.}$

El equivalente de calor requerido entonces es de:

$12.18 \text{ Kg} \times 5,521 \text{ cal/gr mol} = 67,245.78 \text{ cal.}$

$67,245.78 \text{ cal} / 2.25 \text{ Kg.} = 29,887.01 \text{ cal/Kg de agua.}$

$12.18 \text{ Kg} / 2.25 \text{ Kg} = 5.41 \text{ Kg de C/Kg de agua}$

5.41 Kg. de C / 85% del coque nacional =

$= 5.41 / .85 = 6.37 \text{ Kg de coque/Kg de agua.}$

V CALOR SENSIBLE DE LOS GASES DE SALIDA.

a) Volumen de los gases de salida.

Coque quemado. 6 Kg.

Carbono fijo (Nacional) 85 %

Peso del carbono quemado 5.1 Kg

Análisis de los gases.

CO ₂	.....	14%
CO	.....	11.6%
N ₂	.....	74.4%

Carbono en el CO ₂	.....	27.3%
Carbono en el CO	.....	42.9%

Peso por m³, en las condiciones normales.

CO ₂	.....	1.97 Kg.
CO	.....	1.25 Kg.

Peso del carbono en 1 m³ de CO₂ y CO.

CO ₂	.....	1.97 Kg x 0.273 = 0.53781 Kg/m ³
CO	.....	1.25 Kg x 0.429 = 0.53625 Kg/m ³

Volumen de CO₂ + CO en los gases de salida.

$$5.1 \text{ Kg} / 0.53781 \text{ Kg/m}^3 = 9.48 \text{ m}^3$$

$$5.1 \text{ Kg} / 0.53625 \text{ Kg/m}^3 = 9.51 \quad \Rightarrow \quad 9.49 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total} = 9.49 \text{ m}^3 / (14\% + 11.6\%) = 37.07 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{Volumen de N}_2 \quad \dots \quad 37.07 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.744 = 27.58 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

$$\text{Volumen de CO}_2 = 37.07 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.14 = 5.2 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

$$\text{Volumen de CO} = 37.07 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.116 = 4.30 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

Volumen de aire usado en la combustión.

$$\text{Nitrógeno en los gases de salida} \dots \dots \dots 1.378 \text{ m}^3$$

$$\text{Nitrógeno en el aire} \dots \dots \dots 79 \%$$

$$1.378 \text{ m}^3 / 0.79 = 1.744 \text{ m}^3$$

b) Calor sensible en cada gas.

Temperatura 350°C
 Calor específico del N₂ y CO 0.24 cal
 Volumen de N₂ + CO (27.58 + 4.30) m³ ⇒

$$= 31.88 \text{ m}^3.$$

$$\Rightarrow 31.88 \text{ m}^3 \times 0.24 \text{ cal} \times 350^\circ\text{C} = 2677.92 \text{ cal.}$$

Calor específico del CO₂ 0.19 cal

Volumen del CO₂ 5.2 m³

$$5.2 \text{ m}^3 \times 0.19 \times 350^\circ\text{C} = 345.8 \text{ cal.}$$

c) Calor sensible total en los gases de salida.

Co + N ₂	2,677.92 cal
CO ₂	<u>345.80 cal</u>
Total:	3,023.72 cal

RESUMEN

1. CALOR APORTADO 75.38 cal.
 2. EMPLEO DE CALOR..... 3,023.72 cal.
- TOTAL: 3,099.10 cal.

III.2 COSTOS.

Para construir el horno que se está proyectando, es necesario saber los costos de los materiales que se utilizarán en su construcción y en base a éstos se realizará un presupuesto, el cual fluctuará de acuerdo al aumento o "disminución" de los precios dentro del mercado, (dependiendo de la demanda de algunos productos).

Los costos investigados son los siguientes:

CONCEPTO	UNID.	CANT.	P.UNIT. (M.N.)	TOTAL (M.N.)
Lámina galvanizada calibre No. 12.	Kg.	21	18,000.00	378,000.00
Placa cuadrada de 10x80 cm. de $\frac{1}{2}$ in de espesor.	Kg.	10.40	16,000.00	166,400.00
Placa cuadrada de 80x80 de $\frac{1}{2}$ in de espesor.	Kg.	84	16,000.00	1'344,000.00
Placa cuadrada de 20x20 de $\frac{1}{2}$ in de espesor.	Kg.	5.20	16,000.00	83,200.00
Soldadura de 1/8 de in de \emptyset (6013)	Kg.	10	24,320.00	243,200.00
Solera de 1 in de espesor.	Kg.	5	12,000.00	60,000.00
Angulo de $1\frac{1}{2}$ x $1\frac{1}{2}$ in.	Kg.	30	7,525.00	225,750.00
Varilla de $\frac{1}{2}$ in de \emptyset .	Kg.	120	1,140.00	136,800.00
Tubo cuadrado de 2 in \emptyset .	Kg.	80	9,820.00	785,600.00
Taquetes expansi- vos de plomo de - 3 x 1 in de \emptyset .	Pza.	20	825.00	16,500.00
Tornillos de 3 in de long. x 1 in \emptyset	Pza.	20	500.00	10,000.00
Concreto premezcla do de 250 f's.	m ³	20	147,121.00	294,121.00

CONCEPTO	UNID.	CANT.	P.UNIT. (M.N.)	TOTAL (M.N.)
Mortero Refrac- tario.	Kg.	50	4,977.70	248,885.00
Lana mineral de 1 in de espesor.	ML.	50	36,000.00	180,000.00
Arena seca.	Kg.	100	7,500.00	750,000.00
Ladrillo refrac- tario Dobela - - Canto No. 3.	Pza.	300	1,150.00	345,000.00
Ladrillo refrac- tario rectangular.	Pza.	10	1,100.00	11,000.00
Tubo de Fo.Go. - de 2 in de Ø.	ML.	50	9,025.00	45,000.00
Polea de aluminio anodizada de 2 in de Ø.	Pza.	4	23,000.00	92,000.00
Manivela de acero para maquinaria - (normalizada).	Pza.	1	450,000.00	450,000.00
Tornillo de suje- ción de 1 x 1/8 in de Ø.	Pza.	3	175.00	525.00
Chaveta de acero (normalizada) No. 17 (1 ¹ / ₈ , 7/32, - 21/64, 7/32).	Pza.	2	16,000.00	32,000.00
Acero para maqui- naria bases de -- sostén de flecha.	Kg.	18	23,500.00	423,000.00

CONCEPTO	UNID.	CANT.	P.UNIT. (M.N.)	TOTAL (M.N.)
Flecha de acero de 1 in de Ø.	Kg.	6	12,275.00	73,650.00
Pernos de acero de ½ in de Ø x 3 in de long.	Pza.	4	10,000.00	40,000.00
Cable de acero de ½ in de Ø.	Kg.	18	17,025.00	306,000.00
Bisagras.	Pza.	4	2,500.00	10,000.00
Buje normalizado.	Pza.	2	5,500.00	11,000.00
Mirilla de cris- tal templado.	Pza.	4	175,000.00	700,000.00
Ventilador Flåkt Modelo HBBB-3-010- 6-1-6.	Pza.	1	1'250,000.00	1'250,000.00
Herramental (pique ra, mazo, pala, -- etc.).	Lote	1	300,000.00	300,000.00
Coque Americano.	Kg.	100	5,320.00	532,000.00
Piedra caliza.	Kg.	50	2,250.00	112,500.00
Espato Flådor.	Kg.	50	7,500.00	375,000.00
Ferrosilicio.	Kg.	50	8,100.00	405,000.00
Leña.	Kg.	100	600.00	60,000.00
Mechero	Pza.	1	65,000.00	65,000.00
Diesel.	Lto.	100	300.00	30,000.00
Pedacera de - monoblock.	Kg.	100	12,000.00	120,000.00
			TOTAL (M.N.):	10'711,131.70

El precio total no significa un gasto considerado, debido a que el horno nos proporcionará grandes ahorros en -- piezas pequeñas de maquinaria y herramientas y lo más importante, la proporción de prácticas adecuadas dentro de la -- Institución.

III.3 PROYECTO.

Se muestra a continuación el proyecto diseñado para -- una construcción adecuada, especificando los materiales más factibles y más económicos, tomando en cuenta la vida útil del horno.

Si algunos de los materiales aquí escogidos escasearán en el mercado, o tuviera una alza muy elevada de su costo -- dentro del mercado, consultar la Carta Matriz, con las posibles soluciones o sustituciones.

Especificaciones de construcción. -- Los pasos a seguir para la construcción del horno de cubilote, aquí referido, -- se establecen con un programa iniciando por la cimentación -- y con un avance de abajo hacia arriba.

- Acontecimiento de la cimentación. -- Después de un estudio adecuado del suelo y de sus propiedades, en referencia a la parte poniente del laboratorio de Máquinas y Herramientas del L.I.M.E. II, se llegó a lo siguiente:

a) Después de un estudio del suelo a grandes rasgos se -- llegó a la conclusión que la profundidad de la cimentación es de 15 cm, donde irán unas zapatas soldadas a los tubos -- cuadrados de 3 in x 3 in, (Fig. 32 detalle A).

b) Se instalará un emparrillado de varilla de $\frac{1}{2}$ in bien -- entrelazada y se rellenará el espacio con arena seca (esto con el fin de proteger a las zapatas del calor) y concreto-

reforzado, (Fig. 32 detalle B).

c) Después del tiempo requerido de secado completo del -- concreto, se instalarán otras zapatas atornilladas al concreto, las zapatas ahogadas y superficiales tienen una dimensión de 5 in x 5 in (Fig. 32 detalle C).

d) Los tubos cuadrados tendrán una altura de 1.15 cm. des de las zapatas de cimentación hasta la placa del fondo a la que irán soldados, estos tubos cuadrados de 3 in x 3 in -- irán armados con varilla de $\frac{1}{2}$ in y rellenos de concreto -- premezclado, ésto con el propósito de tener un soporte segu ro y eficiente. (Ver detalle D, Fig. 32).

e) La placa del fondo con dimensiones 80 x 80 cm. de $\frac{1}{2}$ in de espesor y en sí la base del horno, irá apoyada en los -- cuatro tubos cuadrados y se unirán mediante soldadura y pla cas atornilladas. (Fig. 26).

f) Las puertas del fondo irán colocadas a la placa, median te bisagras y unidas con un perno para su cierre, tendrán - forma semicircular formando las dos un diámetro de 250 mm., también hechas de placas de $\frac{1}{2}$ in. (Ver Nota).

g) El siguiente paso será la instalación del ladrillo re- fractario, colocando la parte frontal del dobela canto No.3 cuya medida $2\frac{1}{2}$ ", en la zona interior del horno (ver detalle Fig. 27) de tal manera que vayan quedando traslapados, ún- icamente el ladrillo que tendrá el orificio de sangrado será rectangular e irá colocado con la cara de 114 mm de frente, (Fig. 27), se reforzará con un cincho circular para ir dán- dolo forma y reforzamiento, en una altura de 1.85 mts., ten drá un cincho cada 50 cm. Este cincho será de solera de -- $\frac{1}{8}$ ".

h) Se reforzará con lana mineral, alrededor de la columna

de ladrillo refractario y se colocará la coraza de lámina galvanizada calibre 12, dejando una pulgada de separación - la cual se rellena de arena seca, todo esto con la finalidad de proteger la coraza y retener el calor de la fundición para obtener menos pérdidas de calor. (Fig. 32, detalle E).

i) Por supuesto antes de colocar la coraza se debe dejar la preparación del orificio de escoria y las toberas. Estas tendrán las medidas anteriormente señaladas y serán del mismo material que la coraza y la caja de vientos (alturas y dimensiones especificadas en la memoria de cálculo), llevarán unas compuertas rematadas con mirillas, las cuales nos serán útiles en la observación de la fundición y reparar algunos defectos que se ocasionen dentro del horno. (Fig. 28)

j) La caja de vientos tendrá alojadas las toberas y el ducto suministrador de aire, el cual penetrará tangencialmente, para tener una mayor penetración. (Detalle F, Fig.32)

k) El ducto tendrá un regulador (válvula) para poder suministrar así el aire requerido. Al mismo tiempo contará con una boquilla especial para la penetración de oxígeno, en el caso de que éste fuera usado en el proceso. (Fig. 29)

l) Como el tamaño del horno no permite la fabricación de una puerta de carga, éste se hará desde arriba del horno y se propone la fabricación de un andamio especial para facilitar el movimiento de carga. Esta construcción del andamio se realizará de acuerdo a las necesidades del operador.

m) Del mismo modo, la capucha o supresor de chispas tendrá un mecanismo compuesto por unas bisagras, de tal forma que ésta pueda moverse al instante de cargar el horno. (Ver Figura 30).

En rasgos muy generales se ha descrito la forma de - - construir el horno y aunado con ésto, se muestra a continuación el proyecto de construcción y el despiece del mismo.

Nota: Haciendo una referencia especial al mecanismo de cierre de las puertas del fondo, en el proyecto muestra una forma más adecuada, mediante un sistema de poleas fácil de manejar y adecuado para casos extremos de fallas y gran seguridad dentro de la hornada. (Fig. 31)

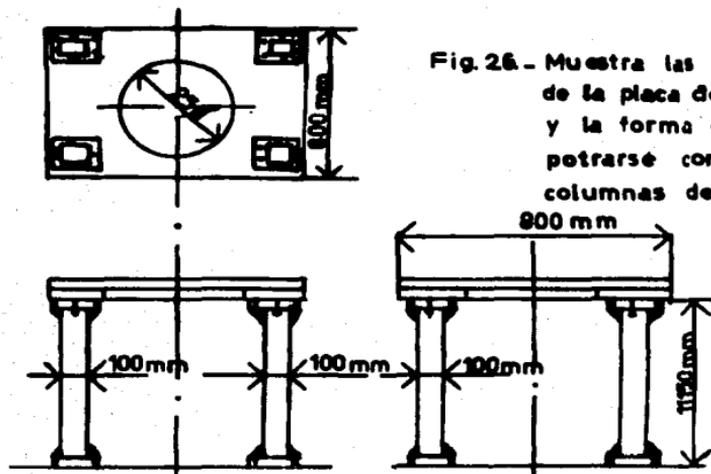
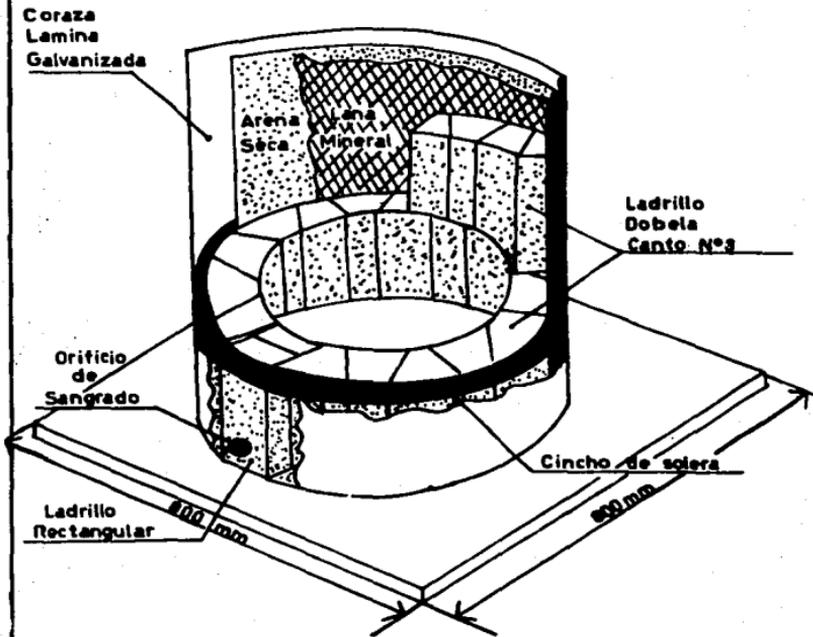


Fig. 26.- Muestra las vistas de la placa del fondo y la forma de em-
petrarse con las
columnas de apoyo.

