



66  
24

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

El Ingeniero Mecánico Electricista en la  
Industria Siderúrgica

T E S I S

Que para obtener el título de:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a n

ARMANDO HINOJOSA PATIÑO

DANIEL VICENCIO DEL ANGEL

ELI ISRAEL HERNANDEZ GARCIA

ASESOR: Ing. Vicente Nacher Todo  
Ciudad Universitaria México, D. F., 1975

FALLA DE ORIGEN

1989



## **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

### CAPITULO I .- INTRODUCCION

a).- Bosquejo histórico

### CAPITULO II .- DIVISION ESPECIFICA DE LAS EMPRESAS SIDERURGICAS .

A).- EMPRESAS INTEGRADAS

B) .- EMPRESAS NO INTEGRADAS .

### CAPITULO III.- EMPRESA INTEGRADA .

A).- PROCESOS .

1.- OBTENCION Y BENEFICIO DE MINERAL .

i.- operación métodos , capacidades .

ii.- descripción de equipo .

iii.- personal técnico ( organigrama )

2.- COQUIZACION Y SUBPRODUCTOS .

i.- operación , métodos , capacidades

ii.- descripción de equipo

iii.- personal técnico ( organigrama )

3.- SINTERIZACION .

i.- operación , métodos , capacidades

ii.- Descripción de equipo .

iii.- personal técnico ( organigrama )

#### 4.- PLANTA DE OXIGENO .

- i.- operación , métodos , capacidades
- ii.- descripción de equipo .
- iii.- personal técnico ( organigrama )

#### 5.- ALTO HORNO .

- i.- operación , métodos , capacidades
- ii.- descripción de equipo
- iii.- personal técnico ( organigrama )

#### 6.- HIERRO ESPONJA .

- i.- operación , métodos , capacidades
- ii.- descripción de equipo
- iii.- personal técnico ( organigrama )

#### 7.- COLADA CONTINUA .

- i.- operación métodos , capacidades
- ii.- descripción de equipo
- iii.- personal técnico ( organigrama )

#### 8.- ACERACION .

- a).- SIEMENS MARTIN
- b).- B.O.F. ( L.D.)
- c).- BESSEMER .
- i.- operación, métodos , capacidades .
- ii.- descripción de equipo
- iii.- personal técnico ( organigrama )

9.- LAMINACION .

a).- EN CALIENTE .

b).- EN FRIO .

i.- operación , métodos , capacidades

ii.- descripción de equipo

iii.- personal técnico ( organigrama )

10.- REFRACTARIOS .

11.- MANEJO DE MATERIALES .

B).- BREVE DESCRIPCION DE UN PROYECTO DE AMPLIACION EN  
UNA EMPRESA SIDERURGICA INTEGRADA .

C.- ESTADISTICAS COMPARATIVAS .

a).- Capacidad Nacional .

b).- Capacidad mundial ( comparaciones )

CAPITULO IV .- EMPRESA NO INTEGRADA .

A).- PROCESOS .

1.- HORNO DE CUBILOTE

2.- HORNO DE ARCO ELECTRICO

3.- HORNO ELECTRICO DE INDUCCION

4.- METODOS DE MOLDEO

5.- LINEAS DE MOLDEO Y EQUIPOS

6.- TRATAMIENTOS TERMICOS

7.- LIMPIEZA DE PIEZAS FUNDIDAS

B.- CONTROL DE CALIDAD DEL PRODUCTO .

B).- ESTADISTICAS .

CAPITULO V .- UBICACION DEL INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA EN LA -  
INDUSTRIA SIDERURGICA .

A).- INTEGRADA

B).- NO INTEGRADA

C).- CRITICAS .

CAPITULO VI .- CRITICAS A LA INDUSTRIA SIDERURGICA NACIONAL .

A).- UBICACION

B).- SISTEMAS

C).- CAPACIDAD

D).- PERSPECTIVAS .

CAPITULO VII .- CONCLUSIONES .

BIBLIOGRAFIA .

## CAPITULO I.- I N T R O D U C C I O N

Todas las grandes tareas nacionales planteadas en el presente, que para su realización han de conjugar una variedad de criterios particulares, de iniciativas favorables al interés común y de dispositivos coordinadores englobando una labor conjunta, se presentan en el camino trazado hacia el cumplimiento de su deber histórico y al que nos llama tanto la exigencia social como el patriotismo, invitándonos a no volver las espaldas a nuestras propias necesidades y encarar cada quien en su esfera el compromiso de satisfacer las demandas que presenta esta nueva etapa del desarrollo en México.

Esta sollicitación no admite marginaciones y está esencialmente dirigida a los interventores directos en la materia, siendo éste "El Ingeniero" El desarrollo debe de entenderse como una búsqueda de mejores condiciones de vida y convivencia para todos y con base en la extensión cada vez más amplia de la justicia y el bienestar colectivos. Es también importante el fijar la atención a aquellos aspectos que durante el proceso de crecimiento solamente económico fueron insuficientemente atendidos y a veces deplorablemente ignorados, este es el caso de la siderurgia.

La siderurgia para su avance, requiere de una suma de responsabilidades y objetivos que no excluyan a ninguno de los elementos concurrentes y mucho menos al Ingeniero, tampoco le admita la violación de sus derechos y ser complaciente ante la evasión de sus deberes.

Con base en análisis comparativos, se afirma que el crecimiento y consolidación del Sector Siderúrgico ha sido y será siempre elemento fundamental en las reglas determinantes del crecimiento económico de un país o de cualquier nación, sin olvidar tampoco que las acciones que aspiran a promover el desarrollo, deben sustentarse en una coherencia general con las aspiraciones generales de progreso.

El desarrollo y consolidación de la Industria Siderúrgica están asociadas al proceso de urbanización o la mayor participación del estado en la Infraestructura básica y en no menor medida al desarrollo de la Industria de transformación en un país.

La producción de acero en México se ha desarrollado a un ritmo anual de crecimiento que supera al de la economía nacional en su conjunto. Esto significa un importante esfuerzo productivo en términos de técnica, organización y funcionamiento, en el caso de México y como se dijo antes, el crecimiento de la Industria Siderúrgica constituye un reflejo fiel del ritmo general de desarrollo.

Aún cuando los productos que se fabrican con acero no constituyen elementos indispensables, sin embargo es difícil concebir el bienestar Social sin la participación de los productos básicos de la industria Siderúrgica. En consecuencia los mayores y crecientes niveles de consumo general per capita que México ha registrado en los

últimos años (aunque todavía bajos atendiendo a comparaciones internacionales) son indicativos del futuro esfuerzo productivo que debe desarrollar el Ingeniero Mecánico Electricista en esta rama específica de la Actividad Económica.

Este sector de producción nacional, es de los que claramente demuestran la capacidad empresarial y acierto nacional, no obstante que en una primera etapa se iniciará con unidades pequeñas y de dimensión tecnológica limitada, se ha venido consolidando a unidades productivas más eficientes, introduciendo técnicas de Ingeniería mexicana que hoy en día compiten con los mejores del mundo. En algunos aspectos el Ingenio del Investigador que trabaja para la siderúrgica nos permite exportar sistemas de producción hacia otros países; por otra parte las ampliaciones que se han llevado a cabo y los proyectos actuales de mayor proporción con recursos propios permitirán en un futuro no lejano, la autosuficiencia de México en la producción del hierro y del acero, como pocos países latinoamericanos.

En la actualidad, la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica de creación reciente, ha adoptado programas en los cuales se observan probabilidades más rentables de expansión de las empresas siderúrgicas integradas, que a sabiendas en términos de productividad no compiten favorablemente con la industria internacional, pero sí en inversión por tonelada de producto adicional obtienen ciertas ventajas, resultando ésto más atractivo.

El Ingeniero Mecánico Electricista por sus polifacéticas conocimientos en los distintos ramos técnicos, desarrolla un papel preponderante dentro de la industria siderúrgica.

Al requerirse mayores capacidades de producción se hacen necesarias cada día, la actualización de mayores conocimientos técnico-científicos, así como investigación en los diferentes terrenos con el fin de optimizar el aprovechamiento de los recursos disponibles, y es así como nacen las necesidades, exigencias retas para el ingeniero mecánico electricista, en la creación de nuevos sistemas mecánicos que procuren un óptimo rendimiento de los materiales explotados.

Durante el transcurso de nuestra historia, podemos recorrer los diferentes tópicos de una serie de técnicas desarrolladas, cada una de las cuales se encuentra acorde con las disponibilidades de materia prima y es en la actualidad, cuando la carencia de recursos naturales ponen a prueba el ingenio del ser humano.

En observación a la importancia que tiene esta industria para el desarrollo de un país, y el papel de tan alta responsabilidad que desempeña el ingeniero dentro de la misma; los que integramos este seminario: Armando Hinojosa Patiño, Daniel Vicensio del Angel y Elí Israel Hernández García, tenemos a bien desarrollar la presente tesis profesional titulada:

" EL INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA " .

a). Bosquejo Histórico.

El empleo del hierro por el hombre, se remonta a 3,500 años A.C. los Egipcios de aquellas épocas lo llamaban "el metal celestial" debido a que provenía de los meteoritos y los sirios Babilonios y Hebreros también lo nombraban de la misma forma. Aunque es uno de los elementos más abundantes en el mundo, su uso no generalizó sino hasta 2000 años más tarde.

El mineral de hierro cubre el 50% de la superficie terrestre y a diferencia de otros metales tales como el cobre, la plata y el oro, casi nunca se encuentra en estado nativo, por lo general se halla combinado químicamente con el oxígeno, azufre, sílice y otras impurezas; en algunos de los casos los minerales de hierro contienen arcilla, arena, gravilla o se localiza incrustado en roca sólida.

Civilizaciones antiguas descubrieron que si calentaban cierta clase de tierra negra y rojiza en una fogata de carbón de leña, lograban preparar masas pastosas de un material que les servía para hacer dagos, cuchillos y algunos otros artefactos de utilidad, más tarde los artesanos aprendieron a construir fraguas rudimentarias para sacar del mineral, el hierro. Las fraguas más antiguas, eran hornos rudimentarios en los que apilaban el mineral que derritían parcialmente con el Carbón de leña aplicándoles corrientes de aire con carrizos para apresurar la combustión y eliminar las impurezas del mineral. A raíz de esto se inventaron los fuelles primitivos muy útiles para soplar y avivar el fuego en las fraguas.

Con el tiempo los artesanos más ingeniosos descubrieron que dándole al hierro trata-

miento especial podían convertirlo en un metal menos quebradizo y aún más valioso, éste era el acero.

A través de los siglos el arte de elaborar y fabricar hierro y acero fué desarrollado por algunas civilizaciones asiáticas y europeas.

Casi siempre mantenían los métodos en secreto y celosamente escondidos, lo cual proporcionaba poder y riqueza a sus poseedores.

Fueron los moros que invadieron España los que con su conocimiento para elaborar acero dieron fama después a la ciudad de Toledo, por sus espadas hechas de finísimo acero. Al igual los artesanos del otro extremo del mediterráneo adquirieron gran reputación por el extraordinario filo de las espadas fabricadas con un acero especial.

Entre los primeros pobladores de América también había hombres que poseían ciertos conocimientos para manufacturar hierro, los primeros fabricantes se establecieron en la colonia de Virginia en 1620, pero tales instalaciones fueron destruidas totalmente por los nativos.

En 1646 cerca de Lynn Massachussets, se instaló una fundición denominada "Ferrería Sangus" reconocida como la primera industria de hierro y acero en América.

