

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



TESIS DONADA POR

D. G. B. - UNAM

**OPTIMIZACION DEL USO DE LAS FERROALEACIONES
EN EL PROCESO DE ACERACION AL OXIGENO B. O. F.
SICARTSA**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO**

PRESENTA

JOSE LUIS MELGAR LOPEZ

CD. UNIVERSITARIA, D. F. MARZO DE 1983.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

- Cap. 1.- Utilidad del uso de las ferroaleaciones en el proceso de aceración B.O.F.
- Cap. 2.- Procedimiento B.O.F.
- Cap. 3.- Descripción del taller.
- Cap. 4.- Descripción del equipo principal.
- Cap. 5.- Principio del procedimiento.
- Cap. 6.- Factores que afectan el consumo de las ferroaleaciones y de otros aditivos.
- Cap. 7.- Estadísticas de correlación de los datos muestreados.
- Cap. 8.- Resultados y conclusiones.

UTILIDAD DEL USO DE LAS FERROALEACIONES

EN EL PROCESO DE ACERACION B.O.F.

Las características del proceso BOF (basic oxygen furnace), horno básico al oxígeno, determinan por la velocidad de la operación misma y por las características de la carga empleada (arrabio, líquido, chatarra y pelet) que al final del proceso se tenga un baño metálico de composición variable.

En estas circunstancias de operación, alta velocidad de operación y composición variable, es imprescindible contar con aditivos que afinen en el menor tiempo posible las características químicas, metalográficas y térmicas del baño metálico.

Desde los primeros tiempos del desarrollo de los aceros se busco contar con elementos de adición que por sus características de disolución y versatilidad facilitaran la obtención de los materiales requeridos.

Las ferroligas han venido pues a suplir este requerimiento.

En un principio las ferroaleaciones consistían de hierro y tenían en menor proporción el otro metal que se deseaba incorporar al acero.

La mayoría de estas aleaciones con alto contenido de Fe. -- eran producidas en el alto horno, un ejemplo de estos inicios es el Spiegelcisen (o Spiegel) que contiene entre 10% y 28% de Mn., -- contra 60% y a veces casi el 80% de Fe.

Actualmente, en la práctica se utiliza muy poco Spiegel y -- la tendencia es a abandonarlo; igualmente se utiliza cada vez menos el alto horno para producir ferroaleaciones.

Los métodos de producción han revolucionado y actualmente se emplean los hornos eléctricos de reducción (electro termia) como sistema predominante y como procesos secundarios la aluminotermia, silicotermia o aluminosilicotermia para la fabricación de ferroligas.

Actualmente las ferroaleaciones tienen poco hierro comparativamente (del orden del 20-25% de hierro y en ocasiones menos del 10%) en tanto que el contenido del otro metal alcanza el 50, 75 y hasta el 80% de mezcla.

En resumen las ferroaleaciones por definición son ligas metálicas con alto porcentaje de uno ó más metales y de hierro, que se agregan durante el proceso de afino y al término del mismo en la etapa líquida del hierro y del acero con el fin de obtener las propiedades deseadas del metal final, lo cual se logra al fundirse y disolverse fácilmente las ferroaleaciones en el baño metálico.

Los objetivos principales del uso de ferroligas en la fabricación de aceros son:

- a).-Actuar como desoxidantes y desulfurantes.
- b).-Mejorar las propiedades físicas y mecánicas.
- c).-Dar resistencia a la corrosión.
- d).-Regular el tamaño de grano.
- e).-Aumentar la respuesta a los tratamientos Térmicos.
- f).-Y en general aportar parámetros de cambio en la balance químico, térmico y metalográfico del proceso de fabricación de aceros.

PROCEDIMIENTO B.O.F.

Partiendo de la idea de utilizar oxígeno puro para convertir hierro fundido en acero se trató desde hace más de 100 años utilizar este proceso, siendo al principio solo un proyecto ya que la separación de oxígeno del aire suponía a su vez un proceso incosteable.

Los primeros experimentos a escala experimental se llevaron a cabo por el profesor Robert Durrer en los talleres de Gerlafingen de la Compañía Gesellschaft für Ludw Von Rolleschen Eisenwerke A.G. en Suiza. La instalación del 1er. convertidor experimental fué en 1947 y en 1958 se obtuvo la primer tonelada de acero producida de esta manera.

Basandose en estas experiencias se instaló al primer convertidor a escala industrial en Linz, Austria, en la Compañía VOEST, Vereingite Osterreichische Eisen und Stahlwerke colando con éxito por primera vez en 1949.

En Donawitz, Austria se instalaron 2 convertidores de 5 y 10 ton., estudiandose en ellos no solo el aspecto técnico sino el futuro económico del descubrimiento.

La primera planta con producción a escala industrial productiva se construyó en Linz en 1952 con una capacidad anual de 250,000 ton.

La primer planta construida fuera de Austria fué La Dominion Foundries en Hamilton, Canadá, habiendose producido en Austria para este entonces más de 8'000,000 de Ton. de Acero.

Este proceso opera con cualquier tipo de arrabio, si bien en su inicio siempre se utilizó arrabio en fósforo, el paso del

tiempo ha determinado un avance que permite incluso utilizar --
arrabio Thomas de hasta 2% de fósforo.

Las características de este proceso lo hacen ideal para --
acérias que dispongan de suficiente arrabio líquido y que deban
entregar una cantidad grande de acero al tren de laminación. Se
aplica principalmente para la producción de aceros para chapa -
de embutición profunda.

DESCRIPCION DEL TALLER.

La localización de la planta se hizo de tal manera para facilitar el máximo el flujo de materiales con la menor interferencia posible.

La disposición general del taller se muestra como sigue, -- ocupa una área de 15,360 m² y comprende cuatro naves.

NAVE DE CARGA.

De 4200m² donde se encuentran localizadas las grúas de carga de arrabio con capacidad de 180/ 60/ 20 Tons. y la de carga de chatarra con capacidad de 65/ 30 Tons.

NAVE DE CONVERTIDORES.

De 3060 m² es la principal del taller y en donde se localiza el siguiente equipo: Sistema de enfriamiento y depurador de gases; Sistema de tolvas de aditivos; Sistema de inyección de oxígeno y convertidores.

NAVE DE PREPARACION DE OLLAS.

De 3600m² donde se encuentra una grúa viajera con capacidad de 80/20 Tons. para asistir en el desmantelamiento y revestimiento de ollas de acero y arrabio.

NAVE DE TRANSFERENCIA DE OLLAS.

De 4500m² donde las ollas son transportadas hacia colada -- continua, aquí también se encuentra el taller de preparación de tapones de ollas, y también 2 grúas puente de 180/60/20 Tons. de capacidad.

Existen además una serie de edificios auxiliares adyacentes al edificio principal entre los que se encuentran las siguientes instalaciones:

PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.

Es aquí donde se lleva a cabo la separación de los lodos formados por la saturación del agua de lavado en el sistema de depuración de gases.

PATIO DE CHATARRA.

Donde ésta, es almacenada, cortada y cargada en cajas por medio de 2 grúas de 15 Tons. de capacidad provistas de electroimán.

TOLVAS SUBTERRANEAS.

Es aquí donde se lleva a cabo la recepción de materiales tales como: escorificantes, fundentes y refrigerantes.

SUBESTACION ELECTRICA.

TALLER MECANICO.

ALMACEN DE FERROALEACIONES.

OFICINAS GENERALES B.O.F.

Están provistos dos elevadores localizados en los extremos de la nave de convertidores y adyacentes a las plataformas del edificio, uno es para el uso del personal con capacidad de 0.8-Tons. y el otro para carga con capacidad de 15 Tons., y ambos sirven a cada una de las plataformas que forman la torre principal.

MANEJO DE ARRABIO.

El arrabio proveniente del Alto horno, es recibido en carro torpedo de 230 Tons., los carros son movidos por sistema de transmisión individual.

Existen dos fosas cada una en posición de vaciado, están previstas para cubrir la producción actual y futura del taller, los carros de transporte están provistos de un equipo electrónico de pesaje de hasta 200 Tons.

Los gases desprendidos por el arrabio durante su transpor

te y vaciado son conducidos a un sistema de recolección de polvos del tipo de filtros a presión provistos de un ventilador extractor.

El arrabio antes de ser cargado al convertidor es desescorreado por medio de una máquina de tipo eléctrico/hidráulico localizada junto a la plataforma de trabajo.

MANEJO DE CHATARRA.

La chatarra es suministrada a la nave de chatarra una vez cortada y seleccionada, la nave de chatarra tiene una capacidad de almacenamiento para 15 días a máxima producción, las cajas de chatarra 2 de 32 m³ y 4 de 20 m³ de capacidad son llenadas y pesadas en plataformas dotadas de equipo electrónico.

MATERIAS PRIMAS.

Los fundentes, escorificantes y refrigerantes son recibidos en las tolvas subterráneas, siendo un número de 6 y de 200 m³ c/u, con capacidad de almacenamiento para la cal para más de 1 día a máxima capacidad de operación; las adiciones son transportadas a las tolvas de consumo diario por medio de una banda transportadora inclinada, el puente que soporta la banda, está completamente cubierta para proteger a los materiales, especialmente la cal de los agentes atmosféricos prevaletientes.

De acuerdo a la preselección de los materiales correspondientes, las tolvas de consumo diario son llenadas por un carro distribuidor, estas se localizan en la parte elevada de la nave de convertidores, son de 9 y tiene la siguiente capacidad: 2 de 80m³ para pelets; 2 de 128 m³ para cal; 5 de 25 m³ para fluorita, coque y cascarilla de laminación. El almacenamiento de la cal en estas tolvas es de poco más de 16 hrs. a máxima producción del taller.

~~El conjunto de tolvas elevadas o de consumo diario sirven~~
a ambos convertidores a través de una banda transportadora reversible de acero, previa dosificación en (7) tolvas pesadoras que para ese fin son utilizadas, las tolvas de pelets localizadas en los extremos del conjunto alimentan al convertidor directamente sin necesidad de pasarla mediante la banda transportadora; la capacidad de las tolvas pesadoras es como sigue: 2 de 5 m³ para cal; 2 de 5 m³ para pelets; 1 de 1 m³ para fluorita y coque; 1 de 1 m³ cascarrilla y reserva.