DETALLE "E"



Escala



FES - CUAUTITLAN

22 - NOV - 07

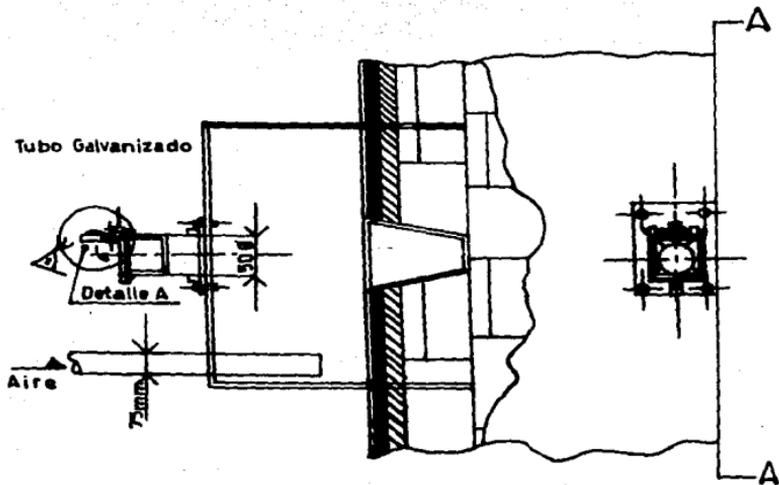
Reviso:

Fig. 27.- Se muestra un corte del horno apreciando las partes que componen el interior.

Dibujo: GYA

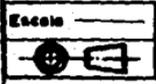
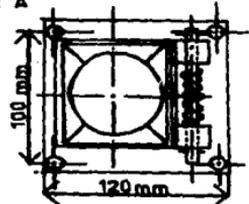
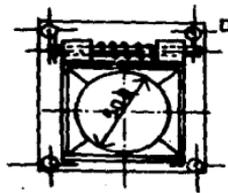
Diseño de un horno de subfondo

Tubo Galvanizado



Detalle A

DETALLE A



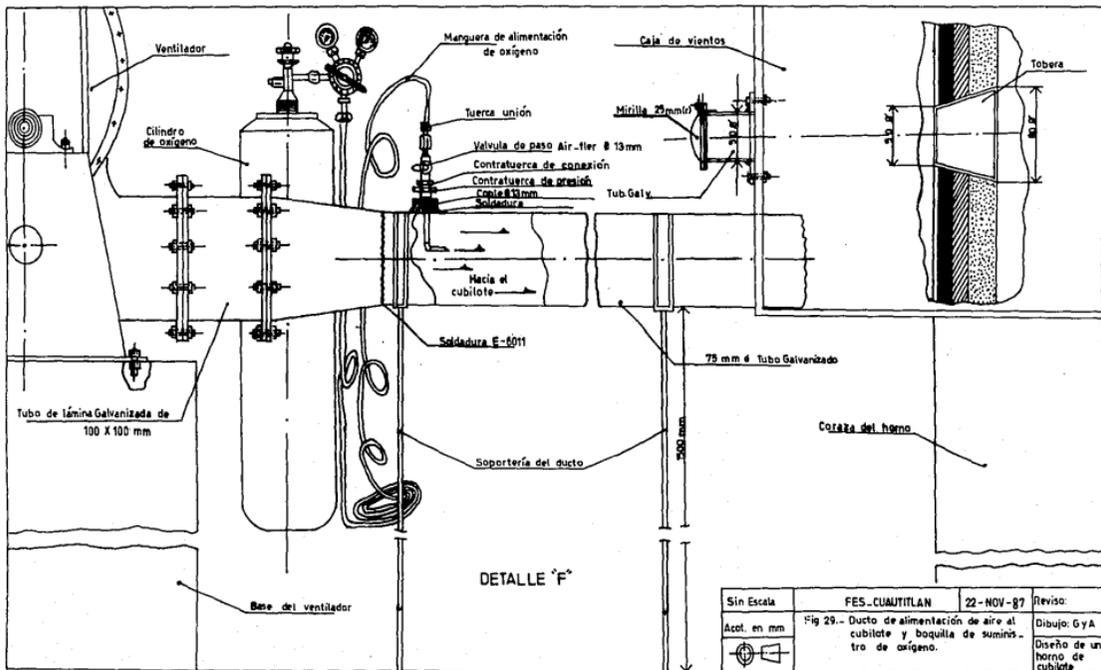
FES - CUAUTITLAN

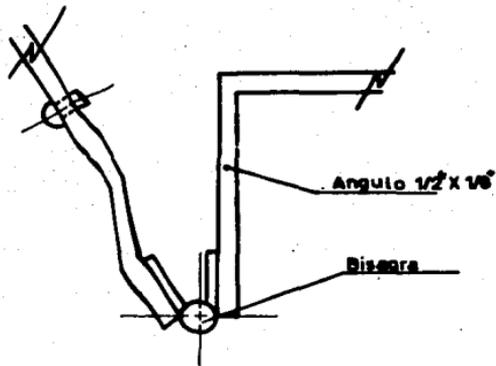
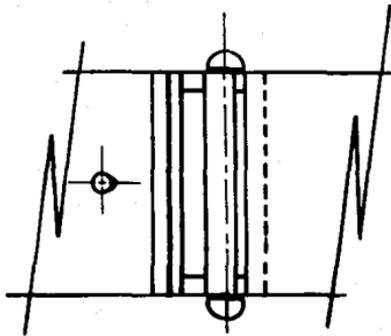
22-NOV-87

Reviso:

Fig.-28— Muestra los detalles de colocación, sosten, apertura y cierre de las mirillas.

Dibujo: Gy A
Diseño de un
horno de
cubilote.





Escala : 1 : 5

FES - CUAUTITLAN

22 - NOV - 87

Reviso:

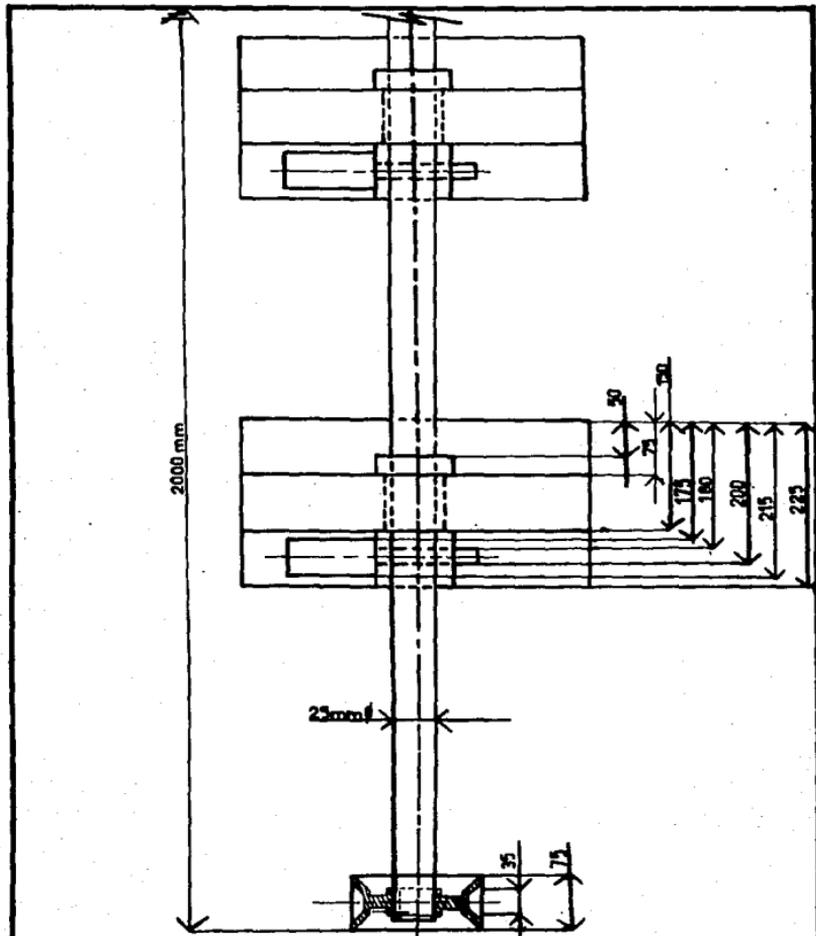


Fig. 30 - Mecanismo del capucho, apertura y cierre para introducir la carga.

Dibujo: GyA

U. S. H

Diseño de un horno de cubilote.



Escala: 1:5

FES - CUAUTITLAN

22 - NOV - 87

Revísor:

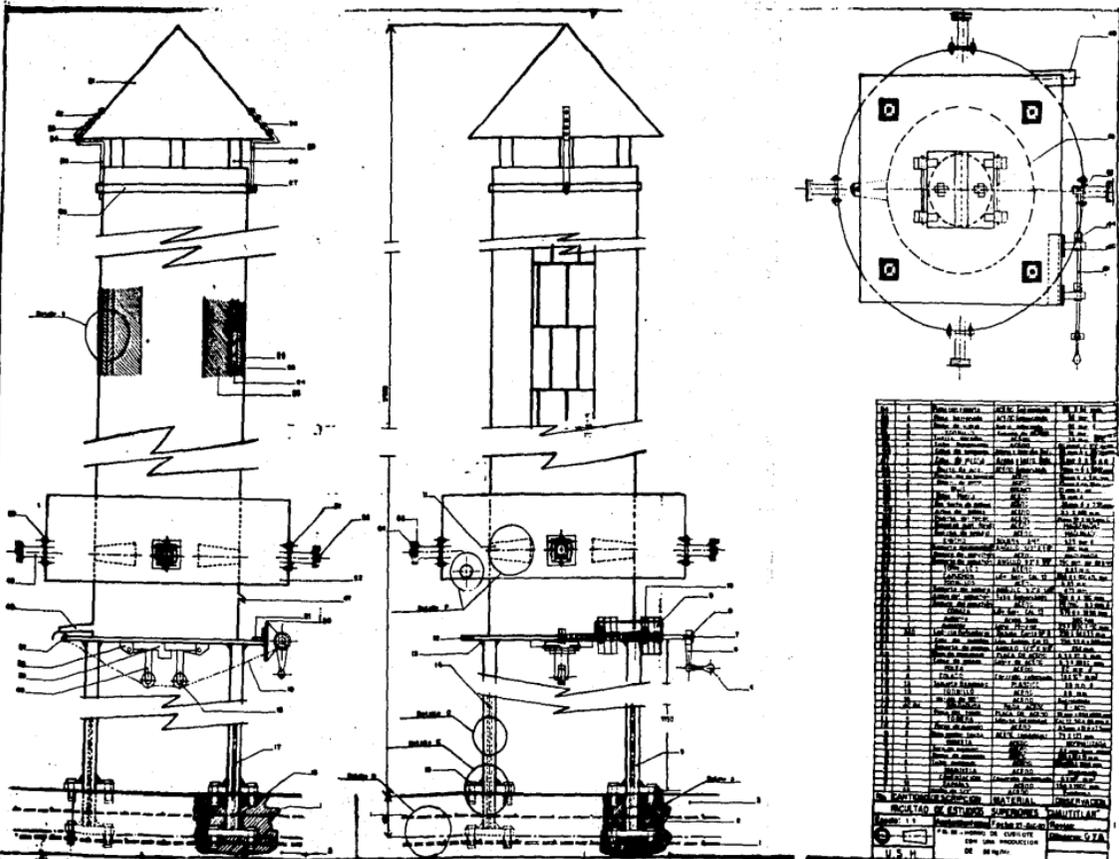


Fig 31.- Sistema de poleas para la apertura de la puerta del fondo, vista por la parte inferior.

Dibujo: GYA

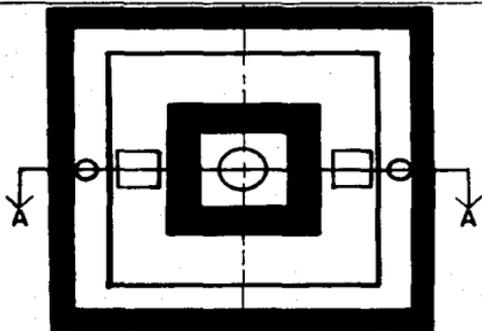
Acot: mm

Diseño de un horno de cubilote

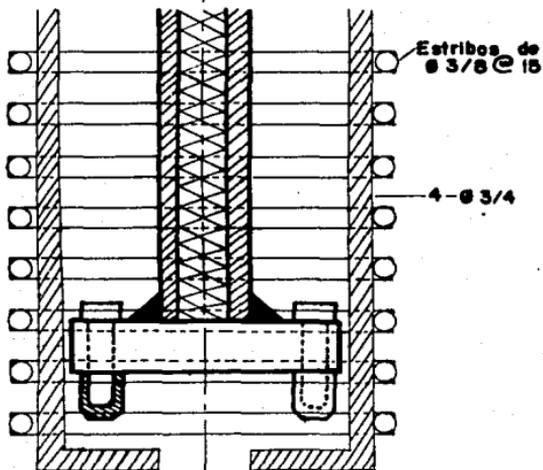


1	Placa de aluminio	10	10	10
2	Placa de aluminio	11	11	11
3	Placa de aluminio	12	12	12
4	Placa de aluminio	13	13	13
5	Placa de aluminio	14	14	14
6	Placa de aluminio	15	15	15
7	Placa de aluminio	16	16	16
8	Placa de aluminio	17	17	17
9	Placa de aluminio	18	18	18
10	Placa de aluminio	19	19	19
11	Placa de aluminio	20	20	20
12	Placa de aluminio			
13	Placa de aluminio			
14	Placa de aluminio			
15	Placa de aluminio			
16	Placa de aluminio			
17	Placa de aluminio			
18	Placa de aluminio			
19	Placa de aluminio			
20	Placa de aluminio			

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
 DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES
 CARACAS, VENEZUELA
 DISEÑO N.º 111
 PROYECTO DE INVESTIGACION N.º 111
 CON UNA MODIFICACION
 DE 11/11/51
 U.S.A.



CORTE:A-A



ANEXO DE TIRABUZO NORMALIZADO A 250 x 100 MM. NOLA 957 P. 210 MM.

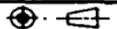
ESQ

Escala: _____

FES-CUAUTITLAN

26/SEP88

Reviso: _____

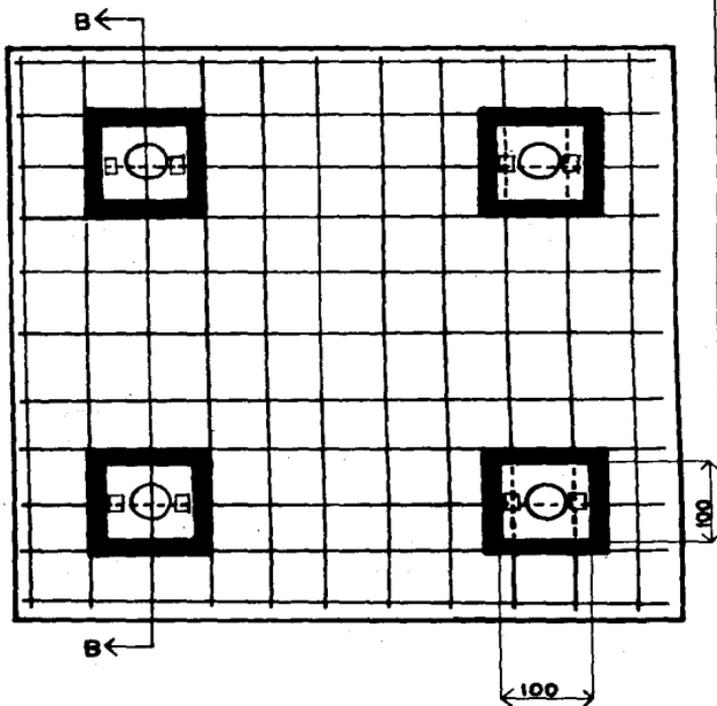


DETALLE "A", Zapata de cimentacion

Acol. _____

1 DIBUJO: G y A.

Diseño de un
horno de
cubiote.