La actividad Siderúrgica mexicana, inició su desarrollo desde la época colonial y adquirió características de explotación industrial a principios de este siglo. A fines del siglo XVI ya existían en México pequeñas ferrerías, explotándose el hierro en más de 30 lugares y en los estados de Coahuila, Durango, Zacatecas, Sonora, Puebla, Guerrero, Michoacán, Sn. Luis Potosí, México y Oaxaca.

La primera ferrería en forma normal en México con carácter independiente, fué creada en 1826 por la Cía. Unida de Minas Mexicanas (de dirección inglesa). Se fundó en Piedras Azules, Dgo., teniendo muy corta duración bajo la dirección de Don Lucas Alemán, según el mismo Director manifestó fué causa de la poca práctica de los péritos alemanes y por falta de piedra refractaria para el alto horno.

Después de este fracaso, asumió la dirección Don Julio Lemón quien empleó forjascatalanas y prosperando hasta obtener cuatro mil quintales anuales entre platina, barras mineras, chapas y otros utensilios para la minería.

Los pagos por sueldos semanales a su personal era de \$600.00 (pesos) empleando 150 operadores.

En 1855 inició sus operaciones la fundición y ferrería de Comanja, en Lagos de Moreno, Jal. considerada como la primera Industria Siderúrgica Mexicana. Su alto horno permaneció produciendo durante 12 años continuos y sin requerir de reparación alguna. Esta empresa estuvo produciendo hasta el año de 1895 siendo sus productos hierro para minas, barras, puertas, portones, rejas, tubería, varilla y campanas, sus productos los transportaban a sus destinatarios en carretas o vagones tirados por mulas, ésto sucedía 53 años anteriores al establecimiento de los ferrocarriles nacionales.

A mitad del siglo pasado existieron muchas dificultades, fracasos y tropiezos en las ferrerías que entorpecieron grandemente el progreso de la industria del hierro. Así muchas ferrerías trabajaron en pequeño hasta el año de 1900, en que se estableció la Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey, única de importancia en la

República Mexicana hasta el año de 1941, pues en dicho año se fundó Altos Hornos de México, S.A. La cual es en la actualidad la principal industria siderúrgica mexicana.

Con el fin de cuantificar la evolución de la industria siderúrgica mexicana, podemos mencionar que en 1903 el país disponía de un alto horno con capacidad de 350 toneladas de arrabio diarias y con algunos hornos de hogar abierto que podían producir 80,000 toneladas de acero anuales.

Se estima que en esa época la inversión en la siderurgia era aproximadamente \$10'000,000.00 Las cifras de producción de acero entre 1903 y 1940 son las siguientes, y expresan no sólo el crecimiento de la industria, sino sus problemas, sus dificultades y sus éxitos a través de la cruda historia mexicana.

Año	Tons. Lingote Acero
1903	8,823
1905	21,613
1910	67,944
1915	6,856
1920	32,291
1925	75,976
1930	102,859
1935	116,098
1940	149,414

La situación actual de la industria siderúrgica, es el reflejo de un proceso que ha dado como resultado la permanencia de aquellas empresas que fueron capaces de adaptar su sistema de producción y su estructura administrativa, a las características del mercado tanto en lo que toca a variedad de productos como a especificaciones-

y costos de producción.

La capacidad instalada que en la actualidad es de 6 millones de toneladas/año aproximadamente, deberá incrementarse para alcanzar a principios de 1977, 10 millones de toneladas anuales. Esto significa que México deberá duplicar su capacidad en los próximos 5 años.

Para 1985 el mundo en su conjunto tendrá necesidad de aumentar la capacidad de producción de acero en 910 millones de toneladas anuales. Las previsiones de acero para el futuro de la industria siderúrgica por tanto, deberán de incluir todas las sectores de la actividad, sin menospreciar la eficacia de las empresas no integradas, las cuales se establecen en muchas ocasiones con gran esfuerzo y sin ayuda institucional.

## CAPITULO II. - DIVISION ESPECIFICA DE LAS EMPRESAS SIDERURGICAS .

### A).- Empresa Integrada .

Se conoce como empresa integrada a aquella que contiene para obtener su producto - terminado , los suficientes medios para autabastecerse desde su materia prima hasta la energía necesaria para el buen desempeño de sus labores .

Dentro de la siderurgia , son ejemplo de estas , las siguientes empresas :

- a).- Altos Hornos de México, S.A.
- b).- Fundidora de Hierro y Acero de Monterrey , S.A.
- c).- Hojalata y Lámina , S.A.
- d).- Tubos de Acero de México, S.A.
- e).- Siderúrgica "Lázaro Cárdenas Las Truchas " , S.A. ( en proceso de integración )

Es importante hacer notar que en este tipo de industrias los procesos de elaboración , - son prototipo de lo más avanzado en siderurgia , por lo que mencionaremos los que -- integran estas industrias :

- a).- Extracción y Beneficio de Mineral.
- b).- Minas de Carbón .
- c).- Altos Hornos .

- d).- Aceración
  - e).- Planta de Oxígeno
  - f).- Plantas de Laminación .
  - g).- Sinterización
  - h).- Planta de coquización
  - i).- Movimiento de materiales .
- Etc.

Un diagrama de flujo de manera general es el representado en la Fig.( I) .

Esta empresa presenta un sistema complejo en su organización , lo que las hace más sólidas y completas en su administración , según se puede observar a travez de su organigrama .

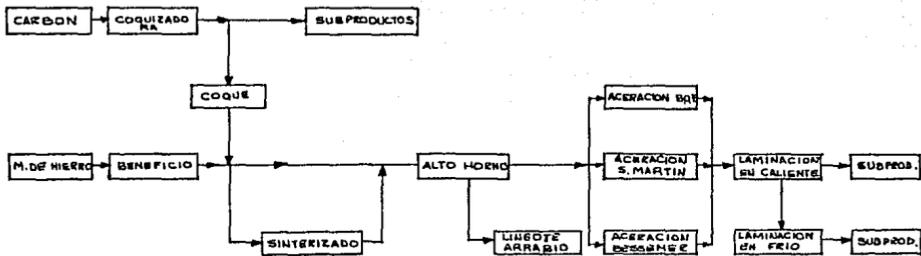
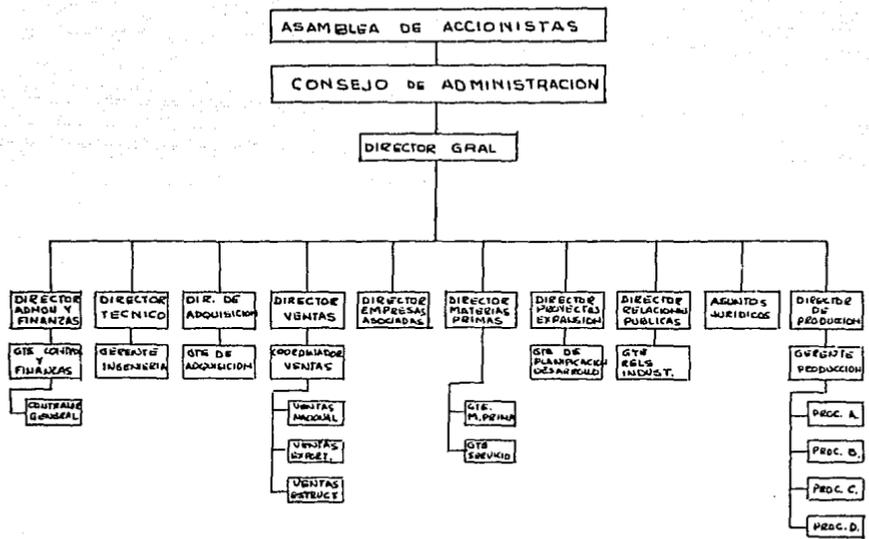


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA EMPRESA INTEGRADA .

Fig. (1)



ORGANIGRAMA DE UNA EMPRESA INTEGRADA .

( Datos AHMSA. )

**B).- Empresa no Integrada .**

Una empresa siderúrgica no integrada es aquella cuyas funciones son las de elaborar - productos específicos para un fin determinado , limitando sus funciones ; ya que para abastecerse no cuenta con plantas propias de mineral , beneficio Etc. lo cual origina que la principal materia prima sea la chatarra proveniente de medios externos ajenos a su organización básica .

Su producción es en menor escala que una empresa integrada obviamente por la limitación de sus funciones .

Puede ser component de una empresa integrada aunque algunas veces se encuentre -- independiente , pero siempre ligada de una u otra forma por medio de transacciones - que con ésta última realiza .

Dentro de estas podemos mencionar a las siguientes :

- a).- Aceros Nacionales , S.A.
- b).- Fundiciones de Hierro y Acero , S.A.
- c).- Amsco Mexicana , S.A.
- d).- Fundiciones de Aceros Tepeyac , S.A.
- e).- Fundiciones de Monclova , S.A.
- f).- Talleres Universales , S.A.

Para los procesos de elaboración o fabricación de sus productos es necesario.que estas industrias cuenten principalmente con :

- a).- Materias primas ( chatarras )
- b).- Hornos eléctricos . ( Inducción ó de arco eléctrico )

c).- Cubilotes

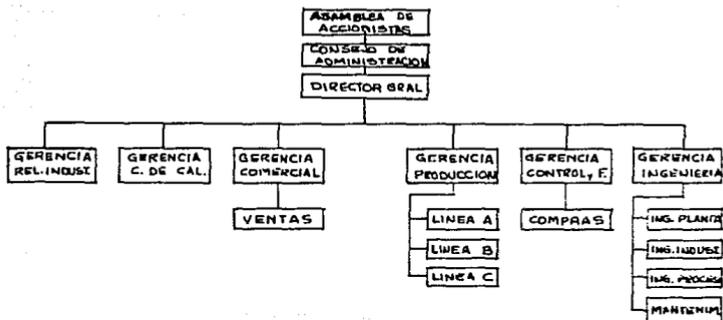
d).- Líneas de moldeo

e).- Líneas de limpieza y acabado

f).- Líneas de Energía externa .

Etc.

Esta empresa se encuentra organizada en su forma más general conforme lo muestra el organigrama de la Fig. ( 2 ) y su diagrama de flujo .



ORGANIGRAMA DE UNA EMPRESA NO INTEGRADA .

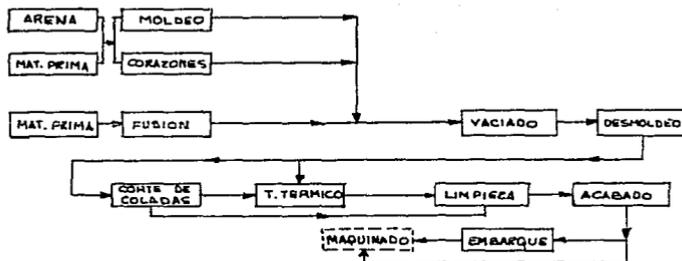


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA EMPRESA NO INTEGRADA .

Fig. ( 2 )

## CAPITULO III.- EMPRESA INTEGRADA.

### A.- PROCESOS.

#### 1.- OBTENCION Y BENEFICIO DEL MINERAL DE HIERRO.

El hierro en escala industrial debe de ser obtenido a partir de depósitos terrestres naturales al igual que los combustibles requeridos. Debido a que se encuentran dentro de la tierra, el mineral de hierro contiene inevitablemente impurezas dañinas. Aún cuando el hierro se encuentra presente en un gran número de minerales (200 aproximadamente) los depósitos que resultan importantes comercialmente, son relativamente escasos ya que su valor depende de los siguientes factores:

1.- El contenido de Fe. deberá de ser elevado, preferentemente (50 a 60% de contenido Fe. mínimo).