Para prevenir la contaminación debida a la formación de polvos, en los puntos de descarga de cada una de las tolvas y en el carro distribuidor, estos sistemas trabajan en base a un sistema de filtros de captación.

MANEJOS DE ADITIVOS A LA OLLA:

Las ferroaleaciones y aditivos a las ollas son almacenados junto al taller de aceración en una área cubierta localizada al este de la nave de convertidores.

El transporte del material hacia las tolvas de consumo, se lleva a cabo por medio de una cajas que se abren por el fondo y un polipasto eléctrico; las tolvas de capacidad de 10 m³ c/u se localizan entre los dos convertidores sobre la plataforma de revestimiento de los convertidores; hay 1 tolva móvil pesadora de 1 m³ que corre de las tolvas de materiales a las tolvas de retención que son las que descargan al convertidor por medio de vibrocanaleta.

MANEJO DE ACEROS Y ESCORIA.

El acero se vacía del convertidor en unas ollas con capacidad de 120 Tons., montados sobre carros de transferencia para llegar hasta la nave de transferencia para ir a colada continua antes de esto se toma la temperatura del acero y se homogeniza

mediante la inyección de N_2 por medio de una lanza cubierta de refractario.

La escoria se vacía en ollas de acero colado de 11 m^3 de volumen útil, estas ollas también están montadas sobre carros de transferencia (El manejo posterior de escoria está a cargo de un subcontratista, quien la trata y recupera el contenido metálico y lo resuministra en forma de chatarra).

Se tienen 14 ollas para acero y 8 para escoria, todas ellas junto con las ollas de carga de arrabio y chatarra, tienen la misma distancia entre los muñones, las ollas de acero están equipadas con el sistema de tapones de compuerta deslizable, el refractario de las ollas para acero y arrabio, se removido por medio de una máquina especial tipo "oruga" accionada con un sistema de transmisión diesel hidráulico y esta equipada con un brazo telescópico (activado hidráulicamente) para llevar a cabo la demolición por medio de aire comprimido.

Al brazo telescópico se le puede adaptar fácilmente diferentes herramientas para el desmantelamiento tanto de ollas como convertidores.

Para el calentamiento y secado de las ollas existen 6 quemadores a base de gas de coquería con una capacidad de $350 \text{ m}^3 \text{ N/Hr.}$ accionados con sistema hidráulico, también se cuenta con 3 quemadores para secar las ollas en posición vertical y 3 para calentarlos en posición horizontal, durante la reparación de los tapones.

DESCRIPCION DEL EQUIPO PRINCIPAL

a) CONVERTIDORES.

Un esquema del convertidor c/revest. (nuevo)-----85m³
Relación Vol/cap. para 100 Tons.-----0.85m³/tons.
" " " " " " -----0.77m³/tons.
Relación Altura/Diámetro Int.-----1.614
Peso del envoltente.-----85 Tons.
Peso del refractario.-----275 Tons.

Los convertidores tienen una capacidad nominal de 100 Tons. y fueron diseñados para producir hasta 120 ton/colada; la boca del convertidor esta protegida por un anillo en secciones hechas de hierro y la envoltente en si, esta protegida por placas de acero.

El revestimiento de seguridad es de ladrillos Magnesita recosidos (95-97% MgO), y el de trabajo de Magnesita impregnado de alquitrán, (95-97% MgO).

b) SISTEMA DE SUSPENSION.

La fuerza de inducción se realiza a través de la estrella de nervios con un anillo del balero, soldado a los nervios, siendo soportado por el disco del muñon con el anillo de éste.

Los dos elementos arreglados con el eje muñon absorben la carga total en todas las posiciones de giro.

c) ANILLO DE MUÑON.

El anillo de los muñones es independiente de la envoltente su cuerpo es una estructura de placas de tipo caja, soldadas y reforzadas por diafragmas; los muñones forjados estan soldados al anillo y ambos (Muñon y Anillo) son enfriados por agua aunque pueden operar sin este tipo de enfriamiento.

d) MECANISMO DE GIRO.

El convertidor esta accionado por dos motores C.D. y con una velocidad de 0.1 - 1.5 r.p.m.

e) REVESTIMIENTO DEL CONVERTIDOR.

Se lleva a cabo por medio de una plataforma desmontable y una grúa localizada sobre las vigas de soporte de las chimeneas, la alimentación del ladrillo se hace a través de la plataforma (de 16.75 m²).

f) LANZAS DE OXIGENO.

Cada convertidor tiene su propio sistema de lanzas con un carro de portalanzas independiente entre sí, dos conjuntos de lanza (uno en operación y otro de emergencia), dos sistemas de elevación de lanza y una estación de válvula.

Las lanzas estan enfriadas por agua y conectadas permanente mente a las líneas de oxígeno y agua, las boquillas de las lanzas tienen 3 orificios, la presión de oxígeno antes de la boquilla es aproximadamente de 9-10 Atm.; teniendo un flujo máximo de agua de enfriamiento de 220 m³/hr.

En la parte superior del taller sobre la nave de convertidores, hay una grúa con polipasto de 10 tons. para el manejo de lanzas montandolas y desmontandolas para su transporte al taller de reparación.

g) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y DEPURACION DE GASES.

Las ventajas que presenta el sistema de combustión suprimida o parcial se resume como sigue:

1.- Tamaño físico del equipo es relativamente pequeño y más ligero en peso, haciendo el edificio más razonable de tamaño.

2.- La cantidad de calor absorbida es menor, reduciendo así el circuito de agua de enfriamiento.

3.- El ventilador extractor es menor que en el sistema de combustión completa.

Teniendo una combustión suprimida de $N= 0.1$ y una combustión parcial de $N= 0.3$ de gases.

h) SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GASES.

Los gases que salen del convertidor son enfriados en una chimenea del tipo de membrana tubular y un sistema de circulación o tiro forzado usando agua desmineralizada para su enfriamiento, el sistema de chimeneas consiste en una parte móvil adaptada a un sistema de transmisión para cambiar de la posición desoplado, durante el revestimiento al convertidor, una parte fija incluyendo los ductos para la lanza de oxígeno y para la adición de materiales, una con puerta de emergencia refrigerada con agua y una chimenea de emergencia recubierta con material refractario en su interior.

Este sistema consiste en dos bombas de circulación forzada con capacidad de 1265 Tons./hr. para agua desmineralizada de 105° 129° C y una presión de 5.5 Atm.

- Una unidad de intercambiadores de calor (agua-agua).
- Un tanque de expansión con un volumen total de 30 m^3 .
- Sistema de emergencia (intercambiador de calor).
- La cortina deslizable es accionada con 4 cilindros hidráulicos y es enfriada con agua desmineralizada.

i) SISTEMA DE DEPURACION DE GASES.

El sistema húmedo de limpieza de gases consta de una unidad de 2 etapas de limpieza bastante compactas, esta unidad permite obtener 100 mg/m^3 N de gases a la salida del sistema.

Los gases que salen de la chimenea pasan directamente a la 1/a. Unidad recolectora de polvos, la cual es del tipo de Saturador Venturi quedando aproximadamente el 80% del contenido total de polvos.

Después del lavado primario para a la 2/a. unidad recolectora para su completa limpieza.

FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

En la entrada del Venturi los gases acelerados y a alta velocidad se inyecta agua a contracorriente, en la parte más estrecha del Venturi, en el difusor (del Venturi). La velocidad de los gases disminuye, formándose en este instante pequeñas gotas que contienen polvo húmedo.

Por efectos centrífugas, las partículas con polvos son separados y los gases limpios son expulsados por un ventilador de tiro inducido, a través de una chimenea equipada con un piloto a base de gases para quemarlos completamente de aquí el agua con polvo es conducida por gravedad a la planta de separación de lodos.

j) EQUIPO ELECTRICO Y SISTEMA DE DISTRIBUCION.

La alimentación principal de energía eléctrica al taller -- aceración S.S.F. se recibe al través de una línea de 34.5 KV la cual es reducida a 13.8 KV por medio de un transformador de 15/20/25 MVA. la alimentación de emergencia se recibe directamente de la planta de fuerza a 13.8 KV.

De la línea principal de alimentan directamente los 2 motores para ventilador de tipo inducido del sistema depurador de gases. De las líneas principales y a través de 1 transformador (2 M.V.A./13.8 K.V.) se alimentan el motor del ventilador del sistema de recolección de polvos en el área de manejo de arrabio. -- 3 transformadores de (2M.V.A.) reducen la corriente de 13.8 KV. a 480 V. para alimentar los centros de control y contactores (1,3,5 y 6) y a través de 3 transformadores de (1 M.V.A./13.8 K.V./ -- 480 V.) se alimentan los centros No. 2 y de emergencia.

Los rectificadores de C.D. para las grúas son alimentados por 2 transformadores de 1.25 M.V.A. (13.8 KV a 177 V.) y las unidades rectificadoras para los 2 convertidores son alimentados a través de 2 transformadores de 0.960 M.V.A.

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO Y DEPURACION DE GASES.

Existen 2 motores de inducción de 1800 Kw. a 13.8 Kv. para los ventiladores de tipo inducido del sistema depurador de gases. Para las bombas de los saturadores son necesarios 4 motores de inducción de 110 Kw. a 480 Kv.

Las bombas de circulación forzada para el sistema de enfriamiento de las chimeneas estan provistas de 4 motores de 220 Kw. a 440 V., las cortinas deslizables cuentan con 3 motores de 110 Kw. a 440 V.

CONVERTIDORES.

Cada convertidor esta provisto de 2 motores de 147 Kw. a 177 V. de C.D. el sistema de regulación de la corriente esta en función directa del par recibido y de la velocidad (rectificador tipo thyristor). Proporciona automáticamente al motor la energía requerida en función del par que se debe desarrollar por la carga, así como la velocidad establecida, la cual es regulada por un tacómetro acoplado al motor.

Cada motor tiene 2 frenos magnéticos, uno en la flecha de salida del motor y el otro en la prolongación de la flecha al reductor.

CARRDS DE TRANSFERENCIA.

Los carros de transferencia de Acero y escoria, están acoplados a motores de 6.6 Kw. a 480 V. intercambiables entre si y la alimentación se hace a través de un cable enrollado en un carrete. Están provistos de 4 motores de inducción acoplados a 4 -

reductores de velocidad por carro de ollas para acero y 2 por cada carro para escoria.

SISTEMA DE LANZAS.