ESQUEMA

Escala: _____

FES CUAUTILAN

26/SEP/88 Revisor: _____



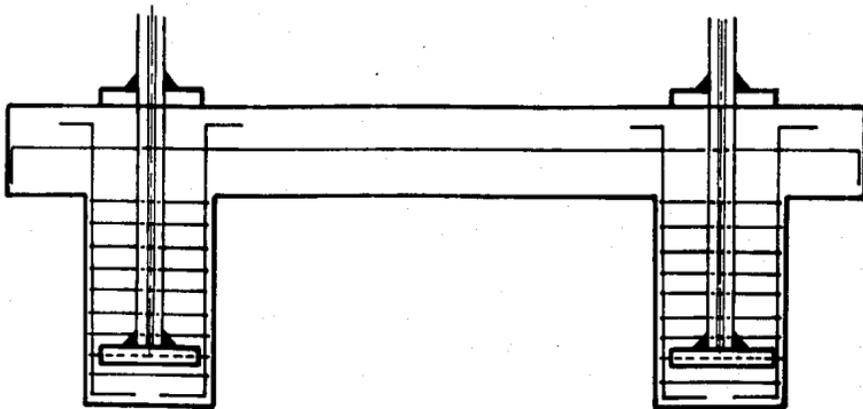
DETALLE "B": Armado para cimentacion

Acol. 3.11.1. _____

1 DIBUJO: Gy A.

Diseño de un
horno de
cubilote.

CORTE B B



Escala:



DIBUJO: G.-A.

FES CUAUITLAN

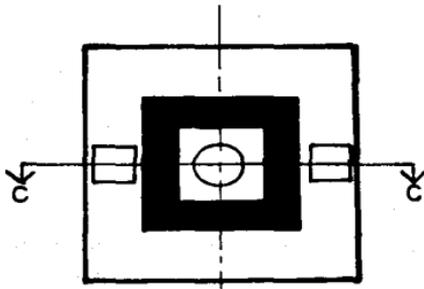
29/SEP/88

Revise:

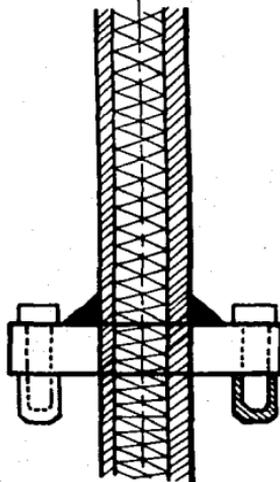
CORTE "B B": Muestra la forma de como se debe hacer la cimentación, con cuatro dados.

Acot.:

Diseño de un horno de
cubierta.



CORTE: C C

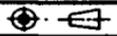


Escala: _____

FES CUAUTITLAN

26/SEP/88

Revise: _____



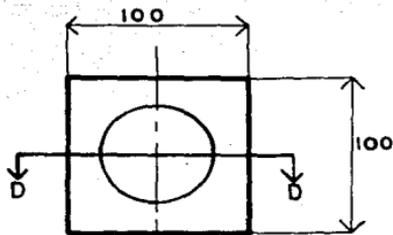
DETALLE "C": Muestra la placa que debe de quedar a nivel de piso terminado.

Acat. _____

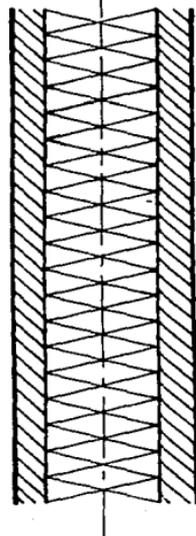
DIBUJO: GyA.

Diseño de un
horno de
cubierta.

ÁREA DE TRABAJO NORMALIZADO A 350 x 100 MM. HOJA 287 A 270 MM.



CORTE D D

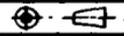


Escala: _____

FES CUAUTILAN

26/SEP/88

REVISO:

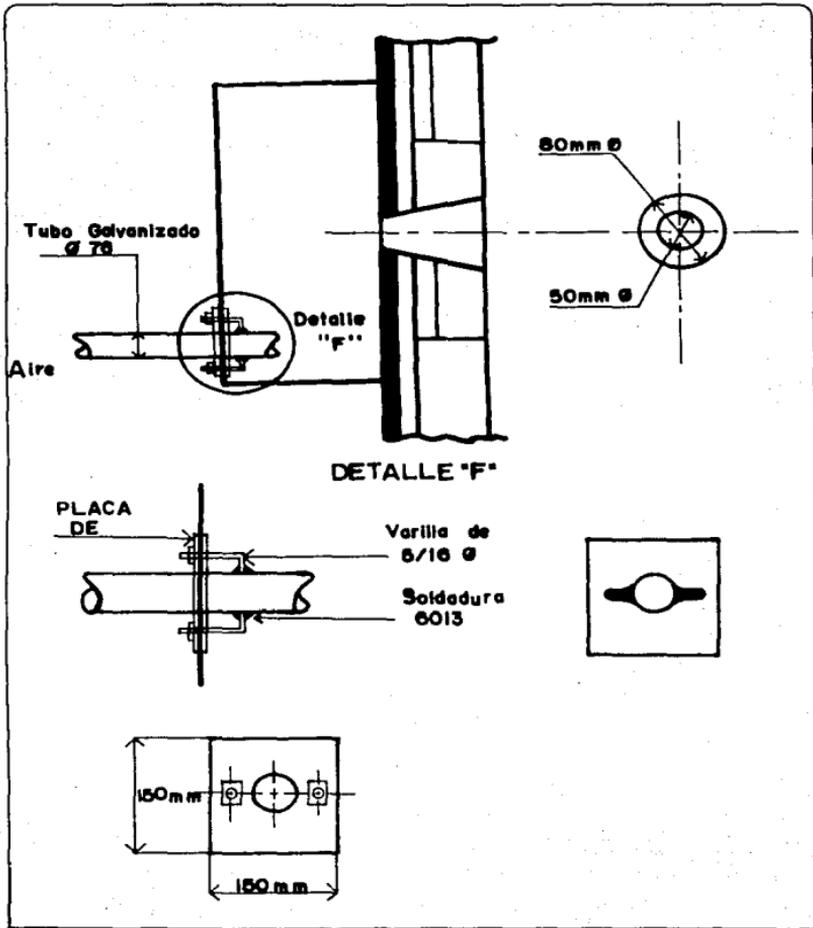


DETALLE "D": Muestra el concreto y la varilla dentro del tubo cuadrado.

Acol. M.M. _____

1 DIBUJO: GYA.

Diseño de un
horno de
cubierta.

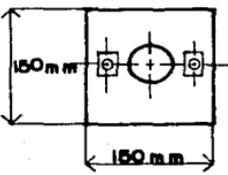


DETALLE "F"

PLACA DE

Varilla de 5/16 \varnothing

Soldadura 6013



ANEXO DE TUBERIAS NORMALIZADO A 250 x 188 M.M. HOLA 287 - 210 MM

Escala: _____	FES CUAUTITLAN	26/SEP/88	Reviso: _____
	DETALLE "F": Muestra el dispositivo de sujecion para el tubo de inyeccion del aire.		Acot. _____
1 DIBUJO: Gy A.			Diseño de un horno de cubilote.

CAPITULO IV
MANEJO Y OPERACION

CAPITULO IV
MANEJO Y OPERACION

Además de una correcta construcción del horno, llevando a cabo todas las especificaciones anteriores, se requiere también de un buen control en su manejo. Esto con el -- propósito de mantener una larga vida, además de un buen mantenimiento cada vez que se requiera.

Existen ciertos pasos a seguir dentro y fuera de la -- horneada, estos pasos deben llevar un orden correcto y efectivo para evitar problemas y accidentes que es un punto muy importante y práctico. A continuación se mencionan estos - pasos a seguir y su función dentro de la fundición, dentro de este capítulo, recordando que es muy importante tenerlos siempre en cuenta.

También en todo el proceso, se manejan algunas herra-- mientas fáciles de construir o adquirir para evitar taner - que usar partes del cuerpo que a la larga nos traerían comPLICACIONES graves y accidentes continuos.

Cada una de estas herramientas tienen su función y es-- de primordial importancia usarlas correctamente así como -- llevar un control y mantenimiento específico correctivo y - preventivo, para daños posteriores del equipo y del horno - en sí.

A continuación se muestra el tipo de herramientas a -- usar, mencionando también sus características y usos.

IV.1 HERRAMIENTAS.

Para el control, la carga, descarga y mantenimiento -- del cubilote, existen ciertas herramientas que deben de considerarse. A continuación se muestran los tipos de herramientas más usadas y el funcionamiento de cada una de ellas.

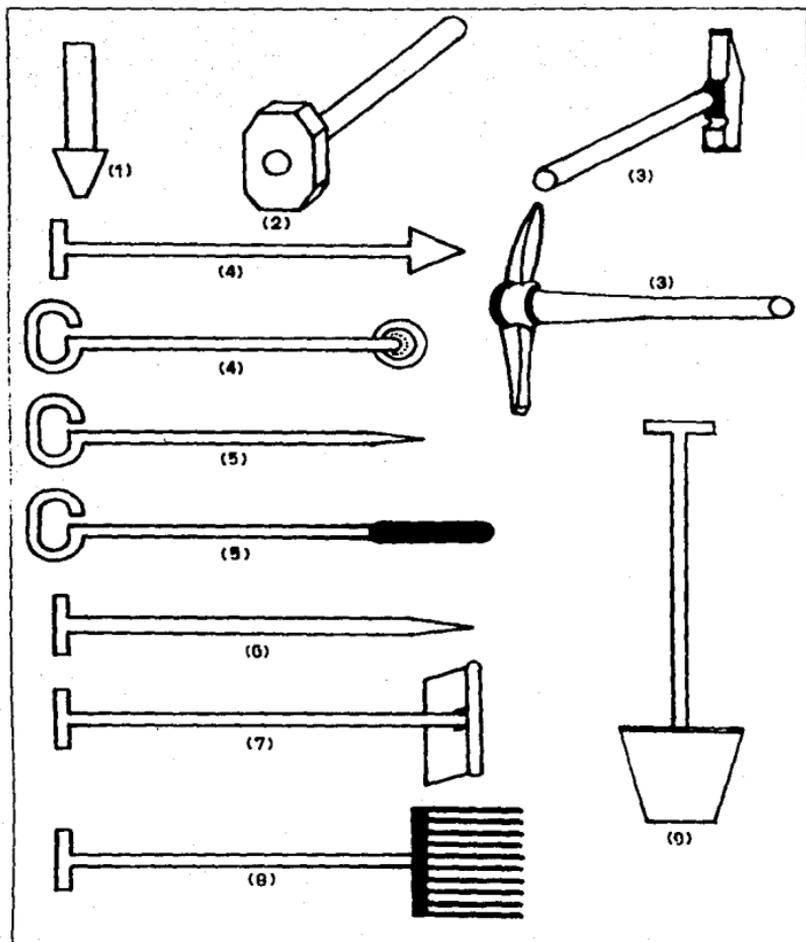
1. Cinzel.- Junto con el marro nos ayuda a despedazar las piezas grandes de chatarra y coque para tener un -- buen tamaño, para la carga del cubilote. (Fig. 33.1)

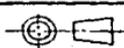
2. Marro.- Como ya se mencionó es el suplemento para despedazar la chatarra, en el caso que se usara monoblock -- como materia prima, en la carga del cubilote. (Fig. 33.2)

3. Piqueras.- El picado y remoción de escoria se -- efectúa rápidamente con estas herramientas, figuran un pico pequeño o martillo. Principalmente estas herramientas de -- mano son las más usadas para eliminar la escoria adherida -- al revestimiento, este trabajo debe hacerse con cuidado, pa -- ra no dañar en demasía el ladrillo refractario. (Fig. 33.3)

4. Lanza para taponear.- Como se mencionó anterior -- mente los orificios de sangrado y escoriado deben taparse, -- cuando se ha comenzado la hornada con ciertos materiales. -- Estos materiales, pueden ser colocados firmemente por este -- tipo de herramientas. La barra o lanza de taponear (según -- el caso), es de una longitud conveniente, generalmente de -- unos 90 cm., con un disco de metal o una barra de 5 cm. en -- un extremo, con el objeto de mantener la pieza que va a ta -- ponear. (Fig. 33.4)

Si se usara un tapón de arcilla, la herramienta más -- conveniente sería la lanza. Si por el contrario se empleara



Escala: _____	FES - CUAUTILAN	13-NOV-87	Reviso:
	Fig. 33 ...Herramientas usadas en la operación del horno de cubilote.		Dibujo: GYA Diseño de un horno de cubilote.

arena seca quemada, la herramienta más útil sería la barra.

5. Lanzas para Sangrado.- El tapón de sangrado puede ser picado con el espetón (barra puntiaguda Fig. 33.5), o cortada con la herramienta en forma de cincel, teniendo cuidado de no agrandar el orificio de sangrado.

6. Barra rompe Puentes.- Esta barra puntiaguda y pesada es esencial en el caso que dentro del cubilote se forme un puente. En este caso la barra (Fig. 33.6), se introduce por la boca de carga y presionando hacia abajo se rompe el puente que impide el descenso de las cargas.

7. Rascador.- Esta herramienta también es usada para retirar la escoria de las paredes del refractario, desde la parte superior del cubilote. Otro uso que se le da es el de juntar el material y el coque disperso en el piso, con el fin de tener un lugar de trabajo limpio y separar las piezas de coque por su tamaño. (Fig. 33.7)

8. Horca para coque.- Sirve para transportar el coque hacia la puerta de carga y recogerlo del lugar donde se tiene almacenado. Por su forma (Fig. 33.8), los trozos pequeños de coque caen de la carga seleccionada por su menor tamaño.

9. Pala.- La pala también es útil en el transporte del coque o de la chatarra, hacia la abertura de carga, haciendo que estas se realicen con mayor rapidez. (Fig. 33.9)

IV.2 SEGURIDAD Y RECOMENDACIONES EN LA OPERACION DEL HORNO.

1. El encargado del horno deberá tener la capacitación necesaria sobre la operación del cubilote.

2. Deberá seleccionar el tamaño adecuado de las cargas de hierro (chatarra) y de coque.

3. El coque se almacenará correctamente, evitando humedades, para que no existan agrietamientos y llegue a desmoronarse, cuando se esté cargando el horno.

4. Se recomienda un encendido con leña, por medida económica.

"Cuando se enciende la cama de madera (leña o viruta y astillas), este combustible se colocará cuidadosamente sobre el lecho de arena para que pueda absorber el impacto de la leña adicional y del coque, cuando es cargado". 16/

Una buena práctica será colocar la leña contra el revestimiento, formando un cono hasta una altura ligeramente arriba de las toberas. Es muy importante que la leña esté seca. Las piezas de madera se acomodarán en forma de cruz (pedazos grandes), ésto para formar los espacios donde entrará el aire soplado del ventilador.

Se recomienda usar vituta de los aserraderos, desperdicios de madererías y de talleres de moldeo, tarimas de moldes requemadas, o cualquier otro tipo de madera bien seca, suave y de combinación fácil. Debe evitarse maderas duras por quemar muy lentamente.

Otra recomendación muy importante es retirar de la madera clavos, flejes, grapas, láminas de metal y cualquier otro material similar, de lo contrario estos materiales - - tienden a enfriar el primer hierro obtenido, o tapar el orificio de sangrado en la primera colada.

16. SHUMAN, op. cit., pág. 126.

5. Para tener un encendido completo, ya que ésto representa el primer paso de la operación de la hornada, es recomendable abrir las mirillas y dejarlas abiertas hasta el final del encendido.