2.- El depósito del mineral debe de estar localizado preferentemente con medios de comunicación masivos y económicas.

3.- En caso de resultar un yacimiento pobre en % de Fe. o de contener impurezas dañinas, la abundancia del mismo, la facilidad de concentración del Fe. y la eliminación de los componentes indeseables en el proceso de beneficio debe—rán ser tales que posibiliten la producción económica de un concentrado apropiado para aglomerarse ya sea por peletización por sinterización.

De acuerdo con su composición química, los minerales de hierro más comunmente

utilizadas, pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- a).- Oxidos
- b).- Carbonatos
- c).- Sulfuros.

En nuestro país prácticamente se utilizan en la siderurgia los que pertenecen a la primera clase, como ejemplo de estos tenemos:

		% de Fe.
Magnetita	$Fe_3 O_4$	72.4
Hematita	$Fe_2 O_3$	70.0
Oxidos Hidratados	$Fe_2 O_3 \cdot x H_2 O$	50.0 a 60.0
Siderita	$Fe C O_3$	48.2
Pirita	$Fe S_2$	46.6

En México prácticamente se encuentran agotados aquellos minerales de hierro que por sus adecuadas características físicas y químicas podían utilizarse en los altos hornos sin tratamiento previo, por lo anterior, actualmente se benefician y concentran una buena proporción de los requerimientos en la siderurgia, utilizándose los métodos por flotación o por concentración magnética.

i).- Métodos de operación.

El mineral de hierro es obtenido generalmente de minas que se encuentran a cielo abierto, teniendo varias etapas en su proceso de explotación.

Desde su extracción, trituración, clasificación, beneficio y la recuperación me --

diante diferentes métodos como son la peletización, zinterización, etc.

Todas las etapas mencionadas anteriormente las podemos encontrar en la principal mina que surte a Altos Hornos de México, S.A. "La Perla" y por lo cual nos abacaremos a la descripción de sus procesos.

#### Descripción del Yacimiento.

Esta mina "La Perla, Mina de Hierro" cuenta con diferentes bancos de explotación (actualmente se explota el banco No. 12). Estos bancos son desniveles concéntricos que cubren una extensa área circular y que se van reduciendo conforme se profundiza la mina.

El proceso para extraer el mineral de hierro es mediante explosión de cargas de dinamita, lo que afloja el mineral que mediante sistemas mecánicos son movidos y transportados para continuar con sus proceso. Entre los sistemas mecánicos se encuentran máquinas barrenadoras, palas mecánicas (3 m<sup>3</sup> c/u) Bulldozers y camiones de volteo (25 tons. c/u).

Las reservas cuantificadas de esta mina en la actualidad ascienden a 52'000,000.00 de toneladas en bruto y con una ley de contenido como sigue:

	TONS.
Mineral con un contenido de más de 45% de Fe.	31'000,000
Mineral con un contenido entre 30 y 45% de Fe.	4'000,000
Perla Sur.	5'000,000
Probable.	12'000,000

TOTAL..... 52'000,000

Estas reservas pueden suministrar a una planta siderúrgica como las que actualmente existen en el país, por espacio de 10 años (después de los cuales su explotación puede ser incasteable).

Las reservas nacionales se calculan en 700'000,000 tons.

La especie mineralógica predominante es la hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y asociadas a ella se encuentra la Magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), martita y limonita ( $\text{Fe}_2\text{O}_4 - 3\text{H}_2\text{O}$ ). Las impurezas del mineral de hierro son principalmente azufre, fósforo, sílice y alúmina.

El análisis promedio del mineral de hierro para su uso en un alto horno es:

Fe	59.8 %
S	0.48%
(Si $\text{O}_2$ + $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	6.10%
P	0.10%
Ca O	0.48%

#### ETAPAS DEL PROCESO.

##### a).- Trituración y clasificación:

El material se tritura y separa en sus diferentes tamaños, e iniciándose este proceso con un cribado del material que se recibe por medio de bandas, clasificándose en dos tamaños; de menos y de más de 2 1/2". El mineral menor se separa nuevamente y aquél cuyo tamaño es menor de 3/8" se le denomina "fino" y será almacenado para ser utilizado en otros procesos. El material de más de 2 1/2" deberá ser triturado y alimentará a un sistema de doble criba, separándose el mate-

rial en la primera en tamaños de más y menos de 2" el mineral de menos de 2" - pasará a la siguiente criba en donde le será separado el mineral pulverulento (menor de 3/8") y pasando el resto a reunirse con el material de más de 2". Este material será enviado a la pila de mineral denominado "todo uno".

b).- Beneficio del mineral.

Para el beneficio del mineral de hierro se utilizan principalmente tres métodos - que son:

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1.- Sistema de medio pesado  | (material entre 2" y 5/16")                                   |
| 2.- Sistema de pulsadores    | (material entre 3/8" y 5/16")                                 |
| 3.- Proceso de Peletización. | (para finos y material de alto azufre denominado diseminado). |

1.- Sistema de medio pesado.

Este proceso se basa en el principio de undimiento o flotación de los sólidos contenidos en un líquido según la relación de densidades relativas.

El mineral entre 2" y 5/16" será mezclado con magnetita y agua formando una pulpa que se conduce a unos tambores separadores, los cuales se encuentran provistos de una serie de aletas perforadas que levantan el material precipitado (concentrado con 58% de Fe, y lo depositan en el canalón de arrastre, mientras que el material que flota y forma las colas (de concentración ó a 19% de Fe.) sale arrastrado por la boca del tambor por la corriente de medio pesado.

Las dos corrientes en la de productos concentrado y la de colas se descargan a sus respectivas cribas sacudidoras, donde se recupera la mayor parte del medio -

pesado que regresa al circuito, lográndose de esta forma la recuperación de la magnetita por medio de un lavado.

En este sistema se procesan 400,000 tons. mensuales aproximadas teniendo una capacidad de 186 tons/hr. con una recuperación de 78% en peso y 96% metalúrgica

## 2.- Sección de pulsadores (finos).

El producto de más de 5/16" que es generalmente de un 25 a un 30% de la carga total alimentada a la planta de beneficio se someterán al proceso de finos.

El material es recibido y clasificado por medio de una criba, entre 5/16" y 65 - El menor de 65 mallas formará los jales. El clasificador inicial descarga a una criba vibratoria donde el mineral pierde parte del agua, el producto desaguado se entrega a una tolva cónica donde por medio de un alimentador con capacidad de 90 ton/hr. pasa a un transportador que lo entrega a los pulsadores de la sección de finos.

En los pulsadores, la concentración constituye una forma especial de sedimentación, consistiendo en la distribución de las partículas en capas de diferentes densidades separadas convenientemente. Los pulsadores son depósitos de sección transversal piramidal, provistos de placas perforadas para formar la cama inclinada. Los movimientos sucesivos de pulsación del agua hacen que las precipitadas desciendan hasta alcanzar el rebazadero. El material que se reduce de tamaño en el transcurso del proceso se envía a desperdicio y el restante se envía al apilado de mineral fino.

El desperdicio es extraído por medio de un clasificador de gusano que separa el agua y los lodos, estos posteriormente en un tanque de decantación son más depurados y bombeados hacia el exterior en calidad de desperdicio.

El agua se continua recirculando por medio de bombas y cangilones para ser utilizada en las camas de flotación (fig. No. 3).

### 3.- Beneficio por flotación y peletización.

Para aprovechar el mineral menor de 3/8" y el mineral de alto contenido de azufre (diseminado) se utiliza el proceso de beneficio por flotación y peletización, del cual se cuentan con las tres siguientes fases:

Alimentación.

Concentración.

Peletización.

El mineral procedente de las trituradoras se maneja por medio de dos bandas sucesivas, descargando la última sobre un carro apilador que forma dos pilas de almacenamiento; 16,000 tons. de diseminado (alto en azufre) y 9,200 tons. pulverulento. El acarreo de estos materiales se efectua con dos cargadores frontales que descargan en dos tolvas, las que mediante bandas, alimentan a las tolvas de los molinos.

El mineral diseminado (alto en azufre) se carga a un molino de bolas en circuito-

cerrado con tres ciclones, y el producto resultante pasa por un separador magnético que aparta un concentrado con un 65% de Fe. El rechazo del separador magnético se deslama por medio de dos baterías de ciclones, pasando a un espesador o decantador, donde se alimenta con sólidos de flotación que comprende dos acondicionadores dispuestos en serie y a los que se les adicionan los ácidos sulfúrico y oléico. - El rechazo de esta sección, pasa a cuatro caldas de flotación para obtener concentrados primarios y desperdicio definitivo, prosiguiendo a tres caldas de relavado que producen el concentrado final y colas que retornan a las caldas primarias.

Los concentrados tanto magnéticos como de flotación, se llevan conjuntamente con el mineral pulverulento ya molido a una batería de tres ciclones para su clasificación en material adecuado para la elaboración de pelets y otro que refresa al espesador de concentrados.

La pulpa entra a un distribuidor que alimenta por partes iguales a dos filtros de discos descargando ambos a dos tolvas de donde por medio de dos alimentadores de disco giratorios y dos básculas de banda para el control de la carga, se abastecen los mezcladores, adicionando bentonita y descargando su producto debidamente mezclada en los discos peletizadores. Los pelets procedentes de estas dos líneas pasa a una criba que elimina los tamaños menores de 6 mm. y mayores de 16 mm., éstos últimos serán desintegrados en un agitador, reciclandose la pulpa correspondiente.

Las bolas o pelets de tamaño normal se depositan en la parrilla circular por medio de un transportador radial extensible que descarga sobre una cama de 5 cms. de espesor de pelets ya cocidos, aumentándose a una capa uniforme de 20 cms.

La parrilla circular esta formada por barras trapezoidales de Ac. Cr. Ni. Las paredes y bóveda están revestidas de material refractario al igual que las tolvas y ductos inferiores, equipadas con sellos de agua para impedir pérdidas de gases y obtener uniformidad en el endurecimiento de los pelets.

El área de trabajo de la parrilla circular queda dividida en sectores que corresponden a; carga, secado, cocido, enfriamiento y descarga. Las zonas de secado cocido y enfriamiento se encuentran separadas por mamparas de material refractario. La zona de cocido posee dos mamparas suplementarias para dividir las áreas de precalentamiento, ignición y postcalentamiento.

En la fase final, los pelets son enfriados con aire del ambiente suministrado por un ventilador de tiro forzado que proporciona suficiente presión para manejar los gases del proceso a través de la cama de pelets en las zonas de enfriamiento y cocido extrayéndose el aire caliente en la fase de secado, por un ventilador de tiro inducido. Los pelets terminados, contienen un 62% de hierro teniendo un tamaño que fluctúa entre 6 y 16 mm. y con una resistencia a la degradación de 239 Kg. Para remover los pelets terminados de la parrilla, se utiliza un descargador rotatorio, apilándose el material para su transporte o uso.

Este proceso descrito anteriormente existente en México, es la primera de su tipo en el mundo en lo que se refiere a la parrilla circular y ofrece muchas ventajas para el proceso. Su producción se calcula que sea 600,000 tons. de pelets por año.

El principal objetivo de este proceso es el de utilizar el mineral diseminado con alto contenido de azufre y material pulverulento que por su granulometría no resulta conveniente procesar en las plantas de sinterización.