Existe un sistema de malacates por cada lanza (2 por carro) dicho malacate esta accionado por 2 motores, uno de corriente al terna de 45 Kw. para alta velocidad y otro de 20 Kw. para baja velocidad y están provistos de freno magnético que se aplica directamente a la flecha.

GRUAS.

Las grúas de carga así como las de transferencia de ollas a colada continua, la de servicio y las de preparación de chatarra son alimentadas a través de 2 unidades de rectificación con tableros de distribución correspondientes.

SISTEMAS DE EMERGENCIA.

Este alimentará en caso necesario a los motores que accionan el sistema hidráulico de la cortina dealizable, levantan las lanzas en operación y giran el convertidor a baja velocidad.

PLANS

PLANTA DE ACERACION

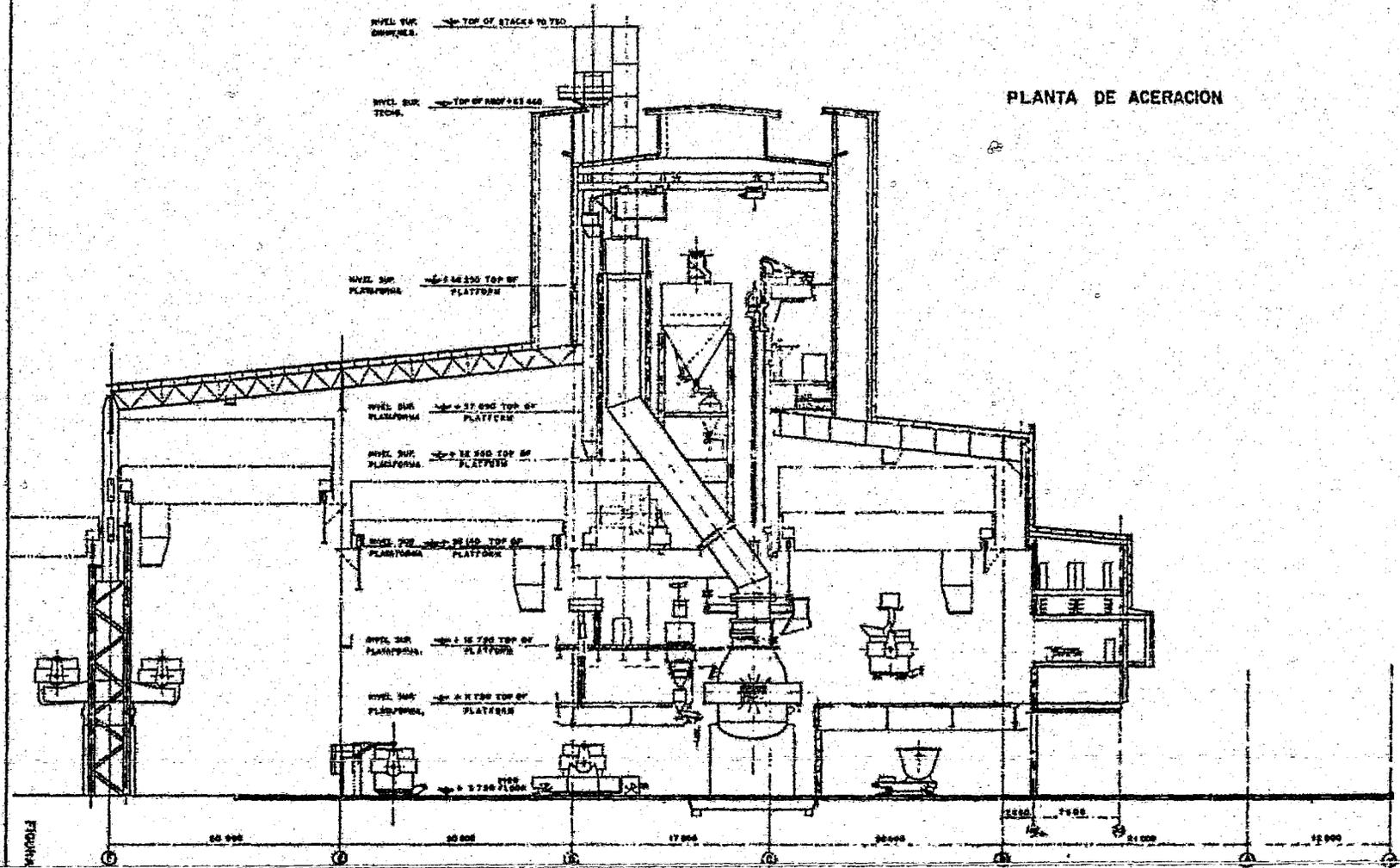
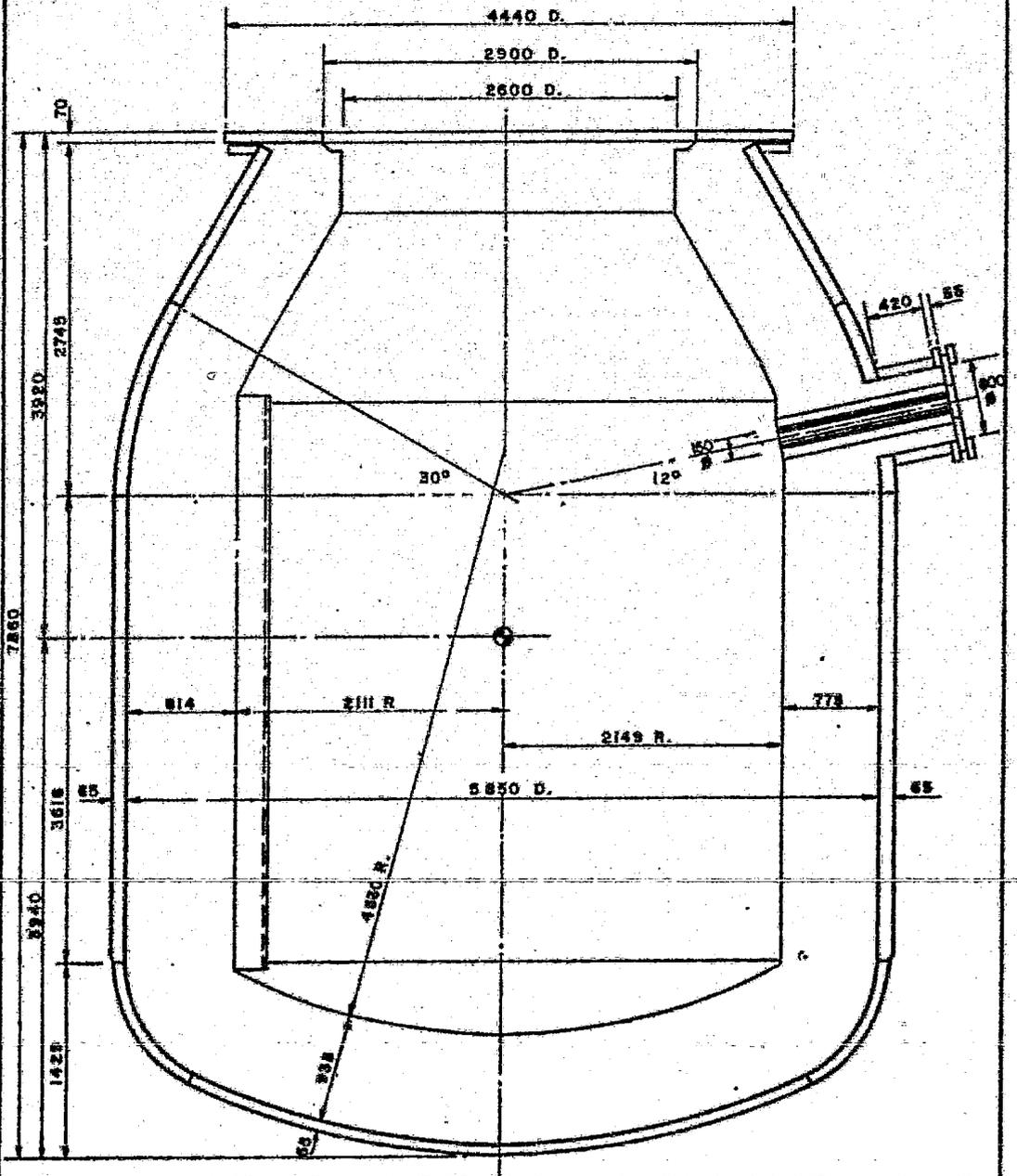


FIGURA No. 2

ESQUEMA DEL CONVERTIDOR



CARACTERISTICAS

- | | | |
|---|-------|-------------------|
| 1.- CAPACIDAD. | _____ | 100 / 110 ton. |
| 2.- VOLUMEN. | _____ | 85 m ³ |
| 3.- RELACION: ALTURA INTERIOR/DIAMETRO INTERIOR = | _____ | 1.614 |
| 4.- PESO DEL RECIPIENTE | _____ | 69 ton. |
| 5.- PESO DEL REFRACTARIO | _____ | 275 ton. |