Se enciende la madera ya sea a través de las mirillas o por la zona de carga o en su defecto por el orificio del sangrado, por medio de una lámpara de gas o de petróleo, quemando estopa impregnada con gasolina o diesel.

Cuando la madera está ardiendo bien y no antes, se cargará una parte del coque, correspondiente a 1/3, 1/2 o hasta 3/4 partes de la carga total para la cama. Este paso en el proceso del encendido y quemado de la cama es el más importante. Si queda coque sin quemar en el crisol del cubilote, puede obtenerse un hierro frío y operaciones erráticas, que a veces son imposibles de vencer durante la hornada del día.

El encendido de la cama prosigue durante una hora más, hasta que llega a un color rojo cereza, brillante y parejo. El encendido deberá ser observado continuamente para evitar puntos bajos o vacíos de la cama, si ésto sucediese deberán ser llenados inmediatamente con coque para lograr un encendido completamente parejo. Cuando toda la madera se ha consumido y el calor ha llegado hasta arriba del coque, deberá nivelarse cuidadosamente la cama hasta la altura predeterminada (531 mm), midiendo con una varilla de hierro. Después de haber nivelado la cama (reponiendo el coque necesario), deberá comenzar en seguida la carga de los materiales de fusión.

6. Deberá cargarse el coque según lo especificado a una altura de 70 a 75 mm y el fierro a 30 mm. El tamaño --

del coque influye mucho en la operación del cubilote, siendo lo más importante la uniformidad del tamaño (30 a 40 mm).

La existencia de la chatarra y metal deberán ser del tamaño predestinado (ver tabla de datos), con el objeto de prevenir atascones y abovedamientos.

7. Con el objeto de tener un gran volumen de escoria-fluida inmediatamente después del comienzo de la hornada, - debe colocarse directamente sobre la cama de coque una cantidad de piedra caliza igual a 2 ó 4 veces la empleada en - cada carga.

8. Antes de tapar el orificio de escoria, el orificio de sangrado y las mirillas, se activa el encendido del equipo de aire por espacio de 4 a 5 minutos, graduando poco a poco el volumen y la cantidad de aire, ésto con el objeto de desulfurar el coque.

9. No es muy necesario taponear el orificio de escoria, ya que las fugas de aire por este concepto son mínimas.

10. Así pues, se taponeará el orificio de sangrado con arena seca y la herramienta adecuada, evitando algún accidente y las mirillas. En ese momento se gradúa el ventilador para proporcionar el aire necesario.

11. Inmediatamente después de colocar el fundente, se coloca la carga de metal, si es posible a unos 5 cm. separada del refractario, ésto con el objeto de prevenir pérdidas excesivas por la oxidación. Se inicia entonces la carga propiamente dicha.

El encendido a pasado su momento y comienza el de car-

ga y fundición, no por ésto se deje de observar por las mirillas por si sucede algún incidente que pueda obstaculizar el seguimiento de operación.

12. A continuación se coloca una segunda carga de coque y fundente, y la segunda carga metálica, y así alternativamente, hasta alcanzar la boca de carga. Con el procedimiento de carga a mano se han obtenido buenos resultados, sin embargo en nuestro caso, que la carga se realiza por la parte superior del horno, lo que representa un riesgo de accidente grave, es necesario usar la herramienta o pala de carga, tratando de que las cargas queden uniformes y del tamaño indicado, en caso de que ésta pueda realizarse con la mano (protección con guantes de carnaza) se podrá trabajar.

13. A partir de este momento el personal o la persona que se encarga de esta operación deben cuidarse solamente de mantener lleno el horno con cargas alternas, a medida que las otras vayan descendiendo por efecto del consumo de combustión, combustible y de la fusión del metal.

14. La capa de coque de encendido, cuya función es la de sostener las cargas colocadas encima, debe estar constituida por una cantidad de combustible cuya altura permanezca invariable durante toda la colada y cuyo consumo se reintegra de un modo regular a través de las cargas sucesivas de coque. En caso de no producirse una estabilidad suficiente, cada 3 ó 4 cargas normales, se compensa el mayor consumo de la capa inferior efectuando una falsa cama, es decir, una carga de coque sin metal, o mejor todavfa, disminuyendo la carga metálica y dejando sin alteración la de coque.

15. El aire empleado en el proceso de fusión en cubi-

lote, deberá ser visto como una de las materias primas más importantes, ya que también de éste depende el tiempo y la buena fundición del metal, por lo que se requiere un manejo exclusivo por una persona, ya sea aumentando o disminuyendo la cantidad de aire suministrado.

16. Si la escoria se vuelve espesa o poco fluida, el operador del horno deberá comprobar la cantidad de fundente que se está agregando a la carga, así como su condición y distribución. Si el fundente está siendo agregado como se prescribió, deberá enconces comprobarse la limpieza de la carga, la misma práctica de carga, en un esfuerzo por encontrar las fuentes que influyen en la variación de la escoria.

"Los estudios sobre la fluidez, han indicado que las escorias viscosas, con insuficiente fluidez, generalmente son bajas en contenido de cal, y altas en sílice. Las escorias que tienen una relación alta de cal y sílice son más fluidas. Tales pruebas hacen posible registrar una medida de la fluidez para propósitos de control". 17/

17. Si se observa que el descenso de la carga se detiene o retrasa, puede ocurrir:

a) Que se haya formado un puente, es decir un atasco de piezas de metal colocadas de forma que tengan suspendida la carga superior. Si esto ocurriera, el puente se romperá con la herramienta anteriormente descrita y se añadirá coque de encendido. Esto no sucederá si las cargas metálicas se efectúan según lo adecuado.

b) Que queden obstruidas las toberas, a causa de la escoria que se enfría por la corriente de aire, se deberá -

17. Manual de Operación del Cubilote, Taimer, Ed. II, Edit.- Unión Carbide, pág. 53.

vigilarlas mediante las mirillas y periódicamente librarlas de la suciedad con la herramienta adecuada que se introduce a través de las portillas.

c) Que se esté empleando fundentes inadecuados o coque de bajo poder calorífico o con exceso de cenizas, el remedio es obvio.

18. Para obtener la primera colada, ésta se aplicará cuando por el orificio de escoria, salga la escoria con el fluido de fierro, ésto nos indicará que el crisol llegó a su capacidad de volumen. Por lo tanto, se iniciará el proceso de sangrado.

19. Inmediatamente después del aviso del orificio de escoria, se colocan los moldes de las piezas a producir o moldes de lingotes y se coloca el bebedero del molde debajo del canal del sangrado, el tapón de arena y arcilla se pica con su herramienta especial y se deja fluir el metal hacia el molde hasta asegurarse que el orificio está libre de obstrucción y que el metal tiene la fluidez indicada.

Una observación muy importante, es emplear el primer hierro colado que se extrae para colar piezas macizas o de poca importancia o en lingotes para volverlo a utilizar en las cargas, ésto debido a que el primer hierro nunca está bastante caliente.

20. Acabando esta operación, se vuelve a taponear el orificio con arena seca o arcilla y con su herramienta indicada. Estos procedimientos se realizarán cada vez que se tenga un sangrado y continuarlos hasta obtener las piezas necesarias o hasta que se crea conveniente finalizar la hornada.

Se recomienda utilizar el horno en grandes jornadas, - debido a la dificultad y tiempo del encendido, si es posible trabajarlo todo el día será mejor.

21. Si el hierro fundido se solidifica en la piquera-de colada, es decir si se forma un tapón de hierro, hay que picarlo con la barra de sangrar, o en su defecto insuflar - el oxígeno en la piquera misma, con un tubo de 5 a 10 mm de Ø adaptado al tanque de oxígeno, para no parar la hornada.

Esto sucede cuando la escoria no es la adecuada, o el coque tiene mala calidad, o también nos puede indicar que - el aire que se suministra no es el suficiente, en este caso se regulariza la corriente de aire necesaria y se abre la - válvula de oxígeno durante uno 5 minutos o el necesario para fundir la carga contigua.

22. Acabando de fundirse la carga de hierro se cierra la válvula de oxígeno y teniendo cuidado de no afectar la - cama, se nivela y se continúa la hornada con el aire ya -- graduado.

23. Si a los 15 ó 20 minutos de haber obtenido el primer material fundido, la producción del cubilote resulta -- anormal, o la temperatura del metal es muy baja, puede ser-- debido a las ya mencionadas circunstancias, como la calidad del coque o no cargar la cantidad adecuada, el fundente, o:

- a) Carga de la chatarra de tamaño inadecuado.
- b) Cargas muy oxidadas o con exceso de tierra o de -- arena adherida.
- c) Revestimiento refractario de mala calidad.
- d) Obstrucción de las toberas.

e) Formación de puente.

f) Reducción de la sección del cubilote por encoronamiento, es decir por acumulación de escoria adherida al revestimiento.

En cualquiera de estos casos se buscará inmediatamente el problema y se atacará según lo convenido.

24. No se recomienda los arranques y paradas frecuentes en la operación del cubilote, puesto que ello tiende a producir hierro frío, de ahí la sugerencia de trabajar hornadas continuas y largas, disponiendo del personal y material suficiente. Pero si esto no se llega a lograr, se deberá cuando menos regular las condiciones del vaciado, con objeto de acumular las varias operaciones de parada en una sola, más larga. Esta operación hace mínima la caída de temperatura y las variaciones del producto.

La fusión cesa casi enteramente cuando se detiene el abastecimiento de aire. En paradas cortas, por ejemplo de 15 minutos, el cubilote puede ser taponeado para guardar la temperatura. PRECAUCION: Deberá abrirse una de las tapas o portillas durante cualquier período de parada, para protegerse contra cualquier mezcla explosiva de gas de monóxido de carbono y oxígeno que se forme en la caja de vientos.

Para paradas prolongadas, tales como durante el almuerzo, deberá de añadirse una carga extra de coque que llegue a la cama justamente a esa hora, para mantener la altura de la cama. El orificio de sangrado se deja abierto y el canal de escoriado es drenado. Una de las portezuelas de las toberas debe ser abierta. La fusión se reanuda cerrando la portezuela y poniendo en marcha el soplador. Con coque extra en la cama, inmediatamente se tendrá la temperatura - -

usual en el hierro.

25. Si en el procedimiento continuo de sangrado, el orificio se agranda, o en su defecto se daña también el orificio de escoriado excesivamente, deberá suspenderse la hornada y, si es necesario, drenarse el cubilote, en lo que se reparan los dos orificios, el orificio de sangría puede controlarse por medio de la adición de un ladrillo sobre la parte alta a reparar, descascarar las regiones dañadas y la escoria pegada, y reconstruir el orificio de sangrado y escoriado con mortero refractario.

26. El procedimiento de fundición deberá ser observado durante toda la operación, sin dejar de atacar inmediatamente todos los problemas que se presentaran. Es conveniente advertir que todas las hornadas no son iguales y cada una traerá sus problemas específicos, esto con el fin de que el operador no se confíe y tenga siempre a la mano la herramienta o los materiales necesarios para todos los problemas aquí descritos o que vayan surgiendo conforme se trabaje el cubilote. Pueden surgir algunas otras dificultades, aunque las que se mencionan aquí son las principales, pero si se lleva un control adecuado y obedeciendo todos los datos proporcionados será difícil que estos problemas y sobre todo los accidentes se presenten continuamente.

27. Fin de la hornada. Después de algunas horas de operación, se comprueba la cantidad de piezas que quedan todavía por colar y se introduce la última carga, reservando para ésta los trozos de metal más ligeros. Cuando el nivel de la carga alcanza aproximadamente las 3/4 partes de la altura del horno, se reduce gradualmente el viento, cerrando por completo la tapa principal cuando está próxima a la fusión del último hierro colado.

Por ningún motivo debe apagarse el horno cuando todavía existan cargas dentro de éste, de lo contrario, nuestro horno tenderá a taponearse ya sea por el orificio de sangrado u ocasionando encoronamiento de las paredes, (acumulación de escoria), este punto debe tenerse en consideración siempre que se efectúe un trabajo.

28. Para vaciar el horno, hay que asegurarse de que el pavimento debajo de éste se encuentre bien seco; se abren las portillas de las toberas, se quita el canal de colado y se abren poco a poco las puertas del fondo, mediante el mecanismo manual mostrado en el Capítulo de Diseño. Los residuos de la fusión caen (coque y materiales contenidos), se apagan con chorros de agua y se retiran para que no se estropee el cubilote.

El coque recuperado se aprovecha como material para el encendido siguiente y el hierro se funde para las piezas corrientes o la primera colada del próximo día.

29. "La marcha del cubilote puede juzgarse por la llama, chispa y por la fractura y color de la escoria, por ejemplo:

a) En lo que respecta a la llama, ausencia de la llama en la boca de la carga, salvo en la fase final; indicación de funcionamiento y proporciones normales del horno.

Una llamarada azul turquesa, nos indicará que prevalece el CO y que hay, por lo tanto exceso de Carbón en la carga.

Una llama brillante, indica que prevalece el CO₂ y que hay exceso de viento.

Llama humosa es indicio de marcha lenta y de exceso de coque.

b) Al igual que la llama, las chispas de diferentes colores nos indican el funcionamiento del horno y el exceso de algún elemento, se lanzan partículas de metal, al rojo o amarillo al aire, en donde entran en contacto con el oxígeno y se oxidan (arden). Un elemento como el carbono arde con rapidez y produce una "explosión" de chispas. Las chispas varían de color, intensidad, forma, tamaño y en la distancia a la cual salen desprendidas.

Un amarillo claro en la chispa nos indica un bajo contenido de carbono o un metal con mediano contenido de carbono, pero en éste la chispa se disemina rápidamente. Un color rojo oscuro que cambia rápidamente a un color oro, nos indica un hierro fundido de alta calidad.

c) En lo que respecta a la escoria: Una escoria fluida pero no demasiado vítria, compacta, color verde botella-acercándose a café, nos indica una buena marcha con oxidación escasa.

- Escoria demasiado fluida, con fractura quebradiza y oscura, nos indica un exceso de fundente;

- Una escoria demasiado viscosa, indica escasez de fundente;

- Una escoria compacta, parda con fractura vítria de color amarillento, indica buena marcha y elevado contenido de manganeso en la carga;

- Escoria negra, indica la presencia de óxidos pesados (de hierro y de manganeso) y, por lo tanto, oxidación excesiva.

Debe mencionarse que el tipo de escoria depende del porcentaje de elementos contenidos en ella. Como se sabe existen dos tipos de escoria que son, la escoria Ácida y Básica.

Dependiendo del porcentaje de los siguientes elementos, podemos clasificar el tipo de escoria:

- Sílice (SiO_2).- Es ácida en su comportamiento.
- Alúmina (Al_2O_3).- Constituyente neutro.
- Cal u Oxido de Calcio (CaO).- Principal constituyente básico.
- Magnesia (MgO).- Es similar al Óxido de calcio y -- puede sustituirlo.
- Oxido de Hierro (principalmente FeO con algún Fe_2O_3). El Óxido de hierro contenido en la escoria depende principalmente del equilibrio neto entre las influencias oxidantes y reductores dentro del cubilote.
- Oxido de Sodio (Na_2O).- Es más fuertemente básico.

Estos diversos óxidos constituyentes están combinados en la escoria en las soluciones de silicatos (y posibles -- aluminatos) de calcio, magnesio, manganeso y hierro; sin embargo, los diversos constituyentes son considerados y determinados generalmente como óxidos, para estos efectos se -- muestran los tipos generales de escoria del cubilote. (Tabla 3).

Una de las más inevitables y a veces la mayor fuente de escoria es la ceniza del coque. La Tabla 4 contiene análisis de cenizas de cuatro coques típicos. La sílice es el constituyente predominante en todas las cenizas.