RESULTADO DE LA OPERACION EN MINAS DE HIERRO  
" LA PERLA " - CHIHUAHUA

I.- Producción actual.	Miles de Toneladas/mes	
	<u>Programado</u>	<u>Real</u>
Producción Mineral Beneficiado	175.0	164.4
II.- Producción estimada para 1975		
Mineral Beneficiado	125.0	
Pellet	50.0	

ii).- Descripción de equipo .

a).- Equipo de generacion de energía eléctrica .

Para el suministro de energía eléctrica se cuenta con tres unidades generadoras de las siguientes características .

Marca	Fairbanks Morse
Modelo	38 D 1/8
Potencia	1,200 H.P.
R.P.M.	720
KVA/Unidad	700 ( Máxima )

b).- Equipo de extracción de carga y acarreo de mineral .

Para el trabajo de preparación de los bancos se emplea el siguiente equipo :

Dos máquinas perforadoras rotatorias ( Bucyrus Erie 40 R Y Chicago-Pneumatic )

Un track-drill .

Dos tractores Caterpillar .

La barrenación secundaria para la reducción de los tamaños grandes de mineral , se realiza sobre las piezas mayores de un metro , para lo cual se utiliza el siguiente equipo

Pistolas neumáticas .

Compresora .

Un track-drill .

Los barrenos con este equipo se practican hasta una profundidad de tres metros cargandose con dinamita , fulminante , cañuela negra , conector y cordel .

El explosivo utilizado más frecuentemente es nitrato de amonio granular al 33.5 % de N . mezclado con diesel , dinamita gelatina tovox , y cápsulas detomex .

Para la operación de carga y acarreo de mineral de los distintos bancos a la sección de trituración se cuentan actualmente con lo siguiente :

Camiones Caterpillar con capacidad de 25 Tons. c/u .

Cargadores frontales con capacidad de 8 Tons. c/u .

Palas mecánicas con capacidad de 5 Tons. c/u .

Tractores Caterpillar para auxiliar la operación de carga .

c).- En la sección de trituración y clasificación se cuenta con el siguiente --  
equipo :

Parrillas de barras fijas .

Alimentador vibratorio , con capacidad de 300 Tons./ Hr.

Criba vibratoria .

Quebradora primaria Allis Chalmers .

Transportadores de bandas .

Cribas de barras fijas .

Quebradoras secundarias .

Quebradoras terciarias .

d).- Equipo de la planta de beneficio .

Bajo la pila de mineral proveniente de trituración , se localiza un tunel de concreto con cuatro boquillas de alimentación espaciadas y dentro se encuentra un transportador elevado con dos alimentadores vibratorios y una báscula para el control de alimentación a la planta , estos alimentadores se deslizan a lo largo del tunel , colocandose bajo la boquilla segun la clase de mineral deseado .

En la sección de preparación se tienen dos secciones de cribas dispuestas en serie y -  
trabajando alternadamente .

e).- La sección del medio pesado cuenta con el siguiente equipo :

Un tambor separador

Cribas para la recuperación del medio pesado .

Das secciones de mallas .

f).- La sección de finos cuenta con el siguiente equipo :

Clasificadores de arena .

Cribas filtro vibratorias .

Tolvas con capacidad de 300 Tons.

Un alimentador de 90 Tons / HR.

Cuenta con baterías de pulsadores , cada una de las cuales consta de -- un pulsador primario de cuatro compartimientos y otro secundario de tres , dispuestos en serie y accionados ambos con mecanismos de alta y baja velocidad para mayor efecto de separación de roca y mineral .

g).- Equipo de la planta Peletizadora .

El equipo de alimentación es el siguiente :

Bandas transportadoras de material pulverulento con capacidad de 250 - Tons./Hr.

Cargadores frontales para material con alto contenido en azufre .

Tolvas con diferentes capacidades de tonelaje .

Equipo de molienda y concentración :

Alimentadores de banda .

Molinos de bolas .

Ciclones .

Separadores magnéticos .

Espesadores de colas .

Filtros de disco .

Tanques de almacenamiento .

Tolvas .

Discos boleadores .

Cribas vibratorias .

Una parrilla de cocimiento con las siguientes características :

Diámetro de la parrilla 60' ( 18.3 m. )

ancho de la parrilla 9' ( 2.75 m. )

Volúmen útil 108' cúbicas .

Velocidad tangencial 2.9 m/ min . ( 9.5' / min )

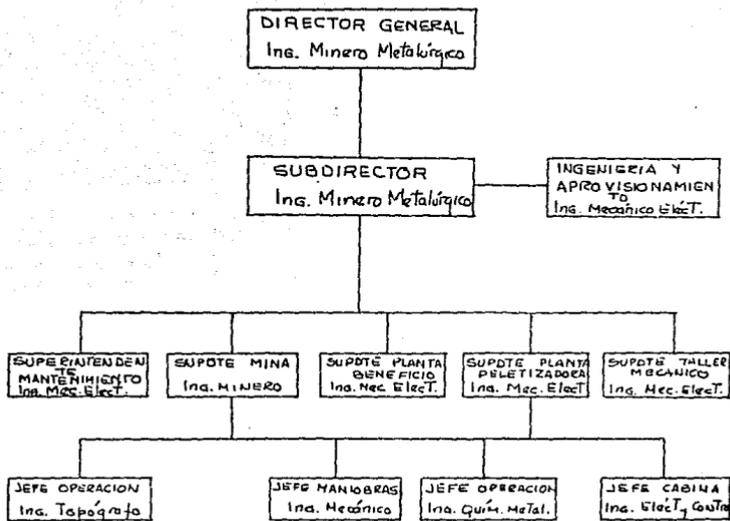
Revoluciones . 3 rev./Hr.

iii),- Personal técnico .

Los ingenieros mineros preferentemente son los que predominan en este proceso aunque los topógrafos son también utilizados para la medición y localización de los puntos de barrenado . Sin embargo el ingeniero mecánico electricista toma importancia directa debido al mantenimiento del equipo descrito anteriormente , al igual que para su operación .



- 1.- MAQUINAS TRITURADORAS .
- 2.- CRIBAS PRIMARIAS ( Separación =  $2\frac{1}{2}$ " ) "
- 3.- CRIBAS SECUNDARIAS ( Separación =  $3/8$ " ) "
- 4.- QUEBRADORAS DE MINERAL de  $2\frac{1}{2}$ " "
- 5.- BANDA TRANSPORTADORA
- 6.- CRIBA CLASIFICADORA ( separación = 2" )
- 7.- CRIBA CLASIFICADORA ( separación =  $3/8$ " )
- 8.- CRIBA SELECCIONADORA PRIMARIA ( sistema de medio pesado y finos )
- 9.- CRIBA SELECCIONADORA SECUNDARIA .
- 10.-TAMBORES SEPARADORES .
- 11.-CRIBAS DE REC. DEL MEDIO PESADO .
- 12.- " " " " " " "
- 13.-CRIBAS DE REC.DE MAGNETITA .
- 14.- " " " " " "
- 15.- TOLVA DE DESPERDICIO .
- 16.- CRIBA CON CLASIFICADOR = 65 mallas .
- 17.- DEPOSITO DE LODOS ( JALES )
- 18.- CRIBA LAVADORA .
- 19.- TOLVA ALIMENTADORA DE PRODUCTO .
- 20.-TRANSPORTADOR JEFREY
- 21.- PULSADOR PRIMARIO .
- 22.-PULSADOR SECUNDARIO .
- 23.-DEPOSITO DE CONCENTRADO PRIMARIO .
- 24.- " " " "
- 25.- DESPERDICIO .



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE BENEFICIO .



## 2.- COQUIZACION Y SUBPRODUCTOS .

La obtención del coque se realiza a partir del carbón obtenido de minas subterráneas o a cielo abierto .

El carbón es una masa estratificada de material vegetal , la cual ha sufrido alteraciones resultado de la acción geológica . Los cambios físicos incluyen oscurecimiento - en el color , incremento de dureza , solidéz , Etc.

Los elementos químicos principales que contiene el carbón son :

Carbón  
Oxígeno  
Hidrógeno  
Azufre  
Nitrógeno .

El coque para consumos del Alto Hornos debe ser suficientemente firme y fuerte para resistir el estrellamiento por manejo y el aplastamiento por la presión ejercida por el peso . Al mismo tiempo debe ser resistente a la degradación para evitar la formación de materiales volátiles y por el contrario se deben también evitar el uso de trozos demasiado grandes para obtener una óptima combustión .

Antes de entrar en detalle a los procesos de fabricación del coque , podemos decir que una tonelada métrica de carbón coquizable en práctica normal rinde aproximadamente las siguientes proporciones :

Carbón metalúrgico total .	( 73 % )
Carbón ( finos de coque ) .	( 7 % )
Sulfato de amonio .	7.5 Kg./ T.C.S.
Benceno nitración	4.9 Kg./ T.C.S.

Benzol 90	0.2 Kg./T.C.S. *
Tolueno Nitratación.	0.8 Kg./T.C.S.
Xileno Nitratación.	0.2 Kg./T.C.S.
Nafta.	0.2 Kg./T.C.S.
Brea.	13.3 Kg./T.C.S.
Creosota.	7.9 Kg./T.C.S.
Gas.	300 m <sup>3</sup> /T.C.S.

\* (T.C.S. Tonelada de Carbón Seco, )

#### i).- METODOS DE OBTENCION DEL COQUE METALURGICO .

Los métodos convencionales para la obtención del coque son dos:

- a).- El proceso de horno de colmena.
- b).- El proceso de Retorta.

Proceso de Horno de colmena.- Este es un proceso antiguo y rudimentario que en la actualidad tiene poco uso.

Tal como lo muestra la Fig. ( 5 ) El nombre de colmena proviene de la forma y construcción de los hornos . El arreglo de los hornos presenta tres formas :

a).- Sistema de bancos , en el cual los hornos son construídos sobre una línea en un banco de tierra natural o artificial , además siendo necesarios para su construcción , de una pared frontal ,

b).- El sistema de bloques simples , que consiste de una línea de hornos con pa redes de retención al frente y atras.

c).- El sistema de doble bloques , donde los hornos están construídas con pared posterior común o con una pared de retención a lo largo del frente de cada línea .  
En estos hornos el sistema de desalojo de los gases se hace por un tunel .

El proceso es similar al de los hornos de retorta , ya que el gas en un proceso de re -  
generación calienta tanto las paredes del horno como el techo . En el momento de al-  
canzar el punto de ignición de los gases volátiles se empieza a quemar el coque al cual  
también hay que administrar aire .

El coque dentro del horno es enfriado por agua y extraído posteriormente por la boca  
a los siguientes procesos de cribado y utilización .

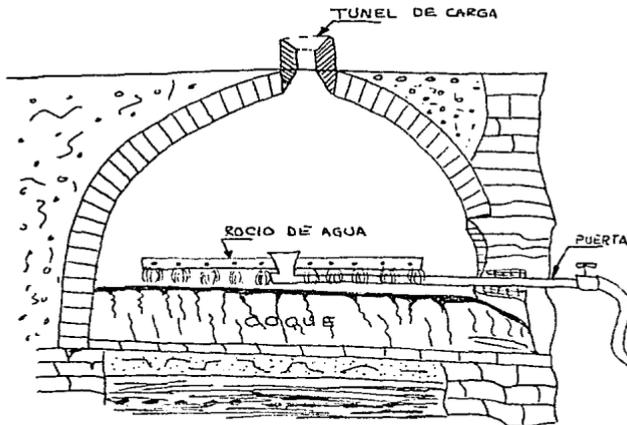


FIG.( 5 ) CORTE ESQUEMATICO DE UN HORNO DE COLMENA .