FIGURA No. 4

SISTEMA DE SUSPENSION DEL CONVERTIDOR

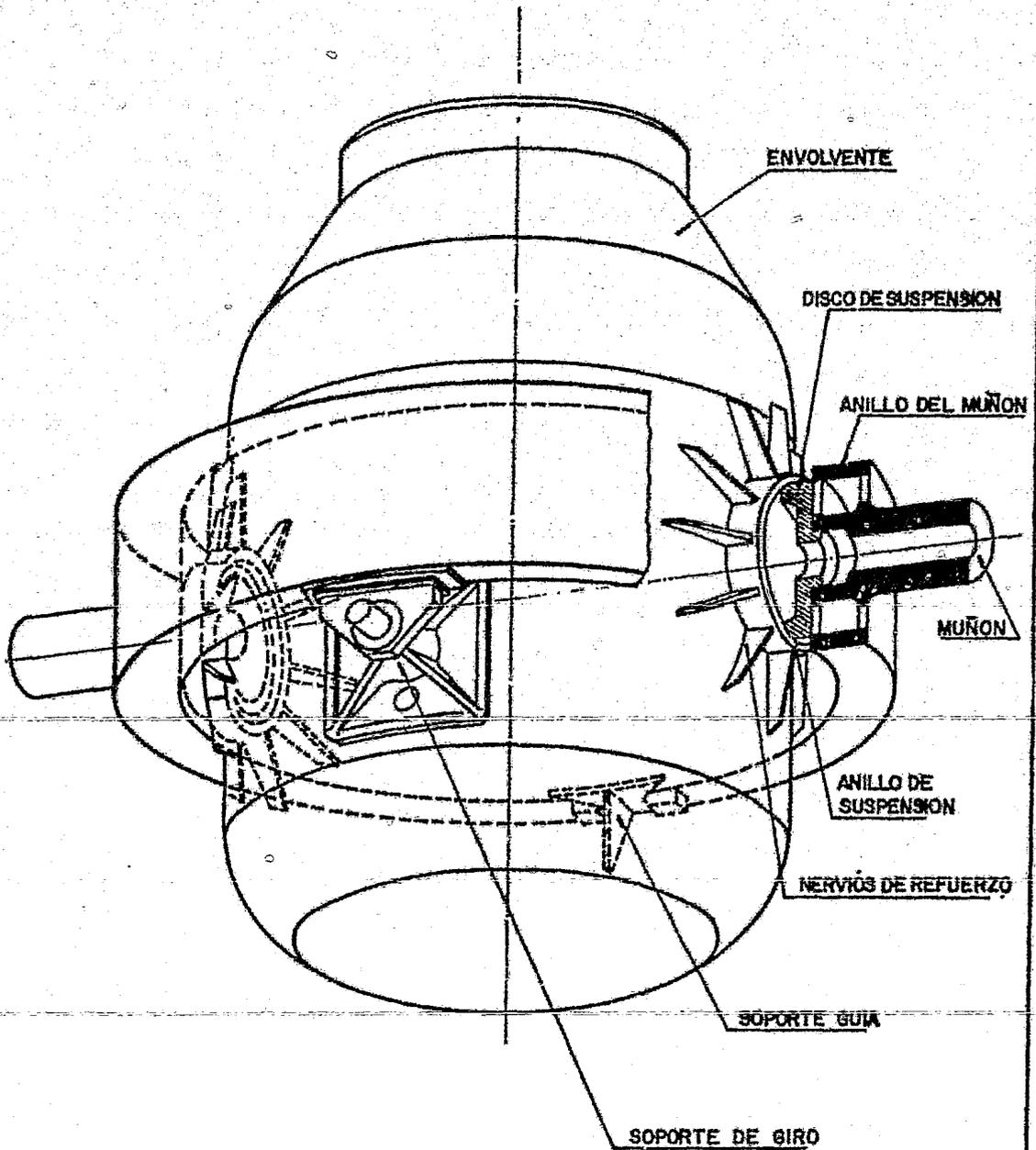
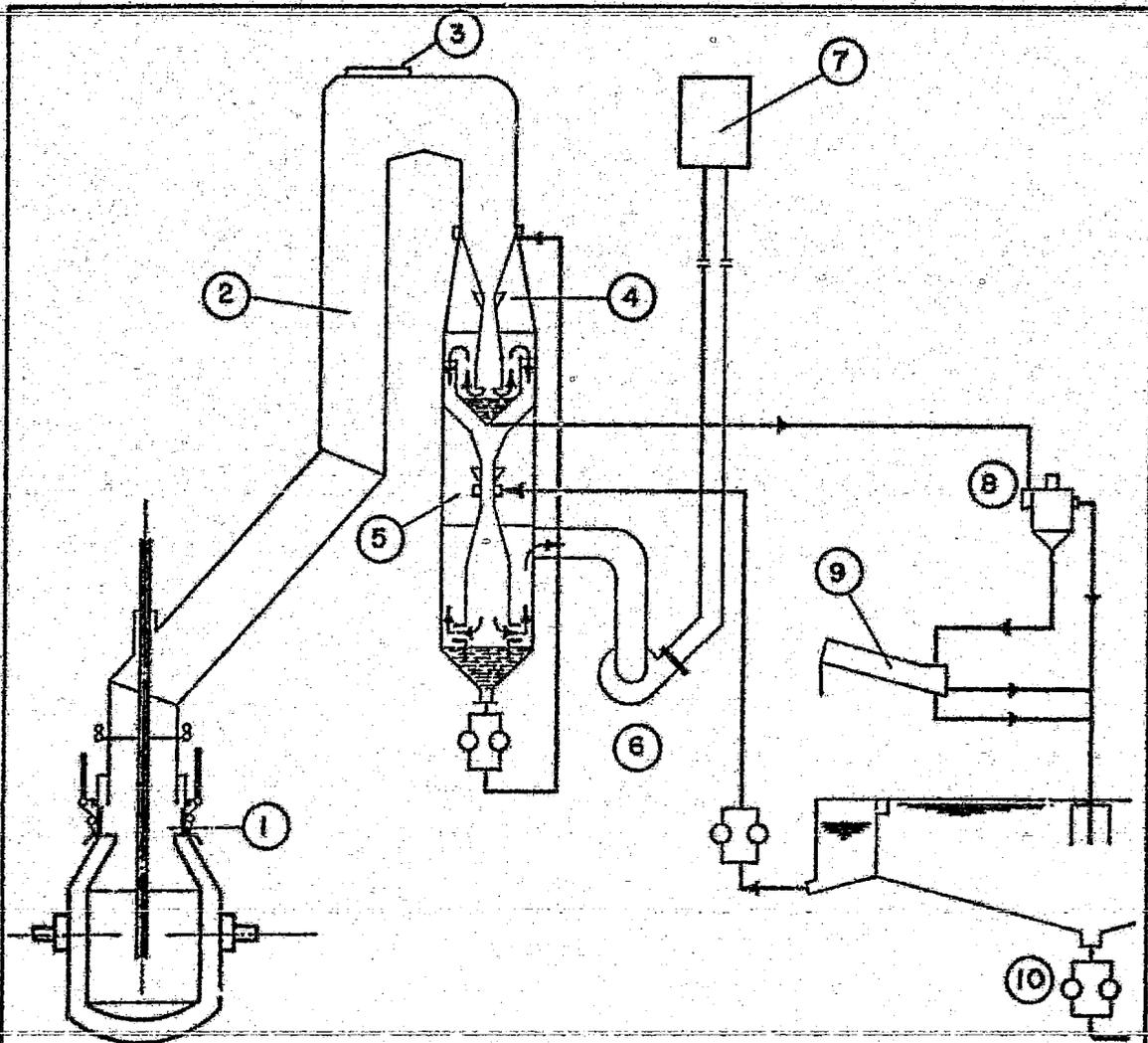


FIGURA No.5



**ESQUEMA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
Y DEPURACION DE GASES EN HORNOS B.O.F.**

- 1 CORTINA DESLIZABLE (SKIRT)
- 2 CHIMENEA DE ENFRIAMIENTO.
- 3 CHIMENEA DE EMERGENCIA.
- 4 PRIMER GRUPO DE LAVADO.
- 5 SEGUNDO GRUPO DE LAVADO.
- 6 EXTRACTOR.
- 7 CHIMENEA.
- 8 SEPARADOR DE GRUESOS.
- 9 CLASIFICADOR DE RASTRILLOS.
- 10 CLARIFICADOR.

FIGURA No. 5

PRINCIPIO DEL PROCESO.

El proceso de convertidor básico al oxígeno para la producción de acero, se caracteriza, por inyección de oxígeno en un baño de arrabio para su purificación por medio de una oxidación y la adición de fundentes y escorificantes.

El proceso se basa esencialmente en la oxidación de los elementos contenidos en el arrabio y la chatarra que constituyen la carga metálica del convertidor, principalmente el carbono, el manganeso, el fósforo y el silicio.

El calor generado por la oxidación de estos elementos incrementa mucho la temperatura de la carga y esto hace necesario utilizar agentes refrigerantes como son chatarra, pellets ó mineral de hierro en trozo para mantener la temperatura del acero a un nivel deseado, la eliminación de impurezas se lleva a cabo en forma de gas en el caso de carbono y mediante la escoria para los otros elementos, la formación de la escoria se logra mediante la adición de agentes escorificantes como son la cal dolomítica, etc.

La oxidación de las impurezas se hace por la inyección de chorro de oxígeno a una fuerte presión, por medio de una lanza o tubo hueco refrigerado con agua, que se introduce verticalmente por la boca del convertidor.

Para asegurar la producción de una cantidad de acero de composición y temperaturas requeridas, es esencial controlar el peso y la composición de cada material cargado al convertidor, así como la proporción de oxígeno inyectado al mismo.

Debido a la gran cantidad de polvos producidos en el proceso (Aprox. 1.5% del peso de la carga), es necesario que se cuente con las más modernas unidades depuradoras las cuales son parte integral del proceso.

El corto ciclo de operación en el proceso B.O.F. hace que para asegurar un suministro de arrabio y una producción de acero líquido constante, se requiere la operación coordinada de un número constante de hornos.

Es práctica común construir un horno más de los que estén operando, para que pueda ser revestido con refractario mientras los otros producen acero.

Con largas campañas de operación y cortos tiempos de revestimiento se ha encontrado que es práctico construir talleres con 2 convertidores para operar 1 en forma continua como es el caso del taller de B.O.F. Sicartsa.

FACTORES QUE AFECTAN EL CONSUMO DE LAS FERROALEACIONES Y DE OTROS ADITIVOS.

El uso de las ferroaleaciones tiene por lo menos 100 años, pero su aplicación científica comenzó pocos años antes de la 2a. Guerra Mundial, en la siderurgia, que es su principal consumidor y junto con la Industria de la Fundición de Hierro y Acero llega a representar más del 95% del consumo total de estas.

La utilización de las ferroaleaciones en la siderurgia debe superar las exigencias provenientes de las tendencias principales.

- a) El uso de la Tecnología imponiendo la obligación de actuar con rapidez y mejorar la eficiencia sobre los flujos de acero cada vez mayores.
- b) La tendencia, menos masiva y acentuadamente selectiva, hacia una diversificada demanda de nuevas calidades de aceros, con especificaciones cuyo logro depende en gran medida de la exitosa intervención de las ferroaleaciones.

El factor de mayor influencia, en la corrección de la composición química de los aceros, es sin duda el control del rendimiento de las ferroaleaciones usadas para la corrección en la cuchara. Las ferroaleaciones son aquellas ligas que como su nombre lo dice uno de sus componentes principales es el Fe. y que tiene como función principal en la Industria Siderúrgica, modificar la composición química del baño metálico, con el fin de obtener las propiedades deseadas en el metal final.