Otra fuente de escoria, casi tan grande y con frecuencia más grande que la ceniza del coque es el revestimiento de refractario, que es consumido o fundido durante la fusión del día. El consumo de refractario forma la más grande contribución a la escoria en muchos cubilotes pequeños.-

En nuestro caso (cubilote pequeño), el tipo de refractario usado es ácido (Dobela Canto No. 3, Figuras 21 y 21a), especificado en las características del distribuidor (A. P. - Green, S. A.), debido a que por motivos de economía se usara chatarra de baja calidad, lo que provocara oxidaciones altas. Para aclarar esta situación, la Tabla 5 enlista las fundentes de escoria, en un intento para calcular teóricamente la composición de sus diversas fuentes". 18/

Como comentario podemos añadir que en algunos casos, - regularmente en grandes fundiciones donde la cantidad de escoria es alta, ésta es usada para fabricación de cemento fino y que generalmente es utilizado en la instalación de pavimentos y aceras.

Para nuestro caso, la producción de grandes cantidades de escoria sería ridículo y por lo tanto ningún beneficio económico se obtendría. Se recomienda desecharla como desperdicio.

30. Como ya se mencionó antes, existen muchas maneras de mantener un buen funcionamiento del cubilote, aquí se -- mencionan algunas junto con los tipos de problemas que pueden surgir, pero en la práctica se podrán apreciar realmente y conforme uno se vaya familiarizando con el horno podrá detectarlos más rápido. Para que esta familiaridad se produzca en poco tiempo, se recomienda llevar tarjetas, hojas y cédulas de control, donde se especifiquen las horas de -- trabajo, tipos de cargas, propiedades de coque, de la chatarra y del hierro obtenido, de esta manera se contará con datos, récords y estadísticas, creando un control adecuado de todas las operaciones que se efectúen en el cubilote.

18. Apuntes de Fundición, CONALEP, edición: II, Editorial: - PROSISA, págs. 67 a la 75.



Escala

FES - CUAUTITLAN

1. JULIO 88

Reviso:

Tipos Generales de Escorias del Cubilote

Constituyente	Neutro	Constituyentes Básicos					Relación
		ácido, SiO_2	Al_2O_3	$\text{CaO} + \text{MgO}$	MnO	FeO}		S	$\text{CaO} + \text{MgO} / \text{SiO}_2$
Acida	40/50	10/20	25/38	1/5	1/8	0.05/0.40	0.5/0.8
Básica reductora (desulfurante)	15/35	6/15	40/65	0.5/4.0	0.5/5.0	0.5/2.5	1.0/3.0
Básica oxidante (desfosforante)	15/35	5/10	35/45	1/8	15/40	0.02/0.50	1.0/3.0

Tabla 3.- Muestra los porcentajes de los elementos químicos que componen los tipos de escorias.

Dibujó: GYA
Diseño de un
horno de
cubilote.

ALGUNOS ANALISIS DE CENIZAS DE COQUE

Cenizas	Temperat. de	Análisis de las cenizas, %						
	reblandec. de							
	la ceniza	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO		
o/g	°C	SiO ₂						
Coque de fundiciones normales								
A-2	9.5	1444	54.6	29.7	7.0	0.15	1.2	2.2
E-2	7.7	1459	50.9	34.4	6.1	0.02	0.5	2.1
S	8.5	1528	48.3	36.0	9.9	0.04	—	1.6
Coque para maleable, bajo carbono								
M	12.9	1370	51.6	32.5	7.6	0.03	1.4	3.0

Escala



FES — CUAUTITLAN

2-JULIO-88

Revisó:

Tabla 4. — Porcentajes de los elementos químicos contenidos en los tipos más comunes de coque.

Dibujó: G y A
Diseño de un
horno de
sujador.



Escuela

FES-CUAUTLAN

2-JULIO-68

Reviso:

Tabla 5 - Elementos que conforman la escoria.

Diseño de un horno de cubilote.

CÁLCULOS TEÓRICOS DE LAS FUENTES DE ESCORIA Y COMPOSICIÓN FINAL

	Escoria total kg/100	Constituyentes de la escoria (kg/100 kg de metal)					
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO
Revestimiento constituyente (1.5% de lo fundido)	30	0.19	0.07	0.006			0.006
Ceniza del coque (12.5% coque, 9.2% ceniza)	23.5	0.12	0.08	0.02		0.004	0.006
Pérdida de silicio (10% de 2.20%)	9.6	0.09					
Tierra y arena en la pedacera (estimado)	2.0						
Oxidación de hierro	?	0.02		?			
Pérdida de Mn (10% de 0.7% Mn)	1.8				0.01		
Escoria inevitable, kg	6.9						
3% piedra caliza (fundente)	30					0.30	
Escoria final, kg	61.4	0.42	0.15	0.026	0.01	0.304	0.012
Composición calculada, %		44.2	15.0	2.7	1.9	31.7	1.2
Análisis, %		43.2	16.1	3.2	1.8	30.6	1.4

A continuación se muestran algunos ejemplos de tarjetas, cédulas y hojas de control, con la excepción de modificaciones según lo que se convenga respecto a la forma de trabajar en el laboratorio. (Tablas: 6, 7, 8 y 9).

En estas tarjetas aparecen pruebas químicas, físicas, pesos y cargas, este tipo de pruebas pueden ser optativas por no contar con el equipo adecuado en el Laboratorio de Máquinas y Herramientas. Sin embargo, el Laboratorio de Metalurgia cuenta con este equipo, ya que si estas pruebas pudieran realizarse, nuestras hornadas resultarían más provechosas y se intentaría trabajar con hierros de más alta calidad y porque no hasta aceros con altos contenidos de carbono y tener como resultado piezas de mejor calidad.

IV.3 MANTENIMIENTO.

Se debe llevar un mantenimiento preventivo y correctivo para evitar accidentes y malas hornadas, así como evitar lo más posible los problemas anteriormente descritos y mantener nuestro horno en buen estado y alargar su vida útil. Por estos motivos a continuación se recomiendan algunos pasos muy importantes a seguir con respecto al mantenimiento:

1. El revestimiento del horno deberá revisarse después de cada jornada de trabajo y repararse cuando sea necesario.

La manera de observar si el refractario requiere reparación es, dejar que el horno se enfríe después del proceso, rascar la escoria que queda impregnada en las paredes del horno, con el rascador (Fig. 33.7), y sacarla por las puertas del fondo.

HOJA DE DATOS DEL CUBILOTE

Fecha: _____

Lugar: _____

Preparación de la cama:

Dist. Lecho de arena orif. sangrado: _____ Dist. Lecho de arena a orif. escoria: _____

Hora de encendido: _____ Alt. de la cama sobre toberas: _____

Peso del Coque al encender: _____ Tamaño de Coque en la cama: _____

Peso de Coque al soplar: _____ Clase de Coque: _____

Peso de Coque cama completa: _____ Peso de Caliza con la cama de Coque: _____

Notas: _____

Carga del cubilote

Núm. de cargas de metal: _____ Núm. de cargas de caliza: _____

Peso de las cargas de metal: _____ Peso de las cargas de caliza: _____

Num. de cargas de coque: _____ Tiempo de carga del cubilote: _____

Peso de las cargas de coque: _____ Comienza (hr): _____

Tamaño del coque de carga: _____ Termina (hr): _____

Coque extra en las cargas: _____

Notas: _____

Registros del cubilote

Hr. de iniciación del soplado: _____ Duración de la hornada (hrs): _____

Ident. 1^{er} Fe. en toberas: _____ Kg. fundidos: _____

Ident. 1^{er} Fe. en sangría: _____ Tiempo de parada: _____

Hr. de la 1^a sangría: _____ Hrs. de sangría: _____

Hr. Última carga: _____ Régimen de fusión de la hornada: _____

Cesa el soplado (hr): _____ Kg coque x Kg netos: _____

Hr de apertura del fondo: _____ Kg decoque x Kg fundidos: _____

Notas: _____

Escuela _____

FES _ CUAUTITLAN

2-FEB-68

Reviso:



Tabla 6 - Hoja del registro del cubilote.

Dibujo: Gy A

Diseño de un
horno de
cubilote.

CARGAS DEL CUBILOTE (Kg)

HORNADA N°: _____

FECHA: _____

MATERIALES	% C	% Si	% Mn	% S	% P	Carga.	Carga.	Carga.	Carga.	Carga.	Carga.	Carga.	Carga.	Total
Lingote														
Coladas														
Chatarra de fábrica														
Chatarra de acero														
Total x carga														
Coque nuevo														
Coque recuperado														
Caliza														
Espato Fluór														
Otros:														
	°/o bruto Carbono													
	°/o bruto Silicio													
	°/o bruto Manganeso													
	°/o bruto Azufre													
	°/o bruto Fósforo													

Escala



FES — CUAUTITLAN

12-MARZ-88

Revino:

Tabla 7.- Forma típica de registro para control de fusión del cubilote.

Dibujó: G.Y.A
Diseño de un horno de cubilote.

REPORTE DIARIO DE CONTROL DEL METAL

Clase de Hierro: _____ Fecha: _____

Hora de vaciado					
Mezcla No					

PRUEBAS QUIMICAS

Carbono total					
Carbono combinado					
Carbono grafítico					
Manganeso					
Azufre					
Fósforo					
Silicio					
Níquel					
Cromo					
Moibdeno					
Vanadio					

PRUEBAS FISICAS

Dureza Brinell					
Tamaño de la cuña (penetra)					
Resistencia transversal					
Resistencia a la tracción					
Deflexión					
Temperatura en el pico					
Presión aire de soplado					

Escala _____

FES - CUAUTILAN

2_FEB_88

Reviso:



Tabla. 6.- Las pruebas químicas y físicas son registradas en el "Reporte Diario de Control del Metal".

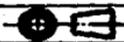
Dibujo: G y A

Diseño de un horno de cubilote.

CONTROL DE FUSION EN EL CUBILOTE

HORNADA N°: _____ FECHA: _____

REGISTRO DE TIEMPOS Y MICELANEO		REGISTRO DE TEMPERATURA Y SOPLADO			
Encendido de la cama	Tiempo	Vol. de aire m ³ /min	Presión del aire Kg./min ²	Minutos sin soplar. lar. (min)	Temp. del metal °C
Comienzo de la carga					
Empieza el soplado					
1ª Sangría					
1ª Escoria					
Ult. carga subida					
Se deja de soplar					
Tiempo total de soplado					
Tiempo total de parada					
Tiempo neto de fusión					
Kg. fundidos x Hr.					
Peso de la cama de coque					
Altura de la cama de coque					
Número total de cargas					
Kg. fundidos en total					
Kg. totales de coque NUEVO					
Coque nuevo por Kgs. de Fe. fundido.					
Clase de coque empleado (% de C)					

Escala: _____	FES - CUAUTITLAN	12 - MARZ - 66	Revisó: _____
	Tabla 9 - Hoja de "Control de Fusión" dentro y fuera del cubilote.		Dibujo: G y A Diseño de un horno de cubilote.

Revisar cuidadosamente si alguno de los ladrillo no ha sido afectado, si ésto ocurre, se procederá inmediatamente a repararlo, en forma de parchado, ésto debido a que es muy complicado sustituir ladrillo, si el parchado ya no es conveniente, en este caso se sustituirá el ladrillo, cuyo procedimiento se mencionará posteriormente.

2. Existen muchos métodos de parchado de diferentes - materiales para su procedimiento, sin embargo el método que se apega más a nuestras necesidades, debido al tamaño tan - pequeño del horno, comparado con uno industrial, es el de - parchado con mortero.

3. Los materiales empleados son: ganister (arena de - alta sílice llamada cuarzita), arena, grog (pedacera moli - da de refractario), arcillas refractarias comunes, y hasta - simples arcillas y lamas. La elección de materiales está - regida por lo que se tiene a la mano.

"Con seguridad, las mezclas más amplias usadas están - hechas de ganister y arcilla refractarias. Estas mezclas - varías entre 3 a 1 (ganister - arcilla)". 19/

La cantidad de agua empleada dependerá de la naturale - za de las materias primas y de la manera en que se va a - aplicar el mortero.

4. Es recomendable mezclar bien el mortero con antici - pación a su uso, para que se desarrolle la máxima plastici - dad y la laboralidad de las arcillas contenidas en la mez - cla.

^{19.} Moldeo y Fundición, Revista Técnica No. 5 de la Sociedad Mexicana de Fundidores, A.C., pág. 32.

En cuanto al método de empleo, algunos operadores usan un mortero medianamente húmedo (delgado o pegajoso) y lo aplican lanzándolo en bolas sobre la superficie que va a ser parchada.

5. Cuando la corrosión de la escoria afecte gravemente el ladrillo, el paso a seguir será la sustitución. Este procedimiento requiere de tiempo, así que sólo se efectuará cuando no se requiera producción.

Se rascan las orillas del ladrillo en mal estado, cuidando de no afectar a los de alrededor, se saca cuidadosamente y se coloca otro nuevo.

Al colocar un nuevo ladrillo es importante picar el ladrillo para que tenga más adhesión, bañarlo en mortero para asegurar que no queden huecos. Luego el ladrillo colocado deberá ser apretado y golpeado firmemente contra los ladrillos que están al lado y abajo del que se está colocando, con objeto de expulsar cualquier exceso de mortero y hacer mínimo el espacio entre las juntas. Puesto que el mortero no es tan denso o refractario como lo es el ladrillo, es conveniente mantener la cantidad de mortero tan baja como sea posible.

6. Es muy importante poner la mayor atención en la supervisión de todas las técnicas y materiales de reparación, teniendo en mente que unos cuantos descuidos hoy pueden causar dificultades mañana. Los parches o secciones del revestimiento, pueden deslizarse, desplomarse o disgregarse de la pared, a causa de una mala preparación preliminar, o "picado". Esta caída de parches o en su defecto la caída del ladrillo, puede cambiar súbitamente una operación eficiente en el horno, en un cubilote "enfermo", y hasta causar perfo

raciones a la corona.

7. El área de toberas debe ser mantenida en perfecta-limpieza, y el cubilote tener buena permeabilidad, de lo -- contrario la escoria más viscosa tenderá a enfriarse en el área de las toberas, formando un puente e interfiriendo la buena penetración del soplador.

Esto se ocasiona debido a que el gasto o consumo de -- los ladrillos es más intensa en la zona de fusión.

8. El mantenimiento y revisión constante del soplador también es de gran importancia, asegurarse de que se encuentra en buen estado y funcionamiento adecuado, de lo contrario, consultar con un especialista (técnico Fläkt).

9. También debe proveerse una revisión constante del tanque de oxígeno y de las válvulas de inyección de éste, - para evitar accidentes o muertes.

10. Se debe de contar con un botiquín bien equipado, - especialmente en caso de quemaduras y si es posible con un extinguidor, cerca de la zona de trabajo y promover el uso de guantes, caretas y ropas adecuadas.

Estos son los pasos más importantes que deben de considerarse para prevenir accidentes y obtener una buena producción y sobre todo mantener en óptimas condiciones la zona - de trabajo y en especial el horno.

CAPITULO V

CONTROL DE LA FUNDICION

CAPITULO V

CONTROL DE LA FUNDICION

La temperatura que impera dentro del horno es muy importante controlarla, ya que de ésto depende un buen consumo del combustible, obtención de fluidez del metal y fuerte desarrollo de calor.

Para obtener esta condición, existen métodos de análisis y control de la temperatura, los cuales algunos de ellos ya fueron mencionados en el capítulo anterior, como el color de la escoria, la selección adecuada de la chatarra, el color de la chispa, color del metal, etc. Además se cuenta con aparatos, pruebas físicas y químicas, las cuales son el objetivo primordial de este capítulo.

V.1 CONTROL DE LA TEMPERATURA MEDIANTE PRUEBAS METALURGICAS.

La temperatura del hierro fundido que sale del cubilote depende principalmente de la relación de coque y por el volumen del aire suministrado, existiendo una relación práctica expresada por:

$$\frac{\text{AIRE}}{\text{COQUE}} = 3.76$$

La cual es muy considerable para fines prácticos.

La temperatura de vaciado determina en un grado considerable la fluidez del metal fundido y, en mayor o menor extensión, las características físicas de la pieza vaciada.