Proceso de obtención del coque metalúrgico por el método de subproductos .

El carbón proveniente de la mina es transportado a las plantas coquizadoras , donde es triturado , clasificado , limpiado de partes metálicas para moverlo a compartimientos para su mezcla en diferentes tipos y obtener así una calidad uniforme y óptima .

PROCESO .- La operación de los hornos de coque se puede dividir en tres fases principales :

- a).- Carga de carbón al horno vacío .
- b).- coquización .
- c).- descarga del coque .

Carga del carbón .- Generalmente la realiza una máquina cargadora , provista de -- varias tolvas , y toma el carbón de la torre de mezcla pesandolo con el fin de obtener un control de la carga de cada horno , Una vez llena la máquina se desplaza por una vía en la parte superior de los hornos , hasta el que se encuentra vacío , llenandola por gravedad a través de las entradas que corresponden al número de tolvas que tiene el carro de carga .

Terminada la operación el carro regresa a la torre por más carbón , los orificios del horno se cierran y se acciona el sistema extractor de aire .

El volumen útil de cada horno es variable , dependiendo de la humedad , de ahí que los kilogramos / m<sup>3</sup> que admite son variables .

Coquización .- Tan pronto como el carbón se carga en el horno caliente , el material en contacto directo con las paredes se calienta rápidamente . Cuando alcanza el punto de fusión una capa delgada de carbón se suaviza y se funde . Las reacciones de destilación destructiva se suceden rápidamente en la capa plástica con una copiosa --

formación de productos volátiles . Las reacciones continúan y la temperatura de la zona fundida aumenta rápidamente , la plasticidad comienza a decrecer y finalmente la capa plástica se solidifica . El coque que se forma después de la solidificación de la zona plástica aún contiene materia volátil pero como se contiene la temperatura , las reacciones de la destilación destructiva continúan con evolución de gas y un poco de alquitrán . El tiempo necesario para la transformación del carbón en coque es -- aproximadamente 18 Hs. Los gases son colectados para enviarlos a la planta de sub -- productos .

Descarga de coque .- La descarga de los hornos se realiza con la ayuda de tres máquinas auxiliares : Máquina deshornadora , máquina guía y carro de apagado .

La máquina deshornadora quita la puerta del llamado " lado máquina " e impulsa el coque usando un vástago empujador que recorre todo el largo del horno más lo ancho del carro guía ."La máquina guía " quita la puerta del lado contrario " lado coque " y coloca una extensión de las paredes del horno . Al ser empujado el coque por la -- máquina deshornadora , cae en la caja del carro de apagado transportandolo éste último a una torre en donde se rocía con agua . El coque apagado se vacía en una rampa donde se evapora parte de la humedad . Después se transporta a la planta trituradora y clasificadora , finalmente el coque es acarreado por diferentes medios a sus -- lugares de destino .

i ).- PLANTA DE SUBPRODUCTOS .

Durante la operación de las baterías de hornos de coque , el gas extraído sale de cada horno en las diferentes etapas de coquización , consecuentemente su composición

promedia no varía , salvo alteración en las condiciones de operación por ritmo de empujado del coque .

El flujo del gas por la planta de subproductos se muestra en la Fig. ( 6 ) , el que se genera durante el coquizado del carbón . Es extraído de los hornos ( 1 ) por medio de un succionador de tipo centrífugo ( 3 ) . El gas es arrastrado a través de unos colectores y un enfriador primario ( 2 ) en donde se condensa una gran parte de alquitrán ; en seguida el gas se impulsa a través de un precipitador eléctrico en donde se recupera el resto del alquitrán ( 4 ) .

Terminada la recuperación del alquitrán , el gas pasa a un saturador ( 5 ) y un separador ciclónico , donde se realiza la separación del amoníaco en forma de sulfuros . Después por procedimientos posteriores se obtiene el amoniaco . Separado el amoniaco , el gas pasa a un enfriador final ( 6 ) donde se desprende la última porción de naftaleno . Por último el gas pasa a una torre de absorción ( 7 ) donde se separa el aceite ligero y el gas queda listo para utilizarlo como combustible .

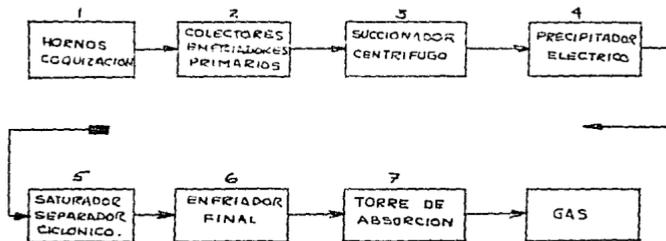


FIG. ( 6 ) FLUJO DE GAS EN LA PLANTA DE SUBPRODUCTOS .

**Separación del Alquitrán .-** En la Fig. ( 7 ) se muestra el flujo del gas y sus condensados . El gas sale de los hornos de coquizado a una temperatura entre 600 y 700 grados centígrados por lo cual necesita ser enfriado . Este enfriamiento se realiza poniéndolo en contacto directo con una niebla de agua o licor amoniacal provocada por una espuma . Cuando ha entrado en contacto con el licor amoniacal pasa a unos colectores encontrándose saturado con agua a una temperatura de 70 grados centígrados ; estos colectores recuperan por condensación aproximadamente el 70 % del alquitrán .

El gas , con el licor amoniacal y el alquitrán se conducen a un enfriador primario -- del tipo indirecto , y son separados a la entrada de estos enfriadores por medio de un ducto descendente que descarga el licor y el alquitrán en un decantador .

En el enfriador primario , el gas saturado con vapor de agua y alquitrán , desciende a una temperatura de 25 grados centígrados a 30 grados centígrados llegando a condensarse el vapor de agua y las fracciones ligeras de alquitrán .

El alquitrán que se condensa junto con el licor en el enfriador primario se descarga a un depósito a desnivel del cual se regresa al colector general , en donde se separa del gas , como se mencionó , por medio del ducto de tubo descendente que los conduce a un decantador . En el tanque decantador , la mezcla del licor y el alquitrán entra en uno de sus extremos por la parte media y fluye por ésta hasta el otro extremo ; en su paso a través del decantador se separa una capa inferior que es la de alquitrán y una superior que es de licor . El decantador está dividido longitudinalmente en su parte interna por manpasas perforadas formando secciones iguales en las que se retienen los residuos de carbón fino arrastrados por el gas desde los hornos así como la --

brea de alquitrán . Estos residuos se eliminan del decantador periódicamente a través de unas aberturas situadas en la parte inferior de cada sección . El alquitrán se extrae del fondo del decantador y pasa por un filtro de malla de acero que sirve para eliminar el residuo remanente y se bombea a un separador a presión . En este separador , el alquitrán húmedo entra por la parte superior y fluye a través del mismo hasta el extremo inferior en donde se extrae y se bombea al tanque de almacenamiento . Por medio de procesos posteriores se obtienen derivados tales como : brea , creosota , naftaleno aceites , etc.

El licor amoniacal que se separa del alquitrán en el decantador , se extrae por la parte superior del mismo por un vertedero fijo que lo pasa por bomba a las espreas rociam-- doras ; una porción sobrante de licor se drena a un tanque de almacenamiento de donde se bombea a una torre recuperadora de amoníaco .

El gas procedente de los enfriadores primarios arrastra partículas finas de alquitrán en forma de niebla . del cual se separa por medio de un precipitador eléctrico antes de pasar por el resto del equipo de purificación .

El gas pasa a través de un campo eléctrico producido por una diferencia de potencial entre los electrodos del precipitador , las partículas de alquitrán suspendidas , se cargan electricamente y son atraídas por el electrodo positivo conectado a tierra . Del precipitador sale un gas libre de alquitrán que se lleva a los sistemas recuperadores de amoníaco .

Separación del Amoníaco .- La cantidad de amoníaco que se produce en el proceso de coquización es de aproximadamente 1,85 Kg./ Ton. de carbón seco y depende de las temperaturas de coquización . El amoníaco se separa del gas al ponerlo en contacto -

directo con ácido sulfúrico diluido , produciendo así sulfato de amonio .

El proceso se efectúa en un saturador Fig.( 8 ) , un separador ciclónico de ácido , un intercambiador de calor con vapor y una centrífuga para separar el sulfato del licor madre .

El gas se admite al saturador a través de un tubo vertical que desciende desde el centro de la tapa superior hasta una altura cercana al fondo del cono invertido y en esta parte final del tubo existe un difusor para descargar el gas . El saturador está parcialmente lleno con una solución acuosa de ácido sulfúrico de 3 a 4 % que se denomina licor madre . El difusor distribuye el gas que entra formando una corriente de burbujas - pasando a través del licor . El amoníaco reacciona con el ácido sulfúrico de acuerdo con la siguiente ecuación :



El gas que sale del saturador arrastra el licor en forma de rocío y si este licor permanece en el gas puede causar serios problemas de corrosión al equipo con el cual está en contacto por lo que se elimina en el separador ciclónico de ácido .

Aquí la separación del ácido arrastrado se origina por un cambio repentino en la dirección del flujo o por el efecto de movimiento en remolino impartido al gas en el separador ciclónico . Cuando se acumula una cantidad apreciable de cristales de sulfato se extraen por medio de un eyector de aire y descargan a una centrífuga que los separa del licor madre .

El licor se desaloja por acción centrífuga y se regresa a través de un sello hidráulico al saturador .El sobrante del licor amoniacal que sirve para enfriar el gas en la salida de los hornos se almacena para la recuperación posterior del amoníaco .

**Enfriamiento final .-** Fig. ( 9 ) . Se realiza en un equipo que consiste en una torre con rejillas de madera por la que asciende el gas , donde se lava a contracorriente de agua . El agua caliente que contiene una cantidad considerable de naftaleno en suspensión , fluye hasta el fondo del enfriador por un ducto concéntrico ; la parte inferior del enfriador se encuentra llena de alquitrán y en la que se recupera el naftaleno que lleva en suspensión el agua , cuenta con una descarga para el alquitrán . El agua desciende hasta el fondo y asciende a través del alquitrán saliendo del enfriador por un sello hidráulico . Pasa luego a una torre de enfriamiento donde se recircula al enfriador final .

**Recuperación del aceite ligero .-** La finalidad de este proceso es la recuperación del aceite ligero , efectuándose por absorción con aceite de alto punto de ebullición . - éste es un proceso de recirculación continua . El gas que contiene el aceite ligero se lava a contracorriente con el aceite absorbente y una vez enriquecido se pasa a una torre destiladora de platos con borboteadores en la que el aceite ligero se separa por destilación con vapor directo . El agua y el aceite se separan por decantación . El -- aceite de lavado desbenzolidado se enfría por medio de cambiadores de calor y se recircula a los lavadores . El aceite ligero pasa a redestilación donde se obtiene el bencol 90 , benceno grado nitración y tolueno grado nitración . El aceite ligero que no -- alcanza a destilarse en estas columnas , pasa a los alambiques donde se separa el xileno grado nitración y la nafta aromática .