PRINCIPALES FERROALEACIONES USADAS EN EL
TALLER DE B.O.F.*SICARTSA, SON:

a) Ferromanganeso:

Siendo el componente fundamental el manganeso y se clasifica en 3 tipos. Alto, Medio y Bajo Carbón. El ferromanganeso de alto carbón, (70 a 82% Mn.) es el de mayor consumo. Se adiciona como desoxidante y como desulfurante, endurece la ferrita, afina la perlita (aumenta la profundidad de temple) y proporciona resistencia a la abrasión y a las altas temperaturas.

b) Ferrosilicio:

Tiene como elemento principal el silicio, los tipos más usados, son los de 50% y 75% de Si., siendo este uno de los 5 elementos presentes en todo acero, además del Fe., Mn., Si., C., S., y P., después del Oxígeno es el 2o. elemento más abundante en la naturaleza, pues se calcula que la corteza terrestre lo contiene en una proporción de 27.77%.

Se usa como desoxidante en los aceros, como aleación se usa para aumentar la resistencia a la tracción, - el límite elástico y la resiliencia a temperatura -- 'ambiente', en los aceros al carbono aumenta la templeabilidad. En la Industria de la Fundición se emplea como inoculante, ya que es grafitizante y además favorece la formación de Ferrita.

c) Silicio-Manganeso:

El tipo más común es el que contiene 65% Mn. y 20% - Si., este (Si-Mn) constituye un insumo para la fabricación de ferromanganeso (bajo y medio carbón).

Presenta ventajas como una mayor concentración total de elementos activos, lo que trae consigo menores -- tiempos de disolución y menores costos de transpor-- tes y manejo, menor contenido de carbón y mejor dis-- tribución de las inclusiones.

Como se podrá observar los factores que intervienen en una colada son muchos y muy variados, y estos influyen para captar - el máximo rendimiento en el uso de las ferroaleaciones y aditi-- vos, aquí trataremos de señalar los más importantes.

CALCULOS DE LAS FERROALEACIONES.

Kg. Adición: $\frac{\text{Ptos. deseados X tons. de Acero X 1000}}{\text{Pureza del aleante X Eficiencia del Aliante.}}$

FACTORES IMPORTANTES.

1.- Pureza.

2.- Eficiencia.

FACTORES DIRECTOS.

a) Nivel de oxidación del baño.

1) % C. residual después de fin de soplo.

2) O₂ disuelto en el baño.

b) Temperatura del baño.

1) La temperatura casi siempre es constante, aunque en no - pocos casos con una temperatura de fin de soplo muy elevada.

c) Características de la escoria.

1) Composición química.

2) Fluidéz.

FACTORES INDIRECTOS.

- 1) Agitación del baño.
- 2) Orden de Adición a la olla.
- 3) Experiencia de los fundidores.
- 4) Calibración de las básculas.
- 5) Base cálculo de cargas por diferencia de los análisis de las materia primas en el B.O.F.

USOS DE TAMAÑO, PESOS COMPOSICIONES QUIMICAS.

ARRABIO:

- Peso: etc., dentro de especificación.
- Temperatura: dentro de los rangos de aceptación.
- Composición química: variable, no se tiene un control absoluto de este punto debido al mal muestreo.

CHATARRA:

- Peso: etc, dentro de los cálculos requeridos.
- Tamaño: el más adecuado.
- Composición química: no hay análisis, esto hace que en una colada halla discrepancia para el cálculo de carga.

CAL SIDERURGICA.

GAL DOLOMITA.

- Peso: dentro de los cálculos requeridos.
- Granulometría: dentro de los rangos de aceptación pedidos por el taller de B.O.F.
- Composición química: fluctuante, no hay un debido control para este material, teniendo en cuenta la real importancia para la buena escorificación dentro del baño.

ANALISIS RESIDUAL.

- Discrepancia entre alto horno y taller B.O.F.
- No hay control efectivo entre tiempo de muestreo.
- Analisis, entrega de resultados.
- No hay control efectivo de un mantenimiento preventivo, esto hace que en cualquier momento se pare el laboratorio sin previo aviso, que influye en los resultados finales de un acero.

ESTADÍSTICAS.

1) Operación.

2) Producción.

Como se ha visto el proceso de aceración al oxígeno tienen un alto nivel de producción y eficiencia, debido al poco tiempo necesario para llevar a cabo una colada, por lo tanto es altamente rentable.

En el taller de aceración B.O.F. Sicartsa, se (a venido observando) observo una tendencia de una alto consumo de ferroaleaciones y aditivos y un alto porcentaje de coladas fuera de especificación, al programado para la producción, es por eso -- que varia la idea de este trabajo que trataré de ver las causas, efectos y posibles soluciones a este problema.

Para llevar a cabo dicho estudio se realizarón observaciones durante la operación en un tiempo de 2 meses recopilando -- aproximadamente 120 coladas siendo estas el número más representativo formándose ~~parametros~~ ~~de acción~~ tales como:

- * Temperatura de fin de soplo.
- * Temperstura de colada - temperatura de vaciado.
- * Volumen de oxígeno soplado.
- * Tiempo de horno.
- * Analisis Químicos residual para Mn-Si-C.-FeO.
- * Cantidad de ferroaleaciones y aditivos.
- * Cantidad de acero producido y cargado.
- * Acero programado.
- * Acero dentro de especificación.

~~Toda la información se fue agrupando en diversas técnicas~~
estadísticas como: Curvas de regresión, distribución de frecuencia; gráficas de barras; y diversas técnicas de centralización con el objeto de lograr un informe sólido de los datos que a -- fin de cuentas y de acuerdo al objetivo inicialmente fijado, -- nos proporcionase las conclusiones y rutas a seguir.

Como se menciona con anterioridad se siguieron aproximadamente 120 coladas teniendo una secuencia del seguimiento de datos como sigue:

- 1) No. colada.
- 2) Acero programado.
- 3) Análisis químico del arrabio.
- 4) Cálculo de carga metálica.
- 5) Análisis químico residual.
- 6) Cálculo de Adición de ferropaleaciones y aditivos.
- 7) Cálculo de Fe-aleaciones.

Fe-Mn, Fe-Si, Fe-Si-Mn.

$$\text{Kg. Fe. Mn.} = \frac{\text{Ptos. deseados} \times \text{tons. de acero} \times 1000}{\text{Pureza del aleante} \times \text{Efic. del aleante.}}$$

- 8) Cálculo del Carbón y Aluminio.

$$\text{Kg. carbogoque} = \frac{\text{Ptos. deseados} - (\text{Puntos baños} + \text{Ptos. aportados por FeMn.}) \times 1000}{\text{eficiencia} - \text{pureza.}}$$

Aluminio

Tablas f (% FeO escoria, y carbono residual)

- ~~9) Temperatura de vaciado.~~

- 10) % Finales de Carbón-Manganeso-Silicio-Azufre - FeO.

RESULTADOSACERO 1541 PARA 1/2"

Coladas dentro de especificación	50%
Coladas fuera de especificación	50%
Coladas suspendidas	4%
Coladas de prueba	1% No contable
Coladas desviadas a 3/8"	20%
Coladas desviadas a 5/8"	15%
Coladas desviadas a 3/4"	7%
Coladas desviadas a 1"	4%

CORRELACION DE LOS DATOS MUESTREADOS.

Siendo uno de los objetivos de este estudio la visualización de los factores que afectan el uso de las ferroaleaciones y principalmente el optimizar el consumo de las mismas, se hizo un muestreo sobre la operación misma en planta con el objeto de encontrar la tendencia de aparición de los elementos principales (Carbono, Manganeso y Oxido de Hierro) a las diferentes temperaturas de fin de soplo a lo largo de 120 coladas, estos datos, resultando el análisis químico residual son el punto de partida para el cálculo de adición de ferroligas, y consecuentemente el éxito en la obtención de una especificación requerida. De lo anterior se deduce que un conocimiento adecuado del comportamiento que relaciona las diferentes temperaturas de fin de soplo con la composición química final determinará un rango en la operación que será el óptimo en la operación y que sugiere que hay temperaturas de fin de soplo que aproximan la composición química del acero obtenido a aquella que se este buscando producir y esta proximidad permite por una parte un mejor control del proceso con la consiguiente efectividad y rapidez de afino del material de carga convertido a la especificación demandada así como (y que es el punto que nos ocupa) una utilización racional y efectiva de las ferroaleaciones.

Se seleccionó el método de Regresión lineal ya que permite por una parte obtener la correlación de los datos obtenidos a lo largo de toda una campaña y como característica adicional el poder predecir la tendencia de la operación basados en el co

~~nacimiento de los datos reales del proceso.~~

La ecuación general que representa este método de agrupación de datos en la ecuación:

$$y=mx + b$$

donde

y= porcentaje del elemento químico ó compuesto rastreado.

x= temperatura de fin de soplo.

m= pendiente de la recta y en este caso también porcentaje promedio de un elemento en el análisis químico residual a una temperatura dada.

b= intersección con la ordenada al origen.

Es decir que es posible, gracias a este método centralizar la frecuencia de aparición de elementos residuales y calcular la pendiente y ordenada al origen que caracterizan la ecuación particular de un rango de operación y con los cuales es posible trazar una recta que se puede extender a predicciones de valores ve ci no s a los muestreados y utilizados, con la confianza de que el comportamiento representado por dicha recta es adecuadamente cer ca no a la realidad.