A este objeto se realizan las pruebas metalúrgicas inmediatas, las cuales son:

1. Pruebas de colabilidad.

2. Pruebas de temple.
3. Pruebas de sensibilidad al espesor.
4. Pruebas de tendencia al rechupe.

Las cuales nos ayudan a conocer en pocos minutos si el metal contenido en el caldero de colada posee las características adecuadas para colar determinadas piezas.

1. Prueba de Colabilidad.— Esta prueba de colabilidad o también llamada Cury, es la preparación de una caja en arena verde, con la huella de una espiral, y se cuela. — La longitud de la espiral obtenida (que se determina fácilmente multiplicando el número de señales por 50 mm), es un índice de la colabilidad del metal (Fig. 34). Hay que tomar las siguientes precauciones:

- El filtro debe estar bien calibrado y todo el molde perfectamente limpio en el acto de la colada.

- La caja del molde debe estar bien cerrada, para no formar rebabas, es conveniente que sea metálica y mecanizada.

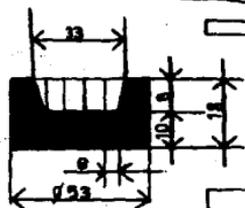
- Durante la colada, el molde debe estar en posición horizontal y el nivel del metal en el bebedero debe mantenerse constante (la humedad de la arena y del aire no producen efectos sobre el resultado).

2. Prueba del Temple.— Esta prueba también llamada de la Cuña, nos indica la cantidad existente de Silicio, la probeta que se obtiene puede ser triangular o paralelepípedica (Fig. 35) y midiendo sus espesores —después de abrirla de la parte blanca, la cual nos determinará el porcentaje de Silicio, el espesor del temple y la calidad de sustancias químicas. A continuación se muestran algunas tablas — indicándonos la forma de medición del Silicio y del Temple. (Tabla 10).

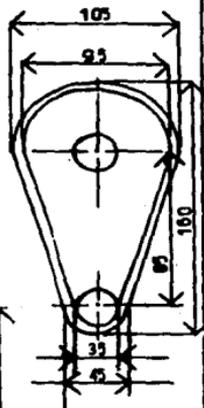
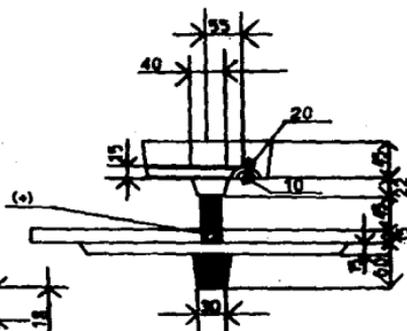
Sección de la
Espiral



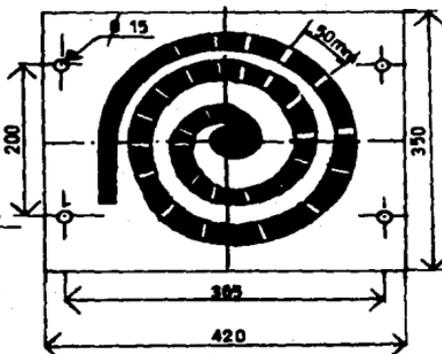
Caja de núcleo
del filtro.



(*) Placa agujereada
15.5 para el paso
de la colada.



Espiral con
paso de 24mm
trazada a
centros,
40 agujeros.



Escala 1:5

FES—CUAUTILAN

2-JULIO-68

Reviso:



Fig. 34.— Prueba de colabilidad o de Cury,
de Espiral.

Dibujo: Gy A

Acot: mm

Diseño de un
horno de
cubilote.

**ESPESOR DE TEMPLE (%) SEGÚN EL CONTENIDO DE SILICIO
CON PROBETA TRIANGULAR**

TEMPLE mm	SILICIO %
20.0	1.15
17.5	1.24
15.0	1.34
12.5	1.50
10.0	1.73
7.5	2.04
5.2	2.30

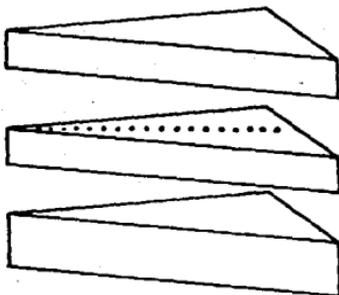
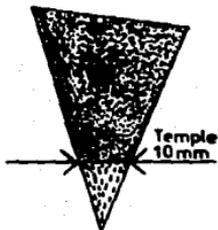
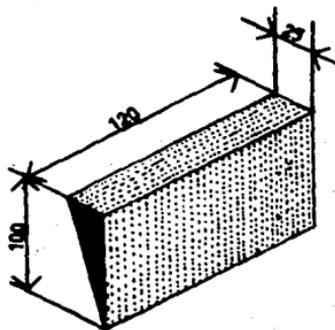


Diagrama de una Cuña



Escala

FES — CUAUTITLAN

2-JULIO-88

Reviso:



Tabla 10. Prueba de temple con probeta triangular. La probeta es colada en coque. El temple medio como indica la figura (abajo izquierda) nos da el % de silicio según la tabla superior.

Dibujo: G y A

Acot: mm

Diseño de un horno de cubilote

3. Prueba de Sensibilidad al Espesor.- El hierro fundido enfría más rápidamente en las zonas delgadas y resultan mucho más claras, más compactas y más ricas de carbono, mientras las zonas espesas enfrían lentamente, lo cual provoca tensiones internas, deformaciones y roturas.

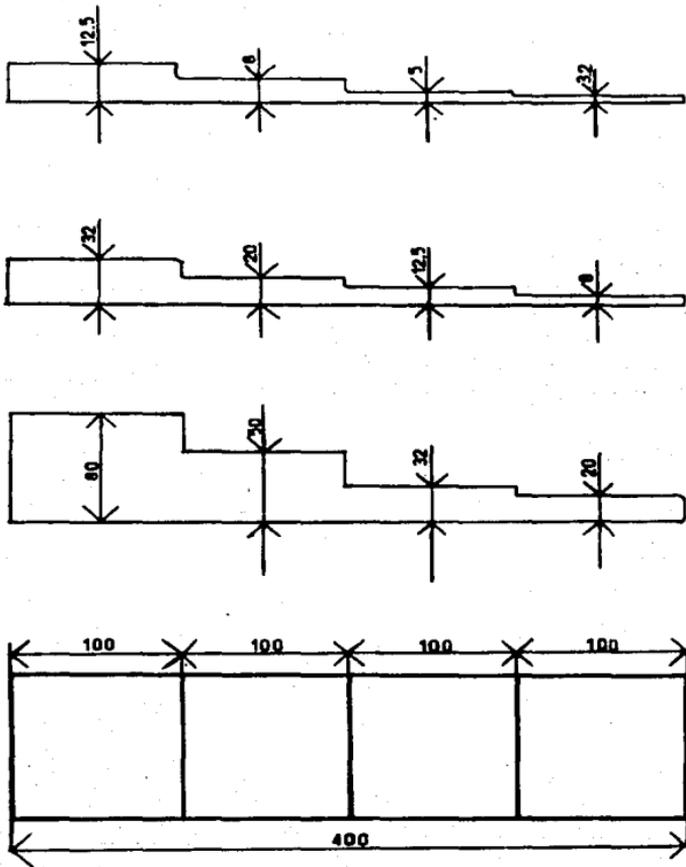
No todos los hierros se comportan así, y esta prueba tiene como objeto el descubrir estas características.

Se usan en general las probetas escalonadas (Fig. 35), de tres tipos: grande, mediana y pequeña, para comprender los campos más comunes de las piezas. Después de la colada se rompe la probeta y se examina la fractura o se aplana en una de las secciones rotas y se sigue la prueba de Brinell en el centro de los escalones.

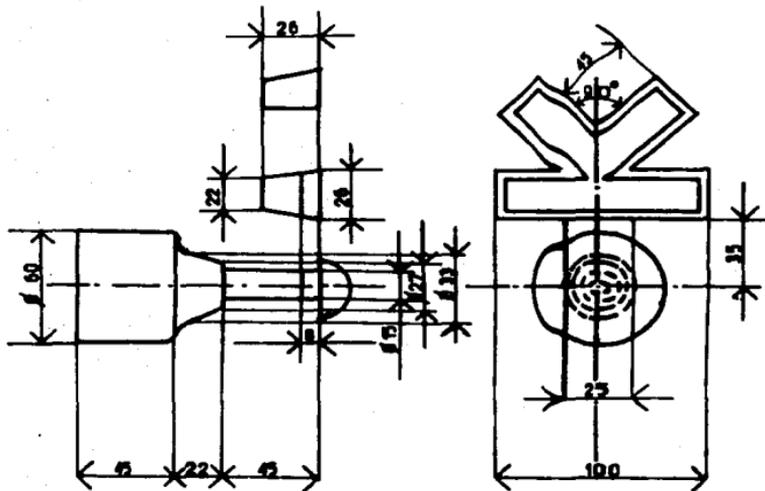
La probeta escalonada puede servir también como prueba de tendencia al rechupe.

4. Prueba de la Tendencia al Rechupe.- Se pueden usar para esta prueba probetas escalonadas (Fig. 36) o también la probeta en forma de K, que es colada en arena verde; después del enfriamiento se rompe la probeta y se examina la parte central, donde convergen los 4 brazos y el canal de la colada que es el punto donde tiende a formarse eventualmente los rechupes.

Como se observó la fluidez del metal, sus propiedades físicas y su estructura dependen del control de la temperatura, ésto explica la importancia que tiene este control en la operación del cubilote.



Escala 1:2.5	FES—CUAUTILAN	2-JULIO-88	Reviso:
 Acot: mm	Fig. 39.- Probeta de sensibilidad a los espesores. La longitud y la anchura de las probetas son constantes (400 y 100 mm) pero se pueden obtener 3 series de espesores.		Dibujo: G y A Diseño de un horno de subfrito.



La Probeta en forma de K se cuele en arena verde. El examen de la estructura en el cruce de los brazos, después de la rotura de la probeta, da una idea de la tendencia al rechupe del hierro coado.

Escala 1:2

FES — CUAUTILAN

23-JULIO-66

Revisó:



Fig. 36.- Probeta en forma de K para la comprobación de la tendencia al rechupe.

Dibujo: GyA

Diseño de un horno de cubilote.

V.2 CONTROL DE LA TEMPERATURA MEDIANTE EQUIPOS DE MEDICION.

Es difícil medir con precisión la temperatura del hierro fundido en el cubilote, sin embargo, se han desarrollado investigaciones y se han establecido ciertos procedimientos, por medio de los cuales es posible medir estas temperaturas con una precisión aceptable durante la hornada.

La temperatura del hierro fundido se puede medir mediante:

- a) Pirómetros Ópticos.
- b) Pirómetro de Radiación.
- c) Termopar de Inmersión.

a) Pirómetro Óptico.- La operación de un Pirómetro Óptico depende de la comparación fotométrica de la intensidad de la luz irradiada del cuerpo bajo observación con la emitida por el filamento de una lámpara incandescente estándar. La intensidad de la radiación del filamento es proporcional a la corriente que pasa a través de él.

Mide la temperatura mediante fotometría del espectro de luz, la energía espectral en la porción roja del espectro aumenta a un régimen tal que a 1000°C es 18 veces, y a 2000°C es alrededor de 10 veces el régimen al que la temperatura absoluta aumenta. Esta es la ley fundamental en que se basa la operación del pirómetro óptico. Por lo tanto, para obtener una precisión del 1% de la temperatura absoluta, la energía total radiada necesita ser medida solamente en un 4%, y la energía espectral entre 10 y 18%. Como nota podemos decir que la energía radiada emitida por unidad de área y unidad de tiempo por todos los cuerpos calientes depende de la temperatura y las características de la superficie del cuerpo.

b) Pirómetro de Radiación.- El pirómetro de radiación -- depende del efecto de calefacción de toda o gran parte de la energía radiante emitida por una unidad de área de la su perficie calentada. La energía se concentra sobre la unión de uno o una serie de termopares, generándose así una f.e.m. (fuerza electromotriz) que es registrada en términos de tem peratura.

Los pirómetro de radiación son clasificados de acuerdo con el sistema óptico empleado en su construcción:

- Espejos o lentes, dependiendo del dispositivo de enfoque.

- Foco fijo o variable, dependiendo del medio provisto para cambiar la distancia entre termopar y el agente de enfoque para compensar los cambios entre la distancia del -- agente de enfoque y la superficie caliente.

Los pirómetros de radiación están calibrados para medir la temperatura bajo condiciones del cuerpo negro. Además, las limitaciones impuestas por las leyes de radiación deben ser tomadas en consideración cuando se les emplea para medir las temperaturas del hierro fundido.

Condiciones del cuerpo negro.- Para eliminar los efectos variantes de las características de la superficie, tanto el pirómetro óptico como el de radiación se calibran para ser usados bajo las condiciones del cuerpo negro. Un -- cuerpo negro puede definirse como un radiador que, a cualquier temperatura específica, emita en cada parte del espectro la máxima energía obtenida por unidad de tiempo, como -- un resultado de la temperatura solamente.

Las condiciones de cuerpo negro se consiguen en un es-

pacio que esté completamente rodeado por paredes calentadas uniformemente. La relación de la energía radiante por unidad de tiempo y por unidad de área emitida por un cuerpo a la energía emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura, se llama "emitancia". La emitancia total se refiere a la radiación de todas las longitudes de onda, y la emitancia monocromática se refiere a la radiación de una longitud de onda en particular.

c) Termopar de Inmersión.- Como su nombre lo indica, estos tipos de termopar son sumergidos en el hierro fundido - que sale de la piquera. Existen diferentes tipos, de los cuales los más usados son los de Platino - Platino Rodio.

Los termopares de platino pueden ser usados para medir temperaturas hasta 2900°F (1593°C) durante intervalos cortos. El alto costo inicial de los termopares de platino, y el costo de remplazo y mantenimiento, son considerables en el uso, por lo tanto debe tenerse extremadas precauciones en su uso.

Otros tipos de termopares de inmersión son:

- Termopares de Carbón y Grafito.
- Termopares de Tungsteno y Molibdeno.
- Termopares de Grafito y Carburo de Silicio.
- Termopares de Grafito y Tungsteno.

Algunas características de estos termopares son:

- i) Medición de temperaturas hasta 1815°C.
- ii) Respuestas de mediciones de temperaturas rápidas.
- iii) Mediciones de temperaturas no afectadas por el humo.
- iv) Fuerza Termo - electromotriz más alta.
- v) Y la desventaja más grande, es su alto costo.

Como conclusión puede decirse que el equipo que facilite más rápidamente nuestras necesidades y que tenga un costo bajo, será el adecuado para nuestra operación. Todos estos equipos de medición deben ser controlados por un especialista o persona autorizada, el cual le dará el uso y mantenimiento adecuado a las necesidades.

CAPITULO VI

CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

CAPITULO VI

CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA

VI.1 INTRODUCCION.

La contaminación atmosférica ha sido definida en los códigos como cualquier substancia emitida a la atmósfera en concentraciones suficientes para interferir con la comodidad, seguridad o salud del hombre o con el pleno uso y disfrute de su propiedad. Esto confina el problema del fundidor a un problema económico. Lo que constituye una molestia en un área, puede no ser de gran importancia en otra, además lo que determina el nivel bruto de concentración de contaminantes es la topografía del terreno circundante y la meteorología de la zona.

El problema del fundidor en lo concerniente al control de la contaminación del aire y, en particular, el control de las emisiones del cubilote en las operaciones de fusión, es principalmente un problema de molestias, puesto que el daño mensurable a la salud humana producido por la contaminación industrial es considerable.