El gas de coque limpio alcanza un poder calorífico aproximado de  $5,000 \text{ K.Cal/m}^3$  - y un peso específico de  $400-450 \text{ Gr./m}^3$  . Una parte del gas producido se almacena-

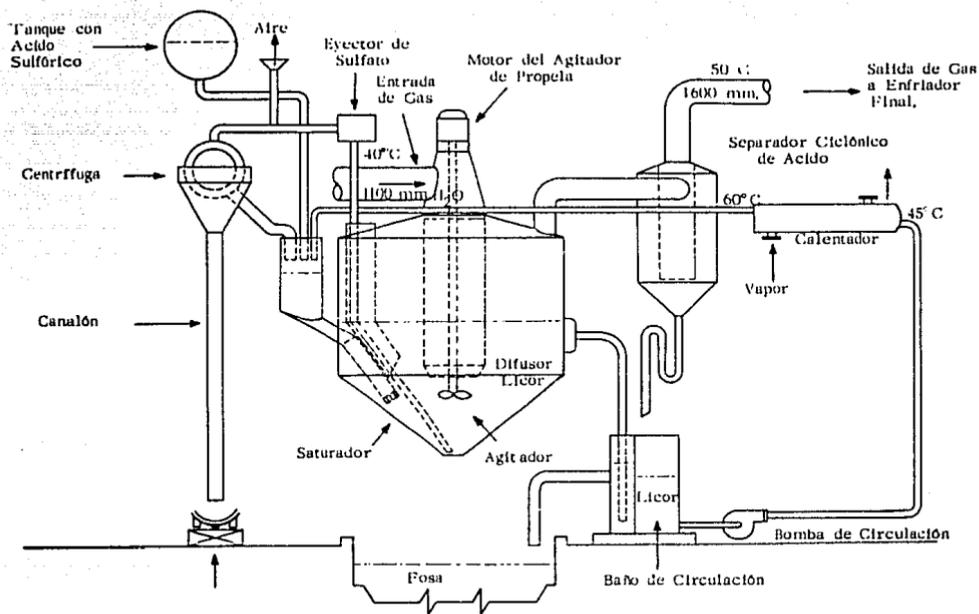


FIG. 8 SEPARACION DEL AMONIACO.

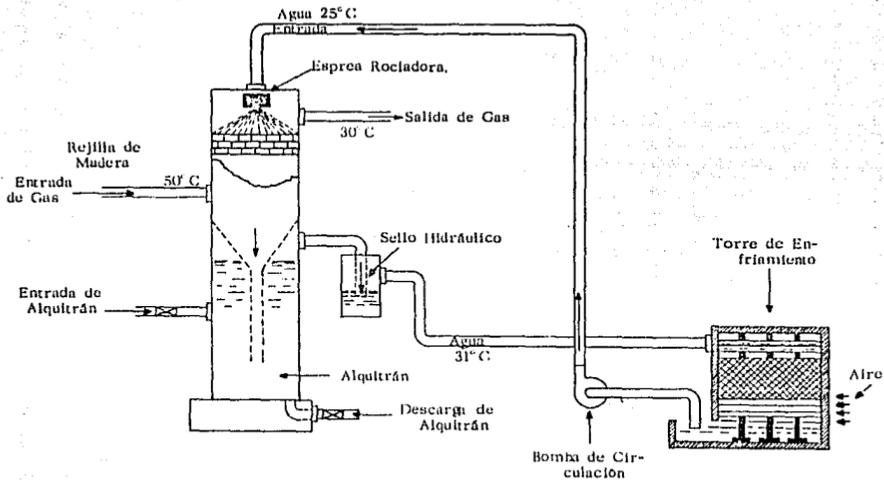


FIG. 3. ENFRIADOR FINAL.

FIG. 4. —DIAGRAMA DE FLUJO DEL ENFRIADOR FINAL.

en gasómetros , usando sellos de agua para evitar que escape a la atmósfera y destinándose otra parte a los quemadores de baterías de hornos , estufas de altos hornos y plantas de fuerza motriz .

ii ) .- EQUIPO .

El equipo principal con que cuenta la planta coquizadora es :

Hornos Heinrich Koppers con cámaras de calentamiento verticales del tipo de horquilla y recirculación de gases de combustión .

Sus principales partes son :

- a) .- Cámara coquizadora o retorta .
- b) .- Cámaras de combustión .
- c) .- Colectores de gas crudo .
- d) .- Regeneradores .
- e) .- Chimenea .

Máquina cargadora .- Son máquinas con tolvas de determinada capacidad ( 20 Ton. p. ejem. ) y tiene una vía de rieles de acero sobre los hornos por donde transita utilizando motores eléctricos reversibles .

Máquina deshornadora .- Cuenta con un sacapuntas , un nivelador y un vástago empujador . Se mueve por motores eléctricos reversibles utilizando una vía colocada en el llamado lado máquina de los hornos .

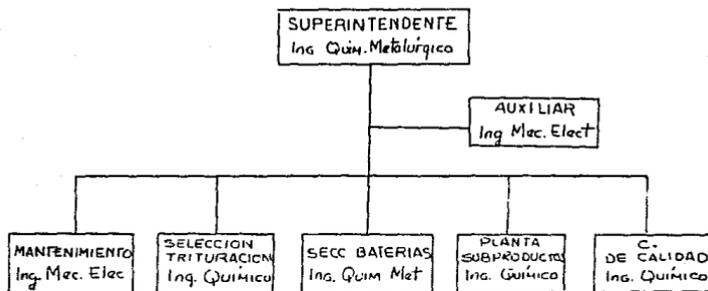
Máquina guía .- Cuenta con un sacapuntas y una guía o extensión de las paredes del horno . Se mueve por motores reversibles y opera en el lado coque de los hornos , sobre el pasillo de servicio .

Equipo de apagado .- Está compuesto por una locomotora eléctrica que acciona el carro de apagado , su capacidad rebasa la carga total de un horno . Además

incluye la torre de apagado .

Control de temperatura .- Equipo de control de combustión para el calentamiento de los hornos , consiste en un tablero en donde se encuentran aparatos registradores de flujo , presión y temperatura .

Sistema de triturado y clasificación de coque .- Generalmente son rodillos trituradores con anillos dentados y cribas vibratorias para clasificar el coque .



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE COQUIZACION .

### 3.- SINTERIZACION .

Precisamente uno de los factores básicos en toda industria siderúrgica es la preparación de una mezcla óptima de minerales para que el rendimiento de los altos hornos sea eficiente , en lo que influye particularmente el triturado y cribado del mineral en trozo o bién , la aglomeración de finos de minerales de hierro , o sea una mezcla de materias primas de un tamaño adecuado y de análisis químico uniforme , para evitar cambios de operación tanto en las plantas de sinterización como en los altos hornos .

Por lo tanto antes de efectuar la aglomeración de los finos de mineral de hierro , es necesario que la materia prima sea uniforme física y químicamente , minimizando en lo posible los compuestos indeseables que afecten la elaboración del buen arrabio.

#### i) .- PROCESO DE HOMOGENEIZACION Y ALMACENAMIENTO .

Por la experiencia adquirida a través de los años , se ha establecido que el tamaño de las partículas de mineral que se alimentan al alto horno deben ser de un rango estrecho y cuidadosamente seleccionado para lograr el máximo rendimiento . P.Ejem.- los finos de mineral menores de 5 mm. resultan perjudiciales porque forman acumulaciones locales en ciertas zonas de la cama del alto horno , propiciando canalizaciones de gas , lo que causa una pérdida considerable en la permeabilidad de la carga. El tamaño mayor de 26 mm . resulta nocivo al igual que los materiales finos , porque provoca gran pérdida de transferencia de calor , retarda la reducción y disminuye la producción .

En la historia de la siderurgia , se han practicado e investigado muchos sistemas de mezclado con el propósito de obtener un producto homogéneo en propiedades físicas-

y químicas . Este proceso tiene por objeto combinar diferentes tipos de materiales,-- ya sea provenientes de las minas en trozo o finos o finos , o las recuperaciones de la misma planta , tales como polvo de los colectores de los altos hornos , escama producida en el proceso de laminación en caliente y escoria de los hornos de aceración ,-- formando una mezcla que contenga una cantidad exacta proporcional de cada uno de los diferentes materiales , para que cualquier proporción sea idéntica física y químicamente .

En AHMSA se está aplicando la última idea realizada para la homogeneización del mineral , la caída en capas , una sobre otra formando una pila grande de sección --- triangular . Primeramente , el material es depositado en capas en forma continua a lo largo de la pila por un " apilador viajero " para , posteriormente ser levantado por -- un recogedor en un extremo de la pila , enviándolo a su destino por medio de bandas transportadoras .

Este proceso es como sigue : El mineral de hierro es recibido de diferentes partes del -- país en vagones de F.F.C.C. Estos carros al ser recibidos serán encaminados hacia -- un ramal de cuatro vías de entrada y una de salida , al final se encuentra instalada -- una máquina volteadora de carros .

Una vez volteado el carro , el mineral será recibido en dos tolvas de 400 Ton./ Hr.- de capacidad . En la parte inferior recibe también los finos de retomo que provienen del alto horno , estos finos son transportados en camiones e introducidos en forma manual a las tolvas .

El material es llevado por la banda a una torre de muestreo que selecciona y distribuye la carga por otro sistema de banda ; ya sea a una tolva de almacenamiento , si es trozo

mayor de 9.65 mm. para pasarlo posteriormente a un sistema de triturado y cribado ; - o si es menor de 9.65 mm. se envía directamente a homogeneizar en pilas de trozo y - fino .

La recepción de materiales es de 60 carros por turno de 8 Hrs. En el sistema de banda existirá un manejo de 750 Tons./ Hr.

Los motores eléctricos que se encargan del movimiento del sistema de banda tienen -- una capacidad de 25 H.P. c/u .

El sistema de homogeneización consta de 8 pilas con capacidad de 43,500 Tons. mé - tricas para finos , ó 48,800 Tons. métricas para minerales gruesos . Para formar una - pila se toman trece días .

El material destinado a homogeneizar es conducido por bandas al apilador de aproxi - madamente 15 metros de altura , que se mueve sobre rieles de 140 metros de longitud; el apilador posee dos bandas transportadoras que descargan el material a uno u otro -- lado para formar las pilas .

El recogedor lo constituye una rueda de cangilones ( parecida a una rueda pelton ) -- con un diámetro de 5 metros aproximadamente , descargando los cangilones a una tol - va y de esta hacia las bandas que llevarán el material a la planta de sinterización . - Este recogedor tiene una capacidad de 500 Tons./ HR. y esta movido por dos motores eléctricos de 7.5 H.P. adicionandose catarinas y cadenas al sistema . También con - tiene un sistema de arrastre que permite recoger el material en forma uniforme .

Las pilas de material seleccionado para el proceso de sinterización son mezclas bajo - las siguientes proporciones :

58% Mineral de hierro proveniente de " La Perla "  
 32% Finos de retorno del alto horno .  
 5 % Escoria .  
 4% Polvillo del colector del alto horno .  
 1 % Mineral de hierro proveniente de otras minas .

100 % TOTAL .

( Datos AHMSA )

Todo el sistema se auxilia con una estación de triturado y cribado del mineral de hierro y cuya capacidad es de 75 TONS\*/ Hr. Consta de 3 quebradoras que reducen el mineral a 76 , 19 y 9.6 mm. respectivamente y ademas posee tres cribas , donde se clasifica por tamaños .

Para el siterizado del mineral de hierro se requieren de otros materiales como son : - el coque , dolomita y caliza , para lo cual se cuenta también con una sección de -- triturado de fundentes ( dolomita y caliza ) , que se utilizan en los departamentos de sinterización alto horno y aceración , la cual procesa a razón de 60 Tons./ Hr.

La dolomita y la caliza llegan a la planta de triturado en camiones de volteo procedentes de las minas de la región donde son clasificadas en cuatro tamaños : finos hasta de 3.17 mm. ; gravilla hasta de 19 mm. ; trozo hasta de 62.4 mm. y mayor de 62.4 - mm. Este último se hace pasar por un molino de martillos donde se reduce a finos .