RANGO DE 1711QC - 1720QC

1712QC	C	Mn	FeO
	0.13	0.51	----
1715QC	0.07	0.37	20.8
	0.04	0.37	16.0
	0.06	----	15.0
	0.06	0.30	----
	0.08	0.33	20.3
	0.08	0.39	----
	0.07	0.27	15.0
	0.05	0.19	15.5
	0.14	0.51	11.3
1716QC	0.07	0.29	----
1717QC	0.05	0.17	17.8
	0.08	----	11.5
	0.30	0.61	10.0
1718QC	0.05	----	23.5
1720QC	0.05	0.16	5.4
	0.06	0.11	25.1
	0.10	0.33	11.0
	0.06	0.35	20.0

RANGO DE 1721QC - 1730QC

1725QC	C	Mn	FeO
	0.10	0.63	10.0
	0.08	0.41	----
	0.04	0.25	14.0
	0.04	0.18	----
	0.07	0.32	15.8
	0.10	0.48	29.14
1730QC	0.10	----	11.8
	0.07	0.45	14.4
	0.08	0.38	17.0
	0.16	0.46	15.5

RANGO DE 1690QC - 1700QC

1690QC	C	Mn.	FeO.
	0.24	0.57	17.8
	0.12	0.48	----
	0.19	0.43	15.4
	0.04	0.33	16.2
1692QC	0.25	----	15.6
1695QC	0.11	0.35	11.0
	0.11	0.35	13.0
	0.10	0.54	----
	0.10	----	----
1700QC	0.05	0.23	18.0
	0.07	0.34	16.8
	0.07	0.31	17.9
	0.16	----	14.0
	0.05	0.40	24.5
	0.10	0.37	13.0
	0.11	0.21	27.0

RANGO DE 1701QC - 1710QC

1702QC	C	Mn.	FeO.
	0.09	----	17.8
1703QC	0.07	0.29	----
	0.16	0.45	9.6
1705QC	0.14	0.51	20.2
	0.12	0.31	13.0
	0.13	0.24	16.4
1706QC	0.07	0.35	9.7
1710QC	0.15	0.40	17.3
	0.05	0.19	18.3
	0.16	0.39	----
	0.14	0.61	10.5
	0.12	0.53	15.1
	0.07	0.38	17.1
	0.16	0.55	----

RANGO DE 1731QC - 1740QC

	C	Mn	FeO
1731QC	0.08	0.24	29.2
	0.06	0.42	29.8
	0.06	0.26	15.2
	0.07	0.37	15.1
	0.21	0.36	10.3
1735QC	0.04	0.17	26.7
	0.07	----	15.0
	0.05	0.22	24.9
	0.10	0.32	21.5
	0.08	----	19.8
	0.05	0.20	28.6
	0.13	0.55	6.52
1738QC	0.07	0.33	23.19
1740QC	0.06	----	11.5
	0.08	0.37	23.23
	0.04	0.22	16.0

RANGO DE 1741QC - 1750QC

	C	Mn	FeO
1745QC	0.08	0.14	29.5
	0.12	0.38	13.9
	0.06	0.32	20.0
	0.13	0.43	13.0
1749QC	0.10	0.60	11.0

RANGO DE 1751QC

	C	Mn	FeO
1755QC	0.11	0.45	----
	0.07	0.21	32.8
	0.05	0.20	25.5
1760QC	0.07	0.27	26.0
	0.07	0.51	20.8
1767QC	0.06	0.21	8.8
	0.05	0.30	35.0
1770QC	0.03	0.34	29.0
	0.08	0.36	17.8
	0.10	0.46	19.2
1775QC	0.04	0.17	29.4
	----	0.13	44.0
1780QC	0.06	0.24	20.5
1783QC	0.08	0.29	16.0
1785QC	0.05	0.29	20.8

NOTA: Se está trabajando con 95 datos las otras coladas esta fuera de toda especificación.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CARBONO RESIDUAL.

Temperatura 1690QC - 1750QC.

<u>x</u>	<u>y</u>	<u>y</u>
1	0.18	0.18
2	0.105	0.285
3	0.062	0.347
4	0.08	0.427
5	0.09	0.517
6	0.06	0.577
7	0.058	0.635
8	0.065	0.700
9	0.0533	0.7533
10	0.046	0.7933
11	0.044	0.8433
12	0.0425	0.8858
13	0.0420	0.9278
14	0.040	0.9678
15	0.0375	1.0053

$$y = 0.057x + 0.195$$

$$\bar{m} = 0.6563067$$

$$= 0.2604103$$

$$\text{Var} = 0.06329$$

$$\text{corr} = 0.99$$

$$m = 0.0576532$$

$$b = 0.195081$$

MANGANESD RESIDUAL.

Temperatura 1690°C - 1750°C.

<u>x</u>	<u>y</u>	<u>y</u>
1	0.4525	0.4525
2	0.4133	0.8658
3	0.33	1.1958
4	0.37	1.5658
5	0.353	1.9188
6	0.309	2.2778
7		2.6478
8	0.25	2.8978
9	0.200	3.0978
10	0.215	3.3128
11	0.195	3.5078
12	0.19	3.6978
13	0.18	3.8778
14	0.175	4.0528
15	0.163	4.2158

$$y = 0.267x + 0.505$$

$\bar{m} = 2.63898$
 $= 1.2081847$
Var = 1.3623961
corr = 0.9873854
m = 0.2667504
b = 0.5049771

OXIDO DE HIERRO.

Temperatura 1690°C - 1750°C.

<u>x</u>	<u>y</u>	<u>y</u>
1	13.7	13.7
2	13.3	27
3	13.0	40
4	13.7	53.7
5	12.9	66.6
6	12.8	79.4
7	12.5	91.9
8	12.3	104.2
9	12.1	116.3
10	12.0	128.3
11	11.9	140.2
12	11.8	152
13	11.7	163.7
14	11.5	175.2
15	10.3	185.5