Se ha verificado que dentro de la fundición, la fuente principal de contaminación del aire es el cubilote, por lo que los colectores de polvo convencionales utilizados en años anteriores ya no son efectivos para controlar la emisión, a lo cual se han desarrollado equipos especiales para el control más efectivo. Existen diferencias entre el equipo convencional de descarga local y colector de polvo empleado para controlar el polvo en la fundición y el equipo empleado para el control de la contaminación del aire en el exterior de la fundición, éstos están basados en:

a) El pequeño tamaño de las partículas, de una porción de las emisiones del cubilote.

b) El color visible de estas emisiones, que puede ser clasificado como humo.

c) La alta temperatura y volúmenes crecientes de los gases arrastrados, que han de ser manejados por el equipo - contra la contaminación del aire.

Ya que en la operación de fusión del cubilote se desprenden gases a altas temperaturas y en grandes volúmenes, - cargados con partículas de polvo y vapores o emanaciones; - ésto varía según las operaciones del cubilote, dependiendo del régimen de fusión, métodos de carga y limpieza de los materiales.

VI.2 NATURALEZA DE LAS EMISIONES DEL CUBILOTE.

Los gases procedentes de una operación de fusión, generalmente son el polvo, las emanaciones y el humo. Estos -- son clasificados de acuerdo con el tamaño de las partículas y el modo de generación.

Los polvos están formados por sólidos, inorgánicos u orgánicos, sobre los que se emplea una fuerza mecánica (trituración, molido, etc.). El polvo se define como un gas -- conteniendo partículas acarreadas de tamaño mayor que una micra en su diámetro medio.

Las emanaciones están formadas por partículas sólidas -- procedentes de la oxidación, sublimación o condensación. -- Los vapores son de tamaño menor de una micra, aún cuando -- pueden reunirse (flocular) y formar partículas más grandes.

La palabra emanación será utilizada para hacer una dis

tinción clara entre los humos procedentes de la combustión y los humos de otras procedencias.

Los humos se forman de la combustión de materiales carbonosos y, generalmente, son el producto de una combustión incompleta. El tamaño de las partículas de los humos es, - por lo general, menor de 0.5 micras.

Generalmente, los gases procedentes de los cubilotes - contienen partículas de polvo y emanaciones. Estas emisiones forman diversos porcentajes de Carbono, Silicio, Hierro, Sodio, Oxido de Hierro, Manganeso, Calcio, Silicato, Azufre y otros sólidos metálicos y no metálicos.

La unidad de medida de las partículas que forman las - emisiones del cubilote es la micra. Una micra es una millo - nésima de metro.

El dióxido de azufre que escapa con los gases del cubi - lote está en las cercanías del 0.004% en volumen, y se con - sidera como una molestia solamente cuando hay una inversión de temperatura que cause una concentración de estas emana - ciones al nivel de la tierra, o cuando se hace circular - - agua a través del gas, en cuyo caso se forma ácido sulfúri - co. Esta molestia puede ser reducida mediante un agente - - neutralizador.

VI.3 DISPERSION DEL POLVO Y LOS VAPORES.

En el caso de cubilotes que emplean materiales sucios - en la carga, se acarrea una considerable cantidad de polvo - grueso con los gases. Sin embargo, los vapores metálicos, - humo de petróleo (de pedacera impregnada) y las impurezas - gaseosas pueden ser dispersadas por corrientes de aire sobre

áreas amplias, contribuyendo a formar niebla y contaminación.

Obviamente, en donde el uso lo permite y la topografía o la meteorología son favorables, puede ser suficiente instalar un equipo de colección de polvo con la característica que impida el depósito de materiales ligeros haciendo salir las partículas de emanaciones por una chimenea alta, con el objeto de dispersarlas en una área más amplia. Debe hacerse notar que este procedimiento que era aceptable, va siendo cada vez menor, ya que las exigencias públicas contra la contaminación atmosférica aumentan constantemente. El abatimiento de la contaminación atmosférica, requiere la eliminación de una porción mayor de las partículas extramadamente finas.

El problema para seleccionar el equipo para la limpieza de los gases está intensificado por la alta temperatura, así como la extrama finura de las partículas, implica una gran dificultad. Para esto es necesario un pre-enfriamiento y en muchos casos deben emplearse materiales especiales para contrarrestar el calor y la corrosión.

Pueden obtenerse una gran variedad de métodos de enfriamiento de los gases, en forma individual o en diversas combinaciones, comprendiendo lo siguiente:

1. Enfriamiento por radiación y convección.
2. Enfriamiento evaporativo (requiere de un control cuidadoso para evitar la condensación).
3. Admisión de aire enfriante (aumenta el volumen total de gas a limpiar).

VI.4 EQUIPOS DE CONTROL CONVENCIONALES.

El problema principal al escoger un sistema de colección de polvos es el costo, ya que existen colectores de eficiencia media y eficiencia alta, por lo que analizaremos ambos.

A. Colectores de Polvo de Alta Eficiencia.

Para el tipo de colector de alta eficiencia existen dos tipos de diseño muy similares. Uno de estos hace uso de tubos filtradores de gran diámetro, fabricados de tela de vidrio, colocados en forma vertical. Otro de los diseños emplea tubos de fibra sintética de Orlón, los tubos son de menor diámetro, colocados también verticalmente.

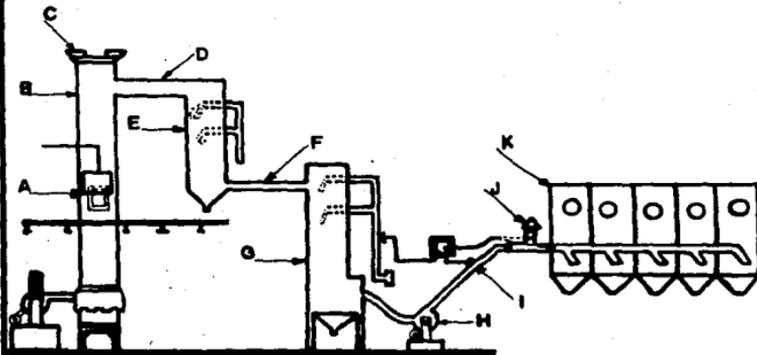
Para controlar la temperatura, ya que la tela de vidrio sólo puede soportar temperaturas de operación hasta de 260°C y la tela de Orlón hasta 135°C, del gas que llega del colector, se emplean en los ductos rociadores de agua, para proteger los tubos de tela.

En seguida se emplea una cámara separadora primaria, en la cual se remueven las partículas grandes de polvo.

A continuación se mencionan los tipos de equipos más usados dentro de las industrias.

- Filtros en forma de Bolsas.- En la Figura 37, se muestra un diagrama de una instalación de filtros en forma de bolsas, completamente automático, en la cual la captación de gases es muy cercana al 100%.

Otra aplicación de filtración de gases del cubilote implica el uso de intercambiadores de calor para el calenta-



- A)** DEFLECTOR CONTRAPESADO.
B) TUBO REVESTIDO CON MATERIAL REFRACTARIO.
C) TAPAS.
D) TUBO DE ACERO INOXIDABLE.
E) ENFRIADOR POR ROCIO.
F) DUCTO DE ACERO AL CARBONO.
G) ENFRIADOR SECUNDARIO.
H) EXTRACTOR.
I) TERMOPAR EN DUCTO DE ENTRADA.
J) ESCAPE EN CASO DE FALLA DE AGUA,
 O DE FUERZA MOTRIZ.
K) FILTRO DE BOLSAS CONTINUO DE 5
 COMPARTIMIENTOS, EQUIPADO CON BOLSAS
 DE ORLON Y MECANISMO DE SACUDIMIENTO
 ELECTRICO.

Escala: _____	FES — CUAUTITLAN	23-JULIO-66	Reviso:
	Fig. 37.- Equipo especial para contrarrestar los gases y materiales contaminantes que escapan del horno durante la fusión.		Dibujo: Gy A
U. S. H			Diseño de un horno de cubilote.

miento del aire soplado, como un sustituto del enfriamiento por rocío cuyo funcionamiento es el siguiente:

Una parte del gas combustible es extraída del cubilote y quemada en una cámara de combustión externa, pasando los productos calientes de la combustión a través de un intercambiador de calor tubular, en donde parte del calor contenido es transferido al aire limpio del soplador del cubilote, el cual es soplado por las toberas, con una reducción en el consumo de coque. El gas quemado en la chimenea del cubilote se reúne con el gas que sale del intercambiador para que ambos pasen a través de un separador primario antes de pasar a la caseta de bolsas.

Cabe mencionar que el filtro en esta unidad es del tipo de presión, con bolsas de fibra de vidrio sacudidas a mano. El área de la tela de las grandes bolsas de filtración es de 1.05 m^2 ($\phi = 0.23 \text{ m.} \times 4.57 \text{ m.}$ de longitud), están basadas en una relación aire-a-tela de 30:1. Cuando la caída de presión llega a ser de unos 152 mm. de columna de agua, un operario aísla cada sección y opera el sadudidor.

- Precipitadores Eléctricos.- El precipitador eléctrico es un purificador de aire de alto voltaje que ha sido aplicado a la colección de partículas como las que se encuentran en los gases de descarga de los cubilotes, en éste los gases, incluyendo las partículas en suspensión que han de ser recogidas, son llevados a un acondicionador a través de un intercambiador de calor, en el acondicionador se adiciona humedad por medio de rociadores de agua, haciendo que la temperatura se reduzca, aumentando así la eficiencia del precipitador. Los gases pasan luego a través del campo de alto voltaje del precipitador, en donde las partículas de polvo reciben una descarga positiva, después de lo cual son

atraídas a una placa de polaridad opuesta. El precipitador es golpeado periódicamente (manual o automáticamente) y las partículas de polvo son precipitadas en una tolva para su fácil eliminación. El extractor se encuentra ubicado en el lado de aire limpio de la unidad.

B. Colectores de Polvos de Eficiencia Media.

Los colectores dinámicos secos o de cualquier otro tipo de impulsor rotatorio o de aspas fijas, son colectores de eficiencia media, para su funcionamiento se necesita un pequeño volumen de agua para proteger al colector de polvo. En este tipo de colectores no se necesitan los tanques de decantación.

Los colectores convencionales de tipo húmedo del polvo de la fundición, instalando unos rociadores de agua para enfriar el gas que pasa por los ductos, antes de llegar al colector de polvo. Estos colectores húmedos pueden tener tanques de decantación de lodos interconstruidos, así como transportadores de eliminación de los lodos, o bien pueden descargar por medio de un conducto de evacuación hasta los tanques de decantación.

Este tipo de colectores de eficiencia media, cuyo complejo es más sencillo, consisten de una envoltura circular-alargada que es de un diámetro aproximadamente del doble que el de la chimenea del cubilote, el cual está montado en la parte superior de la chimenea. Esta envoltura está equipada con rociadores de agua, placas deflectoras y una sección de drenaje.

Algunos de estos equipos se mencionan a continuación, siendo los más utilizados dentro de la industria.

- Jaula de Malla.- La jaula de malla es quizá el más simple de los tipos de colectores de polvo. Consiste de -- una jaula colocada alrededor de la parte alta del cubilote, con placas de construcción sólida en el fondo y parte de -- los lados con metal desplegado o malla de abertura fina, -- desde ahí hasta varios decímetros arriba de la parte supe-- rior del horno. La malla debe tener un área total suficien-- te para que se efectúe un enfriamiento completo para preven-- nir algún daño al encerramiento de la malla de metal. El - CO y muchas de las partículas combustibles más finas pueden ser quemadas en la parte superior del cubilote, si se insta-- lan encendedores de gas o de petróleo (del tipo adecuado) - en la puerta de carga, y si la coraza del cubilote está re-- vestida con refractario al menos unos 10 mts. arriba de la-- puerta de carga. Con este tipo de equipo no hay ductos ni-- extractores de gases, ni chimenea adicional.

- Colectores del Tipo Ciclónico.- Existen varios ti-- pos de colectores ciclónicos, que varían únicamente en sus-- eficiencias. ya que un ciclón sencillo tiene una eficiencia del 50% o como el ciclón de colectores múltiples, o el de - grupos, así como el de multi-conos y el de persianas, los - cuales tienen una eficiencia del 90%.

Con cualquiera de estos equipos es necesario tapar el-- cubilote, con una cubierta, la cual deberá estar dispuesta-- de modo que actúe como una puerta de escape en caso de ex-- plosión súbita de gases de CO. Es necesario instalar duc-- tos con un extractor, para sacar los gases del horno y lle-- varlos hasta el ciclón. El ducto conductor deberá estar re-- vestido con refractario, al menos hasta el primer rociador-- (es recomendable la colocación de varios rociadores en serie). Los rociadores se utilizan para reducir la temperatura de - los gases de escape.

El CO y muchos de los sólidos combustibles más finos - acarreados con el gas deberán ser quemados en la parte del ducto revestida con refractario, la cual resulta ser una cámara de combustión. En el caso de 2 cubilotes, los ductos estarán instalados de tal manera que conecte a ambos, habiéndose colocado compuertas apropiadas entre ellos de tal forma que solamente pueda ser operado un horno a la vez.

- Colectores de Cono Metálico.- Para este colector la chimenea del cubilote debe de estar cubierta y los gases de escape son dirigidos a través de una rejilla o cono ranurado y pasados por un colector secundario, en donde el polvo cae a unas tolvas. El exceso de aire es reingresado al cubilote por la puerta de carga, para enfriar los gases de -- descarga desde unos 260°C hasta más de 115°C. El gas del cubilote entra en esta unidad forzado por un soplador con un motor de aproximadamente 25 H.P. a temperaturas de 540°C. Sobre el horno se encuentra montada una envoltura de lámina de 4.57 mts. de diámetro por 2.44 mts. de altura, la cual - está cubierta por cuatro puertas embisagradas en forma triangular o de gajos de naranja (estas puertas se abren en caso de exceso calor o presión internas). Un ducto rectangular que va - desde la envoltura hasta el colector primario. El colector consiste en dos tubos de forma cónica (3 m. de largo y varian do su altura desde 0.61 m. hasta 0.13 m. de descarga). Estos tubos cónicos tienen numerosas persianas espaciadas, de tal forma que se opongan a la dirección del flujo normal del gas, el cual es descargado a una altura de 7.60 mts. a la atmósfera, el aire cargado de polvo continúa fluyendo a través - del extremo menor del cono y por un ducto de 0.20 mts. de - diámetro por 18 mts. de largo hasta el colector secundario, que es el ciclón. Las partículas más finas son recirculadas al colector primario.

- Lavadoras por rocío simple.- Consisten en un cilin-

dro sencillo montado sobre la chimenea de cubilote, con un rociador de agua colocado unos 45 cm. abajo de la parte superior de la coraza. Bajo la parte del cilindro que circun- da a la chimenea se coloca una especie de batea para reco- ger el agua de retorno del lavador, y el polvo que lleva, y es llevado hasta el tanque de escoria colocado a nivel de - piso. El gas CO y algunas de las partículas finas combusti- bles pueden ser quemadas en la parte superior de la chime- nea, antes de entrar al lavador, si se instalan en la puer- ta de carga quemadores de gas o petróleo. Estos quemadores son efectivos debido a la mayor cantidad de exceso de aire- que hay en la chimenea y que entra por la puerta de carga.

En esta instalación se emplea un sistema de elimina- - ción de la escoria por vía húmeda. Toda el agua empleada - retorna al tanque de escoria, en donde es usada nuevamente. En este tipo de instalación no se ha encontrado necesario - tratar el agua de retorno con carbonato de sodio.

- Lavador de gases del cubilote de tipo mejorado.- Es tá equipado con un cono localizado cerca de la parte supe- - rior de la coraza, sobre el que se descarga agua por medio- de un rociador. El cono deja un área libre para el paso -- del gas entre él y la coraza, esto es, de 2 a 4 veces el -- área de la chimenea del cubilote. Esto causa que los gases del horno, cargados de polvo, pasen a través de una larga - cortina de agua finamente dividida, a baja velocidad. Lo - cual permite que el agua entre en contacto con un gran volu- men de gases de escape, haciendo posible lavar y recoger -- prácticamente todas las partículas gruesas y muchas de las- finas. Otra ventaja importante de este tipo de colector es que es acarreado muy poco vapor de agua con los gases que - salen del colector, esto reduce a un mínimo la cantidad de- condensación y de agua evaporada conteniendo azufre. Este-

tipo de lavador ocupa hasta 757 lts. de agua por minuto. La cantidad de agua evaporada es del 24% o menos, esta agua es empleada como complemento para hornos eléctricos y otros -- equipos enfriadores con agua.