Las instalaciones para el almacenamiento de las materias primas dentro de la planta,-- estan interconectadas por bandas , algunas desde el patio de homogeneización hacia las tolvas dosificadoras y otras transportando la dolomita , caliza y coque hasta las - mismas tolvas de dosificación en la planta .

El almacenamiento en la planta de sinterización consiste de seis tolvas metálicas -- equipadas en su parte inferior con extractores de bandas dosimétricas que depositan el

aire .

Las cadenas de sinterización tienen superficies útiles dependiendo del diseño de la planta . Ejem. AHMSA la cual tiene una superficie útil de  $145 \text{ m}^2$  ,  $46 \text{ m}$  . de longitud y - un total de 120 carros individuales con 208 parrillas c/u. Del total de parrillas contenidas en los 120 carros , cada cadena sera reparada semanalmente , cambiando un -- promedio de 500 parrillas , lo que representa de 2 a 3% del total ; valor en si pequeño y que es mantenido gracias a la capa de sinter colchón que se deposita sobre la cadena. En el area útil de la cadena están conectadas 19 tolvas de succión que se unen al ducto principal , protegido en su parte inferior con revestimiento anti-abrasivo, donde tiene - una serie de tolvas de descarga con válvulas automáticas balanceadas que permiten la - evacuación del polvo decantado en los ductos , succionado durante el proceso y de -- vuelta a la tolva de fino de retorno .

La cadena de sinterización es accionada por un motor con una velocidad de 0 a 6 m/-- min. dependiendo de la altura de la capa con que se esté trabajando ; es controlable - por medio de unas pilas de cobalto , regulandose de manera que la temperatura alta o - zona de fusión llegue a la capa de sinter - colchón en el momento que el sinter proce - sado empiece a ser descargado de la cadena . Al descargarse, este sinter pasa a un mo - lino de aspas en el que se fragmenta a tamaños más pequeños encontrandose aún al rojo vivo . Aquí mismo se criba y se envía por un conducto hacia un enfriador circular . -- Los tamaños de sinter que se obtienen son : Trozos de 30 Cms. aproximadamente , y fi - nos menores de 7 mm.

El enfriado circular tiene un diámetro aproximado de 25 metros con una superficie útil variable donde se efectúa el enfriamiento del sinter por medio de ventiladores .

material sobre una banda colectora principal . La serie de tolvas comprende :

Tres tolvas para mineral  
 dos tolvas para dolomita y caliza  
 una tolva para coque , con capacidad de  $250 \text{ m}^3 \text{ c/u}$  .

Los extractores dosimétricos depositan el material debidamente pesado sobre la banda colectora , de donde pasa a otra banda en la que también son descargados los finos de retorno . La mezcla de materiales y finos de retorno , se descargan en el mezclador -- primario , que consiste en un tambor cilíndrico que gira de seis a ocho vueltas por minuto y en cuyo interior se atomiza agua con dos finalidades ; efectuar un buen mezclado e iniciar la micro-aglomeración y enfriar los finos de retorno .

Al salir del mezclador primario el material se calienta y es enviado por una banda al -- mezclador secundario . En este mezclador se le agregará más agua con el propósito de darle cierta permeabilidad a la mezcla por sinterizar . El mezclador secundario gira - a seis vueltas por minuto y con un ángulo de inclinación de 4 grados .

De este mezclador el material pasará por banda a una tolva móvil la cual distribuye la mezcla . Esta mezcla preparada en el mezclador secundario es distribuida sobre la cadena de sinterización y al mismo tiempo se va descargando una capa de sinter terminado llamado " Sinter colchón " cuyo tamaño es de 8 a 15 mm, procedente del cribado en frío y almacenado en una tolva que descarga sobre la cadena . La altura de esta capa fluctúa entre 2 y 3 centímetros y su finalidad es la de proteger las parrillas , cuando ha llegado la combustión a este punto , además que reduce el paso de material fino a través de las parrillas . La altura de la capa de carga es regulada por un registro de control hasta una altura máxima de 30 cms. El encendido de la capa se efectúa por medio de una campana con diferentes líneas de quemadores alimentada con gas de coque y --

Posteriormente el sinter es cribado en frío enviándose a la banda de sinter terminado-- los tamaños que sean mayores de 25 mm. y los tamaños menores de 25 mm. son trans -- portados a otra criba donde se seleccionan tres tipos : Los tamaños menores de 8 mm. -- son los finos de retorno frío y se transportan a la tolva correspondiente ; los tamaños -- mayores de 8mm. y hasta 15 mm., se descargan en una banda reversible que los depo -- sita en la colectora del sinter terminado o en la banda que lo conduce a la tolva de -- sinter colchón . Los tamaños entre 15 y 25 mm. caen sobre la banda de sinter terminado descargando en una banda que lleva al producto a una tolva de almacenamiento de -- donde se distribuye a los altos hornos .

Los polvos arrastrados por los humos producto de la combustión y reducción , son elimi -- nados por una batería de ciclones ( No. 17 ) que trata  $750,000 \text{ m}^3 / \text{Hr.}$  a una presión barométrica de 707 mm. de Hg. La succión del ducto principal se realiza por medio -- de un ventilador centrífugo ( No. 18 ) con una capacidad de  $750,000 \text{ m}^3 / \text{Hr.}$  a la -- misma presión de los ciclones y a una temperatura de 150 grados centígrados . La varia -- ción para el gasto se controla desde la cabina de controles generales . ( No. 15 ) .

El proceso de sinterización actualmente es indispensable ya que de esta forma se a -- provechan los finos del mineral de hierro , que anteriormente eran desaprovechados , a la vez que la alimentación a los altos hornos con este material sinterizado evita mu -- chos problemas y mejora el rendimiento .

Esta aglomeración que se efectúa mediante fusión incipiente puede compararse a dife -- rentes procesos como son : Granulación , briquetización , peletización Etc. , pero -- cada uno con diferentes sistemas de procesar los finos .

El sinter para-el alto horno se clasifica en ácido y básico y conforme a esto se denomi --

na Sinter Autofundente o Superfundente . El sinter debe de proporcionar al alto horno un incremento de producción y a la carga una mejor permeabilidad y contacto entre -- gas y líquido reduciendo los consumos de coque y disminuyendo la cantidad de finos -- arrastrados por el gas producido en el alto horno .

El sinter debe contener 60% o más de Fe. , resistir la alta temperatura y fuerzas de -- degradación sin sufrir deterioros físicos y ser lo suficientemente reducible a un rango -- satisfactorio para su empleo .

Las materias primas necesarias para la formación en orden de importancia son : Finos de mineral de hierro, coque y fundentes .

Los minerales de hierro se dividen en finos de mineral de hierro y recuperados . Los -- primeros son obtenidos en las minas y procesos de molienda o concentración , su tama-- ño debe de ser menor de 10 mm. Los recuperados son los que se rescatan de la escoria -- de los hornos de aceración, los finos de retorno producidos durante el transporte del -- sinter o también eliminados al cribar y las rebabas de acero cuyo tamaño debe ser me-- nor de 3.2 mm.

El coque es el combustible que eleva la temperatura de la mezcla para lograr una fu-- sión incipiente de las partículas propiciando la aglomeración ; se obtiene durante la -- molienda y cribado del coque y su tamaño fluctúa entre 10y 20 mm.

La química de la operación del alto horno requiere fundentes para separar las impure-- zas en forma de escoria . Al agregar un fundente al proceso de sinterización se logra -- la formación completa de escoria , la que se une a los oxidos de hierro dandoles ma-- yor cohesión mecánica a las partículas y superando la calidad del sinter ; los funden-- tes que se utilizan en la planta , son dolomita y caliza .

## ii).- EQUIPO .

El equipo de una planta de sinter es el representado en el diagrama de flujo Fg.( 10 )

que a continuación se detalla :

- 1.- Tolvas de dolomita .
- 2.- Molino de barras para coque .
- 3.- Criba .
- 4.- Tolvas de materias primas .
- 5.- Mezclador primario .
- 6.- Tolva de finos de retorno .
- 7.- Despolvador primario .
- 8.- Quebrador de sinter .
- 9.- Criba para material caliente .
- 10.- Enfriador circular .
- 11.- Mezclador secundario .
- 12.- Tolva de sinter colchón .
- 13.- Alimentación y campo de encendido .
- 14.- Cadena de sinterización .
- 15.- Cuarto de controles .
- 16.- Ductos de succión .
- 17.- Colectores de polvo .
- 18.- Abanico principal.
- 19.- Criba de material frío ( mayor de 25 mm. )

20.- Cribas de material frío ( de 0 y 8 mm. 8 y 15 mm., 15 y 25 mm.)

21.- Despolvador secundario .

22.- Banda de entrega de sinter al alto horno .

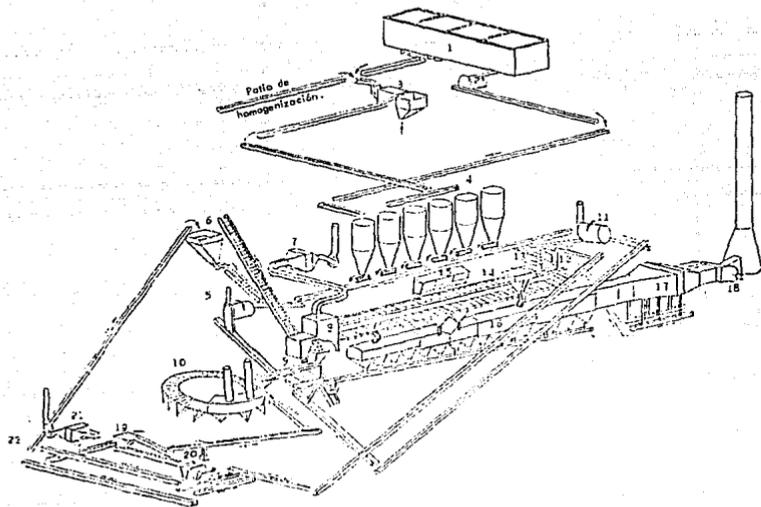
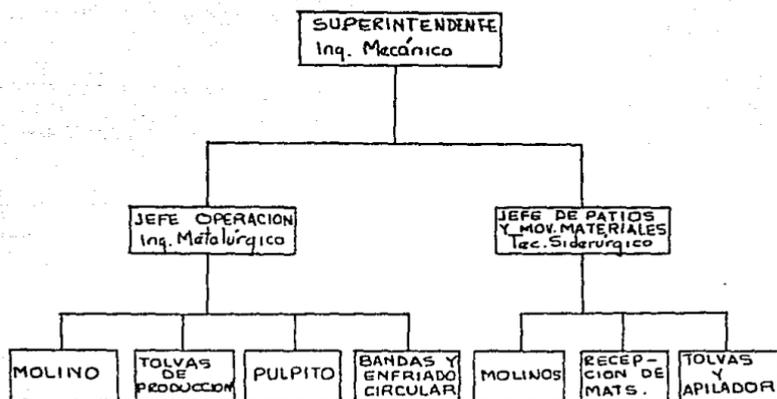


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE SINTERIZACION ( tipo parrilla sinfin )



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA SINTERIZADORA .

La mayoría del personal obrero ( 70 % ) esta dedicado al mantenimiento de la planta - siendo esto necesario ya que el producto manejado es inevitablemente sucio , polvoso - y altamente abrasivo .