$$y = 12.34x + 4.496$$

$$\bar{m} = 101.52$$

$$= 57.01$$

$$\text{Var} = 2.0175402$$

$$\text{corr} = 0.997572$$

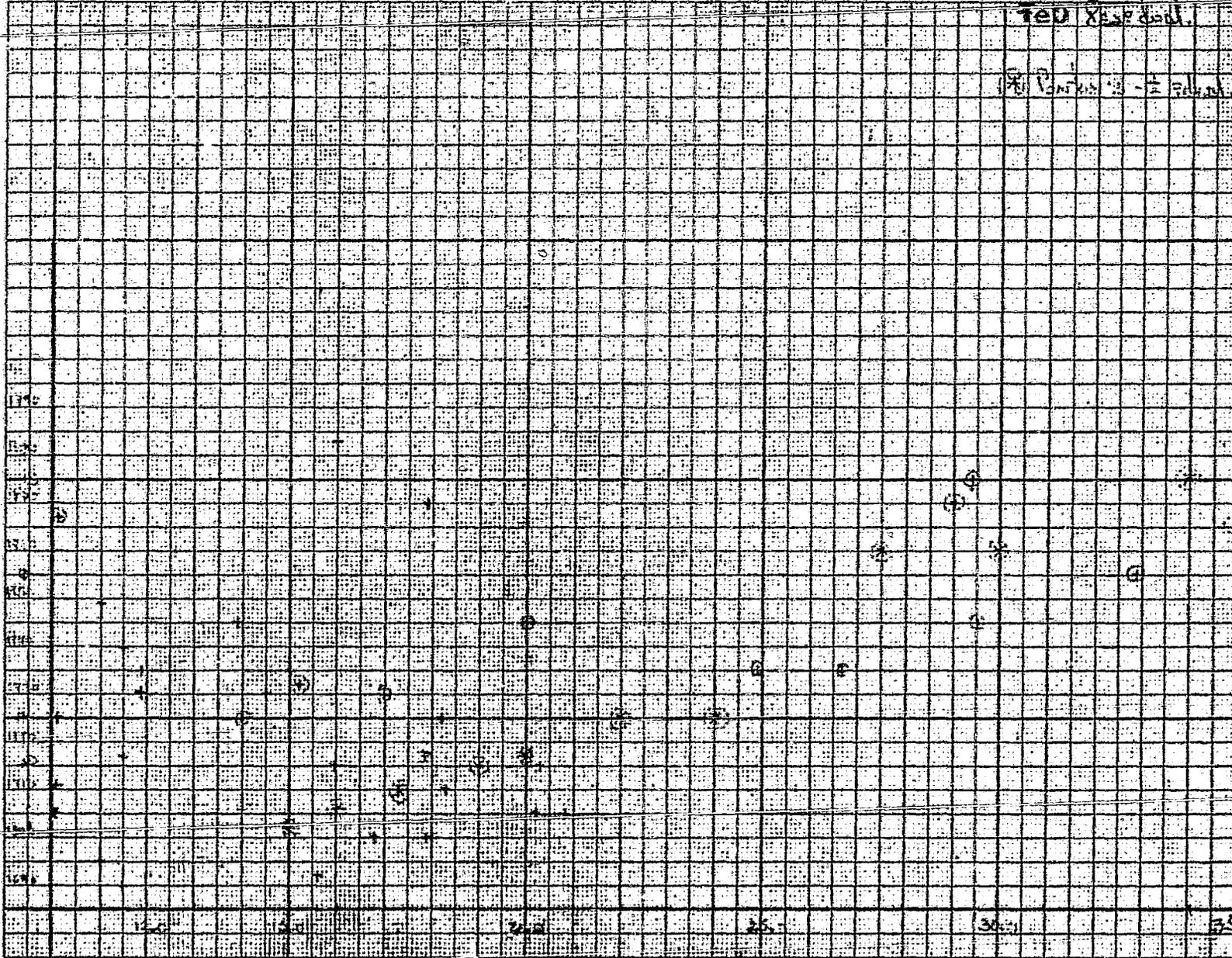
$$m = 12.34$$

$$b = 4.496$$

GRAFICAS

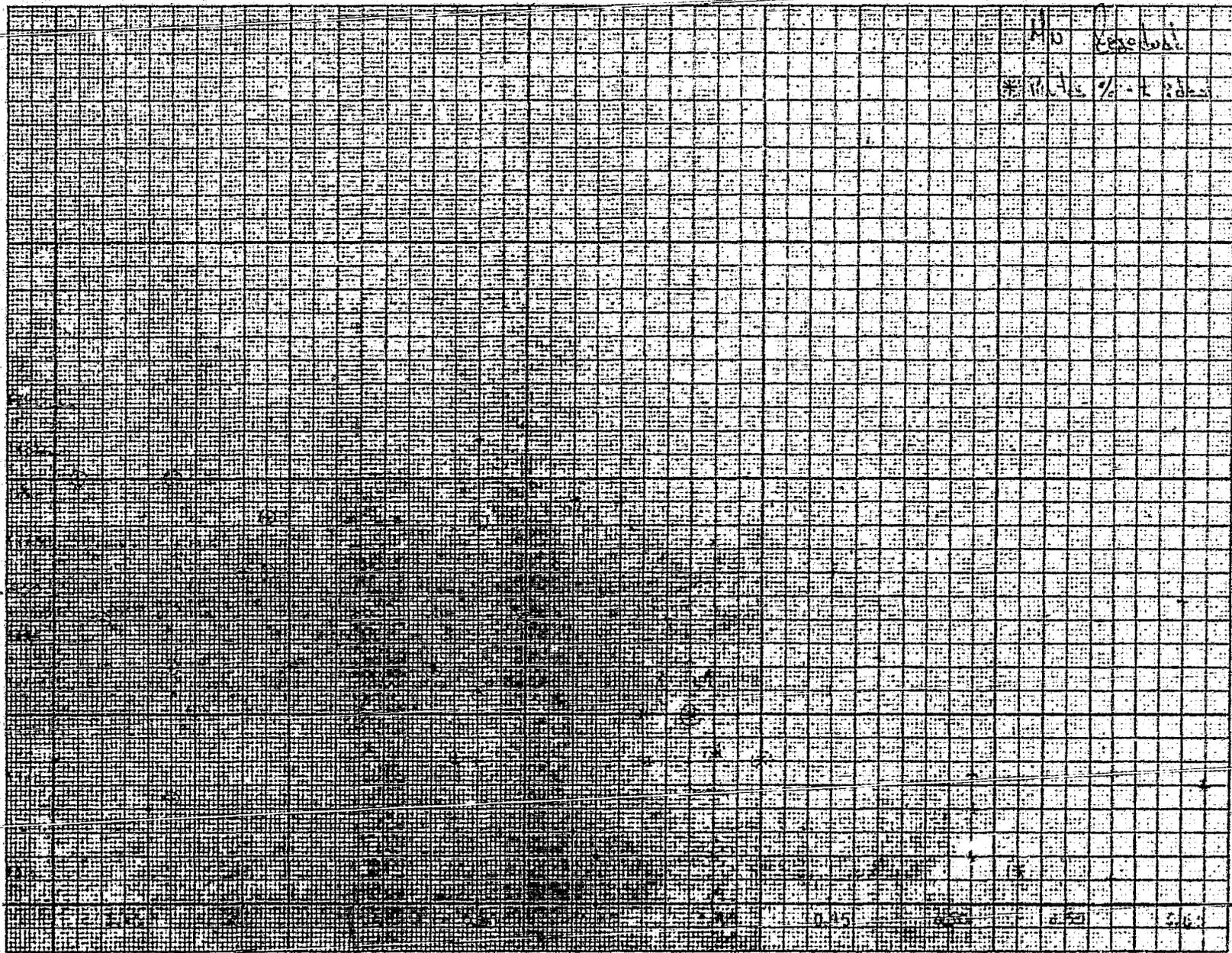
TED XAS 6001

181 P. 10/10/10 - 1/1/10



170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20

20 25 30 35



10

Resolubi

* 10.15 % - 1.10.20

C. 8. 10. 10. 10.

0. 10. 10. 10. 10.

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

0. 10.

0. 10.

0. 10.

0. 10.

0. 10.

Distribusi frekuensi di Ranges de tinggi

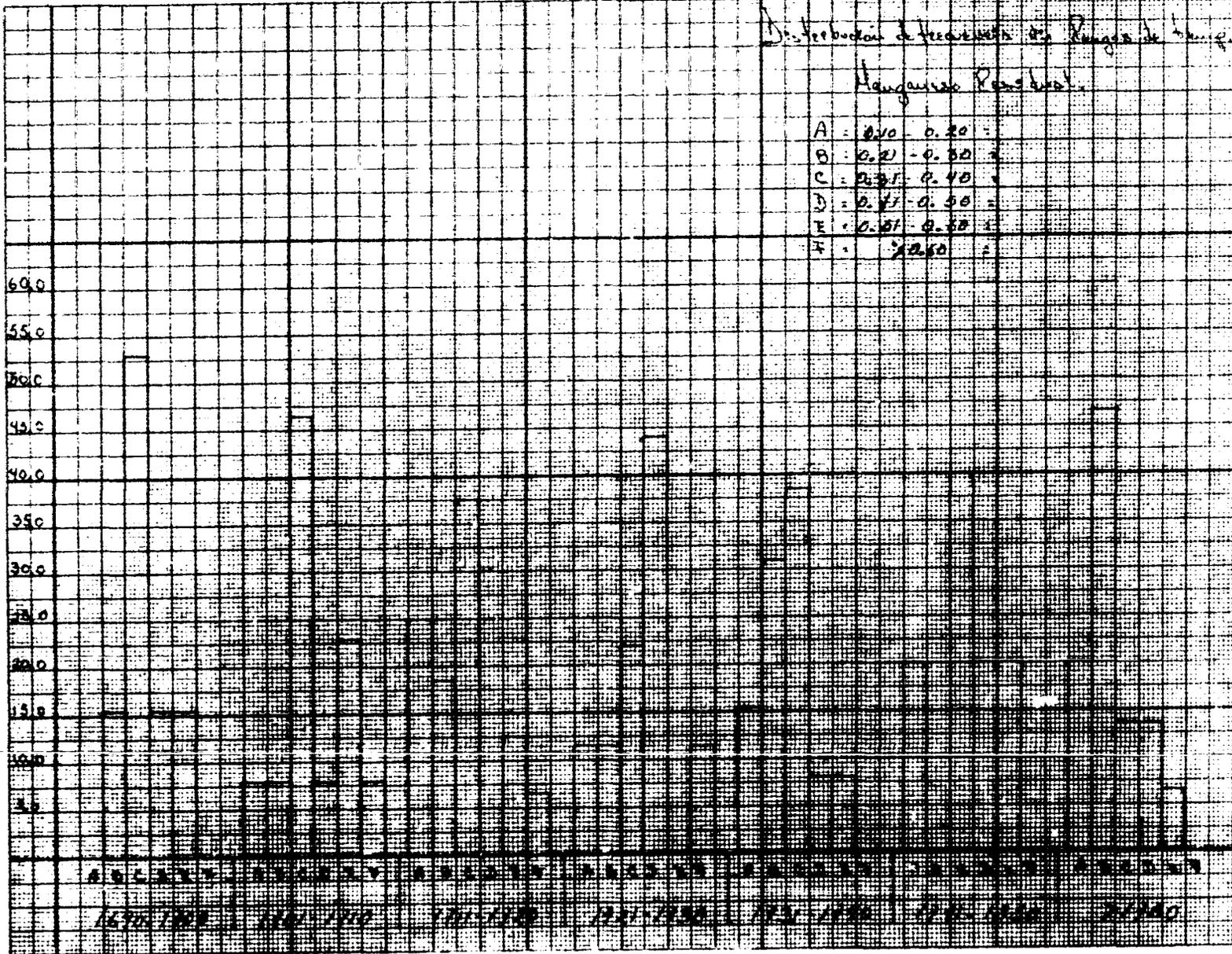
Masyarakat Pansbat.

- A = 0.10 - 0.20 =
- B = 0.21 - 0.30 =
- C = 0.31 - 0.40 =
- D = 0.41 - 0.50 =
- E = 0.51 - 0.60 =
- F = 0.60 =

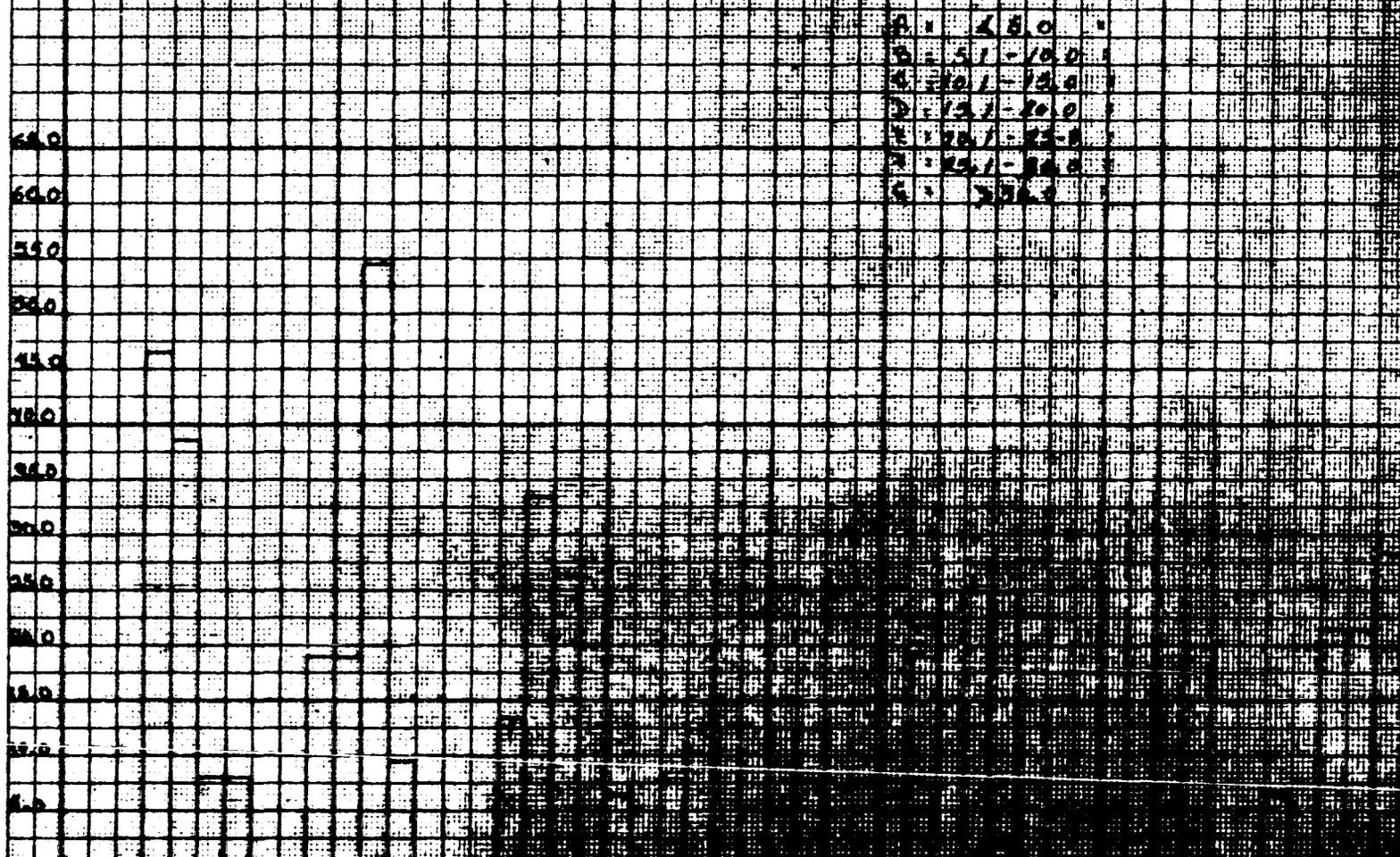
60.0
55.0
50.0
45.0
40.0
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0