- Depurador Centrifugo.- La combinación de la fuerza-centrifuga y la de choque han sido empleadas en un depurador instalado como un colector secundario o final, además -- del lavador común de los gases de escape. Este tipo de -- equipo puede ser usado como una cámara de enfriamiento y la vador primario antes de procesar el gas y es transportado -- por medio de un colector de cámara de bolsas o un precipita dor electrostático.

- Eliminación de los gases del petróleo debido al uso del Sistema de Calefacción del Aire Soplado.- El volumen -- de humos de aceite, producidos por: lámina de acero impregnada, virutas de acero embriquetadas, o bien de hierro cola do impregnados en aceite, debe ser considerado al seleccio nar un sistema de colección de polvos.

La manera más efectiva de eliminar el humo del aceite es quemándolo en una cámara de combustión o en una chimenea alta en el cubilote, con un quemador localizado directamente bajo la puerta de carga para incendiar los gases. Ya -- que una cámara de combustión apropiada para quemar este hu mo de aceite es una parte necesaria en los sistemas de ca -- lentamiento del aire de soplado del cubilote con recupera -- ción de calor del mismo. El intercambiador de calor para -- la calefacción del aire de soplado puede ser seguido por un sistema de colección de polvos para el intercambiador, poder utilizarlo como colector de polvos gruesos primario.

VI.5 METODOS ADICIONALES DE CONTROL.*

Las siguientes son las sugerencias útiles en la operación, que eliminará algunas de las emisiones de la operación de fusión en el cubilote.

1. Analizar los contaminantes, para asegurarse de la causa y fuente del polvo. Determinar la concentración total de sólidos o régimen de emisión de materias, y separarlas en diferentes tamaños, para indicar su distribución.

2. Control íntimo sobre la fusión, con el objeto de hacer mínimos los óxidos metálicos (Fe, Si, y Mn) en el gas de escape.

3. Prevenir los humos carbonosos, tales como los causados por una combustión incompleta de substancias oleosas o alquitanas en la carga. Eliminar los aceites de corte en la chatarra, antes de la carga. Reducir el humo excesivo durante el período de encendido, mediante el empleo de quemadores de gas, lámparas de petróleo, o un encendedor eléctrico. Además, el primer hierro sangrado es más caliente que cuando se emplea madera, debido a que no hay abovedamiento del coque sobre la madera; esto permite el calentamiento del fondo del cubilote casi hasta la temperatura deseada en el hierro fundido, antes de comenzar la fusión.

4. Evítense el manejo tosco del coque. Reducir la distancia de caída de las cargas intermedias de coque, introduciendo la carga cuando ha bajado solamente otra. Esto se deriva del tipo de carga o el tiempo de carga, ya que pueden

* Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la emisión de Humo y Polvos. Diario Oficial de la Federación, Septiembre 17 de 1971.

ser lentas, medias o rápidas, según la combustión de la carga anterior. Eliminar los finos pedazos de coque. Instállese bajo las tolvas un cedazo o practíquese perforaciones en el canal de alimentación. Si no se dispone de lo anterior, empleese un bieldo para manejar el coque.

5. Las virutas finas de acero deberán de ser embriquetadas en forma compacta.

6. Evítese que la caliza se moje con la lluvia.

7. Qútese la arena suelta de las coladas (hierro de fábrica). Retírense de la chatarra el polvo y los productos de la corrosión. Sepárese la arena magnéticamente o haciendo caer bruscamente las coladas sobre un juego de barras inclinadas.

8. Diluir los gases de escape. Abrase la puerta de carga. La dilución funciona de las siguientes maneras:

a) Enfría los gases calientes, especialmente cuando se usa en conjunto con un supresor húmero. Los gases fríos evaporan menos agua.

b) Reduce las concentraciones de materiales sólidos como gaseosos.

c) Suministra oxígeno fresco para quemar el CO, el Cico de coque, los vapores del aceite de corte, y el humo carbonoso.

d) Ventila la puerta de carga.

Sin embargo, si se ha de recuperar el calor, la dilución puede no ser deseable, puesto que:

- i) Disminuye el calor latente en el CO y que es necesario para la combustión.
- ii) Aumenta el volumen de gas que debe manejar el sistema.

9. Extiéndase la altura de la chimenea. Esto proporcionará un tiro mejor y además se eliminan los "soplos" en la puerta de carga.

10. Instale un deflector en forma de casquete.

11. Coloquense quemadores piloto o lámparas de encendido en cuadrantes en el interior de la chimenea, para incendiar los gases de escape (puertas de carga abiertas).

12. Instalar un supresor de polvo.

Estos códigos están referidos a los cubilotes convencionales en nuestro caso, tomaremos en cuenta los de mayor importancia y tratando de contar con el equipo más económico.

VI.6 CODIGOS Y ORDENANZAS DE CONTROL CONTRA LA CONTAMINACION ATMOSFERICA.*

En todos los códigos sobre la contaminación del aire interviene el humo. Por lo que se estableció una medida -- estándar de estas emisiones visibles, basadas en una carta -- llamada Escala Ringlemann, para calificar la densidad del humo. Esta escala fue designada como un indicador del control de la combustión. Muchos operadores pueden cumplir -- con los requerimientos de esta escala, excepto, en el caso del período de encendido o cuando está incluida una consideración Referencia en la Bibliografía.

nable cantidad de aceite y grasa en la pedacería o en los metales embriquetados. Las densidades de color, tal como se establecen en los códigos y numeradas según la escala -- Ringlemann, están indicadas en la carta. El "umbrascopio" y el "humoscopio" son dos instrumentos que pueden ser empleados para determinar el porcentaje de humo visible, de acuerdo a la escala.

- Códigos y Ordenanzas.- En ciertas áreas críticas, en donde las condiciones topográficas y meteorológicas son desfavorables a la dispersión rápida de emisiones de chimeneas industriales, se han situado restricciones legales sobre el régimen de la masa de emisión o sobre la concentración de contaminantes en los gases de descarga. Ya que en muchos casos la industria de la fundición es señalada como la mayor contribuyente al problema general de la contaminación del aire.

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), por medio de uno de sus comités, estableció un modelo de regulaciones y ordenanzas sobre el humo, la cual incluye una referencia a la Escala de Ringlemann, y a las emisiones permitibles, siendo la que sigue un párrafo de este código.

"Ninguna persona puede causar, sufrir o permitir que sean emitidos al aire abierto humo procedente de equipos de combustión, máquinas de combustión interna, fuego en lugares abiertos o cerrados, cuyo matiz o apariencia sea igual o más oscura que la No. 2 de la Carta Ringlemann, a excepción de:

1. El humo cuya apariencia o matiz sea igual, pero no más oscuro que el No. 2 de la Carta Ringlemann, durante un período o períodos que sumen 4 minutos durante cada 30 min.

2. El humo cuya apariencia o matiz sea igual, pero no más oscuro, que el No. 3 de la carta Ringlemann, durante un período o períodos que sumen 3 min. durante - 15 min. cuando se forme un fuego nuevo o cuando ocurra la perturbación o falla de un equipo de manera tal que sea evidente que la emisión no pudo prevenirse razonablemente.

Las limitaciones dadas no tendrán efecto durante los - períodos de falla de los equipos, siempre que sea evidente que la emisión no es razonablemente prevista. La cantidad de sólidos en los gases deberá ser determinada de acuerdo - con el código de pruebas para aparatos de separación de polvos de la ASME, vigente y enmendada a la fecha, y que se incluye en esta ordenanza como referencia.

"Ninguna persona puede causar, sufrir o permitir que - sean permitidos por las chimeneas hollín o emanaciones procedentes de equipos de combustión, máquinas de combustión - interna, locomotoras de ferrocarril, vehículos, premisas o fuego abierto que vayan en deterioramiento de la propiedad - privada o sean una molestia para cualquier persona ajena -- o no relacionada con la causa de la emisión.

Cualquier código, para que sea justo y equitativo, - - debe tomar conocimiento del hecho de que el requerimiento - del control en un área puede no llevar ninguna semejanza, - dentro de lo razonable. Los que fuesen responsables de la - preparación, promulgación y cumplimiento de las regulacio- - nes sobre contaminación atmosférica no pueden ignorar los - factores de uso de la tierra, meteorología y topografía, ni sería equitativo promulgar normas de una restricción tal -- que no fuese posible su cumplimiento.

CONCLUSIONES

La realización de este estudio pretende la participación activa tanto de los alumnos como de los profesores en las actividades, así como la comprensión de las técnicas de fundición del horno de cubilote como los de otros procesos, por lo que llegamos a lo siguiente:

1. La construcción del horno deberá realizarse en forma coordinada para no olvidar pieza o parte indispensable en el proceso. Se recomienda seguir los pasos que se indican dentro del estudio.

2. El encargado del horno deberá tener la capacitación necesaria sobre la operación del horno de cubilote.

3. Dentro del proceso de operación se deberán tomar todas las medidas necesarias para evitar accidentes.

Debe contarse con ropas adecuadas, guantes, botas, casacos, gafas, etc., así como el herramental indicado anteriormente y mantener un lugar de trabajo limpio y adaptado con equipos de prevención de incendios (mangueras de presión y extinguidores) para evitar daños al equipo y sobre todo prevenir lesiones y quemaduras graves.

4. El tamaño del combustible, el uso del aire, la preparación de la cama y el encendido son fundamentales para una buena operación, por lo tanto deberán tomarse las medidas y preparaciones necesarias con anterioridad.

5. Pesar la materia prima y el combustible en cada carga e identificar cuando debe ser una carga lenta, rápida o normal, anotando los cambios producidos inmediatamente --

dentro de la fusión.

6. El uso del coque Americano para la producción de - un hierro de calidad, es fundamental, debido a las caracte- rísticas que presenta.

7. El combustible debe almacenarse en un lugar seco y donde no penetre la lluvia, debido a que ésto ocasionaría - que el coque se haga quebradizo y frágil, perdiendo propie- dades.

8. La aplicación de fundentes, así como la cantidad - depende de la característica de la fusión, lo que se reco- mienda usar con propiedad.

9. Es recomendable usar pedacería de monoblock como - materia prima y chatarra seleccionada para aumentar la cali- dad de las piezas a producir y evitar la emisión de cenizas de gran tamaño.

10. La temperatura dentro del horno es fundamental, -- por lo que debe ser observada y medida en todo lo posible - durante el proceso.

11. Se recomienda el uso de dos ventiladores, en el ca- so de falla, ya que ésto ocasionaría el enfriamiento dentro del horno, causando encoronamientos y taponeo de las tobe- ras y la difícil estabilidad del hierro líquido.

12. Si la combustión es muy lenta se recomienda el uso de oxígeno como auxiliar para acelerarla, tomando las debi- das precauciones.

13. Si se requiere una colada menor que la estandariza

da se tendrá que realizar un análisis mediante la memoria - de cálculo.

14. El revestimiento del horno deberá revisarse después de cada jornada y repararse cada vez que sea necesario.

15. La obtención de muestras para la realización de los análisis químicos y físicos, son importantes para determinar fallas y resultados durante el proceso, por lo que se recomienda tomar notas de éstos en cada operación.

16. El uso de equipos anticontaminantes es indispensable en la aplicación del cubilote, debido a que éste es uno de los hornos más sucios dentro de los procesos de fundición, por el uso del coque.

Se incita a las futuras generaciones en la creación de proyectos de nuevos equipos anticontaminantes no sólo dentro de los procesos de fundición sino también en todas las áreas dentro de la industria.

BIBLIOGRAFIA

A) DIRECTA.

1. SHUMAN, American Froundrymen's Society. El Horno de Cubilote y su Operación. 6a. edición. Editorial Continental, 1977. 967 pág.
2. CAPELLO, Eduardo. Tecnología de la Fundición. 2a. -- edición. Editorial Gustavo Gil, S.A., 1971. 495 pág.
3. AVNER, Sydmev H. Introducción a la Metalurgia Física. 2a. edición, Mc Graw Hill, 1981. 695 pág.
4. APRAIZ, José. Fundiciones. 3a. edición. Editorial - Dossat, 1981. 167 pág.
5. APRAIZ, José Barreiro. Fabricación de Hierro y Acero. 1a. edición. URMO, S. A. de Ediciones, 1978. Tomos I y II. 800 pág.
6. TRINKS, W. y MAWHINNEY, M.H. Hornos Industriales. -- 1a. edición. URMO, S.A. de Ediciones, 1975. 506 pág.
7. TAYLOR, Howard F. y FLEMING, Merton C. Fundición para Ingenieros. 1a. edición. Cfa. Edit. Continental, S.A. 1961. 460 pág.

B) INDIRECTA.

1. M.F.C.T. El Cubilote. Centro Nacional de Enseñanza - Técnica Industrial. Sección Fundición. Texto. 68 pág.
2. SILVA Murillo, Carlos, VILLEDA C.V. Manuel, OROZCO, V.,

Salvador. Estudio Técnico-Económico para el Control - de Emisiones Atmosféricas en los Procesos de Fundición de Hierro Gris. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Dirección General de Saneamiento Atmosférico. Subdirección de Fuentes Fijas. Departamento de Ingeniería. Oficina de Muestreo de Fuentes. Febrero, 1982. 33 pág.

3. HOOVER, O.C., SAVANNAH, HAMILTON, J.A. Oxygen Enrichment as an Aid for Better Cupola Control in Basil Melting. Manual. UNION CARBIDE, Gas Products. 10 pág.
4. ROESCH, Karl y GUTHMANN, Kurt. Dimensiones y Rendimientos de los Cubilotes, Moldeo y Fundición. Revista Técnica No. 5 de la Sociedad Mexicana de Fundidores, - A.C., y el Instituto del Hierro y del Acero. 9 de marzo de 1950. 92 pág.
5. A.P. Green. Ladrillos Refractarios. Manuales de Oficina Central (Periférico Sur No. 3557) y Laboratorios- (Francisco Montes de Oca No. 1342, Tlalnepantla Estado de México), 5 agosto 1986. 10 pág.
6. Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica Originada por la Emisión de Humos y Polvos. Diario Oficial de la Federación, Septiembre - 17 de 1971. Información enviada por Fábrica "Orión, - S. A.", a esta S.M.A., sobre las características del cubilote sin coque, publicadas por la "British Cast -- Iron Research Association".
7. COKE INDUSTRIAL. Características del Coke Industrial. Folleto. Coke Industrial (Calz. Coltongo 121-A, México, D.F.) 8 pág.

8. AMALGAMA, S.A. DE C.V. Producción de Coke. Folleto. - (Amalgama, S.A. de C.V., Velazco de León No. 39, México, D.F.) 20 pág.
9. EMPIRE COKE MEXICANA, S.A. Normas de Almacenamiento - de Materia Prima. (Empire Coke Mexicana, S.A., Poniente 116 No. 520, Z.P. 16, México, D.F.) 42 pág.
10. VENTILADORES FLÄKT. Especificaciones y Capacidades de los ventiladores Fläkt. (Ventiladores Fläkt, S.A., -- Av. Gustavo Baz No. 166, Tlalnepantla Estado de México) 20 pág.
11. Apuntes de Fundición. CONALEP y PROSISA. (Proveedores-Siderúrgicos, S.A.) 138 pág.
12. SELECCIONES DEL READER'S DIGEST. Gran Diccionario Enciclopédico Ilustrado. 6a. edición. D.R. Reader's -- Digest, México, S.A. de C.V., 1972. Tomos del I al -- VIII. 4072 pág.