A B C D E F

1570-1600 1601-1630 1631-1660 1661-1690 1691-1720 1721-1750 1751-1780 1781-1810

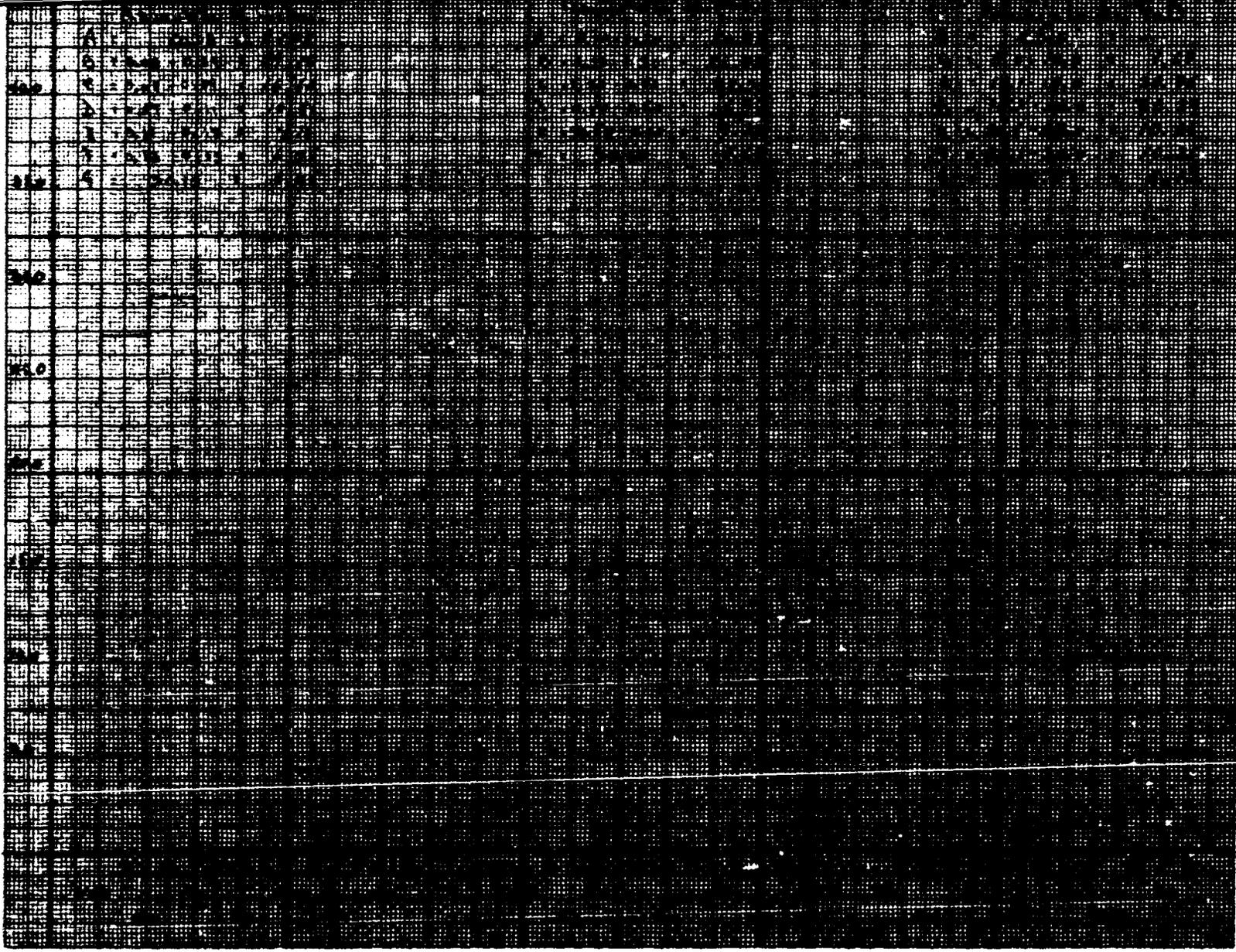


Order of Service



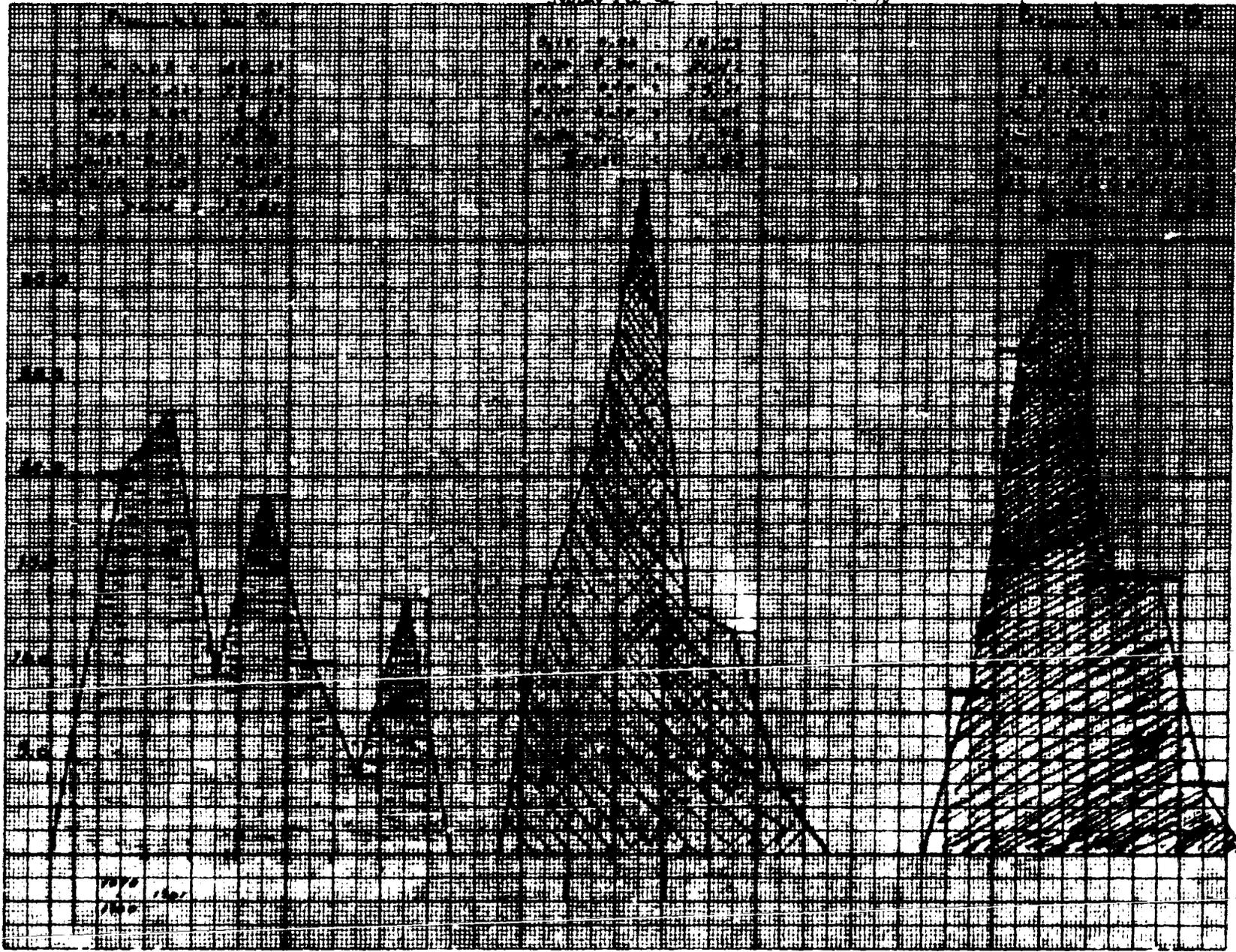
100 200 300 400 500 600 650

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



11/11/11 10:10

10/11



CONCLUSIONES

1.- La utilización del método de correlación se ve muy limitada por el hecho de que el mínimo de coladas analizadas no proporciona un número suficiente de datos que permita un muestreo adecuado.

2.- Los factores que influyen en el proceso de aceración B.O.F. son muy variados y no es posible estandarizar el proceso hacia un consumo fijo de ferroligas por el hecho de que entre una colada y otra las diferencias de composición temperatura, tiempo de soplado varían mucho y son muy difíciles de condicionar.

3.- De acuerdo a la observación llevada en el taller de aceración el factor más importante sobre el proceso es el de la temperatura de fin de soplo y de que no haya resoplos ni adiciones excesivas.

Todo el proceso dependerá pues de un control de tiempos adecuados y de un mantenimiento eficaz, que permitirá reducir los tiempos de operación y menos acciones correctivas ó adiciones y resoplos.

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

-
- Chemical Analysis of Iron and Foundry Materials.
AUTOR: W. Westwood and A. Mager.- 2da. Edición, 1960.
 - Standards Methods of Chemical Analysis.
AUTOR: Frank J. Welch.-Editorial Van Nostrand Company.-
6ta. Edición, 1963.- Volumen II A.
 - Análisis de Materiales.- Métodos de Control Industrial.
AUTOR: O. Proske.- Editorial Aguilar, Tomo II.
 - Métodos de Análisis de Metales.
AUTOR: O. Proske and H. Blumental.-Editorial Aguilar.
 - Proceso de Manufactura y Materiales para Ingeniero.
AUTOR: Laurence E. Doyle.-Editorial Diana.
 - Las Ferraleaciones en México.-Tesis.-1976.-Santiago Os-
guera Andrade.
 - Materias Primas Usadas en Siderurgia.-Tesis.-1978.-Rosa Ma.
Tinajero.
 - Ferraleaciones su disponibilidad en México.-Instituto
Mexicano del Hierro y el Acero.- Ing. F. Valencia.
 - Ferro Alloys.- Metallurgy Alloy Corp.
 - Actualidad Tecnológica y Experimental en el uso y fabri-
cación de Ferraleaciones.-Tesis.-Alfonso Sánchez López,
1979.
-