#### 4).- PLANTA DE OXIGENO .

Al presentarse la constante necesidad de mejorar los métodos de fabricación para elevar la productividad , así como la calidad de los productos ; en los últimos diez años el oxígeno se ha convertido en una materia prima cada vez más necesaria para la elaboración del hierro y del acero . Por esta razón todas las industrias integradas de nuestro país , se han preocupado por la instalación de plantas elaboradoras de oxígeno a escala industrial y cuyo proceso a continuación se describe :

i ).- El proceso se inicia con la admisión de aire que es pasado por un filtro con el propósito de eliminar el polvo y otras impurezas . Posteriormente se alimenta a un compresor para elevar su presión a cinco veces la presión atmosférica y debido al proceso, su temperatura aumenta a 100 °C aproximadamente , con esta temperatura , el aire no se puede introducir directamente a las columnas rectificadoras , por lo que su temperatura se disminuirá en un enfriador de contacto directo con rocío de agua . El aire enfriado se pasará a un evaporador y enseguida a un intercambiador de calor para retirar el calor restante ; en estos intercambiadores ( a contraflujo ) circulan oxígeno puro y nitrógeno para enfriar el aire .

Debido al enfriamiento realizado , se depositará el agua y el bióxido de carbono contenidos en el aire , en forma de escarcha y hielo seco sobre la superficie del intercambiador de calor . Esta escarcha y hielo seco se retira de la tubería haciendo circular un poco de nitrógeno de desperdicio .

Una parte del aire frío que sale de los intercambiadores de calor se licúa en los licuadores mediante la pérdida de calor con el nitrógeno de desperdicio y el nitrógeno y

oxígeno puros que salen de la columna de rectificación superior . Este aire será posteriormente tratado en las turbinas de expansión para ser utilizado como refrigerante en distintos procesos de la planta .

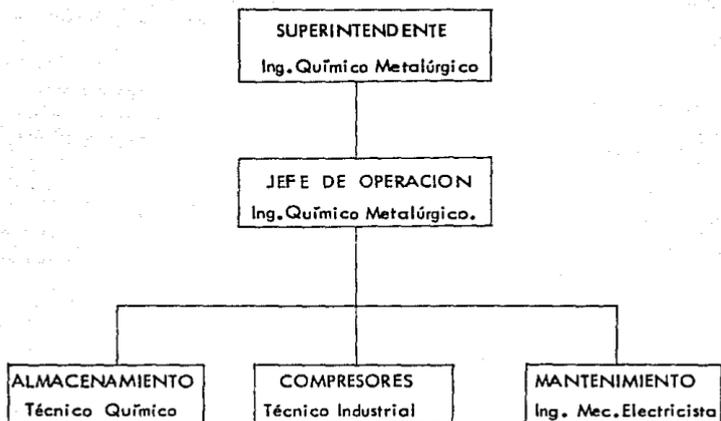
La otra porción del aire restante ( que es la mayor parte ) será licuada en los condensadores por pérdida de calor con el oxígeno acumulado en la columna de rectificación y obteniéndose un aire líquido con una pureza de oxígeno al 40 % . El nitrógeno en forma de vapor se encontrará separado en la parte media de la columna rectificadora. El aire líquido ( con 40 % de oxígeno ) se puede reprocesar cuantas veces sea necesario teniendo cada vez mayor pureza de oxígeno y nitrógeno .

El nitrógeno y el aire rico en oxígeno se puede hacer pasar también a la columna de rectificación superior en donde mediante el mismo proceso físico ( diferente punto de ebullición ) se obtendrán los dos elementos , nitrógeno y oxígeno libres , almacenándose o extrayéndose para su uso inmediato .

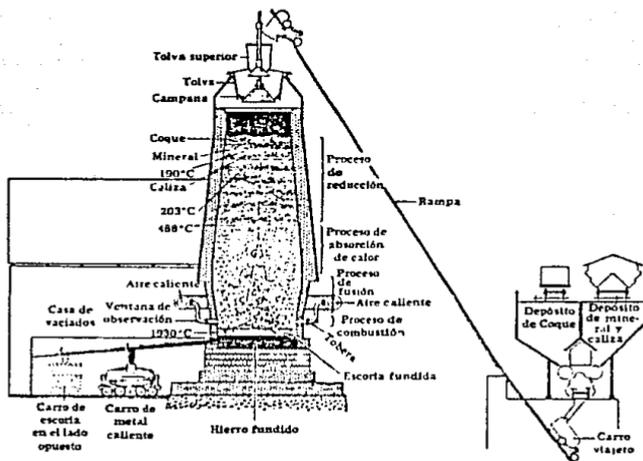
Resumiendo podemos decir que la elaboración del oxígeno consiste en una separación del oxígeno y nitrógeno a partir de aire licuado .

ii ).- EQUIPO .- El equipo principal de una planta elaboradora de oxígeno industrial consiste en :

- a ).- Torre de absorción .
- b ).- Filtros .
- c ).- Compresor .
- d ).- Enfriador .
- e ).- Evaporador .
- f ).- Intercambiador de calor .
- g ).- Columna rectificadora .
- h ).- Condensador .
- i ).- Turbina de expansión .



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE OXIGENO .



Vista seccional de un alto horno.

### 5) .- ALTO HORNO .

Todo el mineral de hierro producido en el país , es alimentado a los altos hornos con el propósito de producir arrabio . Este mineral es suministrado a los altos hornos juntamente con el coque para proporcionar la energía requerida en el proceso , a la vez -- que sirve de elemento reductor y deja espacios para la circulación de los gases reductores . También se agregan conjuntamente caliza y dolomita que se requieren como -- fundentes para la escorificación de ciertas impurezas ; aire precalentado y necesario para la combustión del coque . El alto horno entregará a cambio arrabio escoria y gas de alto horno .

Los altos hornos son del tipo de cuba y sus orígenes se remontan a los construídos entre 1300 y 1400 en Alemania , cuya reducida altura era de 3 metros y que consumiendo -- carbón vegetal como combustible alcanzaba con esfuerzo unos cuantos kilos diarios de producción .

### i) .- OPERACION .

En la actualidad los altos hornos no presentan notables variantes en comparación con los iniciadores , es decir están constituídos de dos troncos unidos por un solo cilindro llamado vientre entre sus bases mayores ; al cono truncado superior de mayor altura se le conoce como cuba y es el que contiene el tragante . El cono inferior tiene en su -- diámetro menor el crisol en el cual se depositará el hierro fundido en el cuerpo del horno . La forma cónica de éste , tiene como finalidad el facilitar el ascenso de los gases y descenso de la carga durante la operación .

En la parte cilíndrica ( crisol ) se encuentran localizadas las toberas que inyectarán -- al mineral de hierro , aire caliente , gas o aceite , con el fin de activar la combus -

tión ; en la parte superior de estas se encuentra dispuesta la cámara de aire ( dona o - morcilla ) , este dispositivo distribuye el aire mediante las diferentes toberas antes -- mencionadas .

El alto horno contiene en la " obra " uno o dos orificios llamados piqueras de escoria- que sirven para hacer flúir la escoria hacia la zona de desechos , y en una zona más - inferior se localiza la piqueta de arrabio .

Toda el interior del alto horno incluyendo la morcilla , antenas , estufas y colector - se encuentran forrados con ladrillo refractario , el cual se describe más adelante .

El crisol esta refrigerado con agua que fluye por sus paredes en la parte exterior .

La carga del horno se realiza por la parte superior denominada tragante , este tragante - esta provisto interiormente de un dispositivo de cierre formado por dos compuertas - que trabajan por diferencia de presiones con el fin de hacer un cierre hermético en la parte superior del horno .

El material es elevado a la parte superior por medio de una vagoneta ( SKIP ) que se - desliza sobre rieles , teniendo un mecanismo de malacate para el movimiento ascen - dente y descendente de la misma .

El distribuidor que se encuentra en la parte interior del tragante repartirá la carga de manera homogénea al efectuar un movimiento de semirrotación sobre su mismo eje .

El alto horno cuenta para su funcionamiento con tolvas para almacenar mineral de hie- rro , coque , caliza , dolomita y sinter , las cuales alimentarán a una sola y debajo - de la cual se coloca la vagoneta skip , cargando doce o más toneladas de materiales - por viaje .

En la alto del alto horno se encuentran cuatro conductos llamados antenas los que co-

lectan los gases tóxicos producto de la combustión . Estas antenas se unen a un solo con ducto final que descargan a un colector donde se sedimentarán las partículas de finos - que son extraídas posteriormente .

Los gases de alto horno se canalizan a través de una máquina lavadora con el fin de -- eliminar las impurezas , y una vez tratados serán utilizados para calentar cuatro estu- fas recuperadoras de calor , o para destilar la hulla en la planta coquizadora , también para producir vapor .

Estas estufas constan cada una de un compartimiento dividido por una pared interior de ladrillo refractario ( emparillado ) . Al introducir el gas se realiza la combustión -- con un quemador , los gases quemados son forzados a pasar por el compartimiento inte- rior , calentando a su paso toda la estufa cilíndrica que tiene una altura aproximada - de 30 metros , una vez calentadas las estufas se hace pasar aire a temperatura ambien- te el que se calienta a una temperatura superior a 1,000 grados centígrados realizando- se el ciclo inverso de transferencia de calor .

El refractario debe ser muy poroso con el fin de que haya mucha superficie de contac- to , tanto para retener como para ceder calor .

A la salida de la estufa , se encuentra un normalizador de temperatura para que el aire que se introduzca al alto horno sea constante en su temperatura ( 1000°C ) . Este aire se enviará por un conducto hasta un anillo circunferencial ( morcilla ) que se encuentra en el contorno del alto horno ; en ocasiones este aire sera mezclado con gas natural o aceite con el fin de acelerar la combustión .

Las sangrías se realizan en tiempos variables , pudiendo ser cada 4 , 5 o 6 horas de - pendiente de la capacidad del alto horno . El sangrado de arrabio se efectúa perforando

do la piqueta en la cual se encuentra un tapón de arcilla puesta por el cañón de los dos .

La perforación se efectúa con el mismo cañón hasta encontrar el metal solidificado y finalmente se perfora con oxígeno dejando correr el metal por unos canales fabricados en cada colada con arcilla y coque .

El arrabio puede ser lingoteado en noria sinfin de cangilones con lo que se obtienen lingotes de primera fusión , o en su defecto se vacía en carros termo ( mezcladores ) para ser transportados hacia los hornos de aceración .

Cada carro termo tiene una capacidad de 200 Tons. de arrabio aproximadamente y se encuentran montados sobre ocho pares de ruedas de F.F.C.C. con un sistema de volteo basculante .

Reacciones Químicas Básicas . - Casi inmediatamente que el mineral de hierro y demás fundentes y combustibles son depositados en el tragante del alto horno , se originan -- una serie de reacciones químicas . La intensidad de estas reacciones se incrementa rápidamente conforme los trozos sólidos descienden dentro de la cuba y encuentran a su paso gases reductores a mayor temperatura . Fig. ( 12 )

Por cada tonelada de arrabio que se sangra de un alto horno se requiere cargar por su tragante alrededor de 1,600 Kg. de materiales ferrosos , entre 430 y 650 Kg. de coque y cerca de 250 a 450 Kg. de dolomita y caliza .

En la parte superior del crisol , se requiere inyectar entre 2,000 y 3,000 Kgs. de aire caliente , con mezcla de aceite , gas natural , gas de coque o carbón pulverizado .

Un alto horno que produce 4,500 Tons. diarias por ejemplo tendrá un consumo aproximado de :

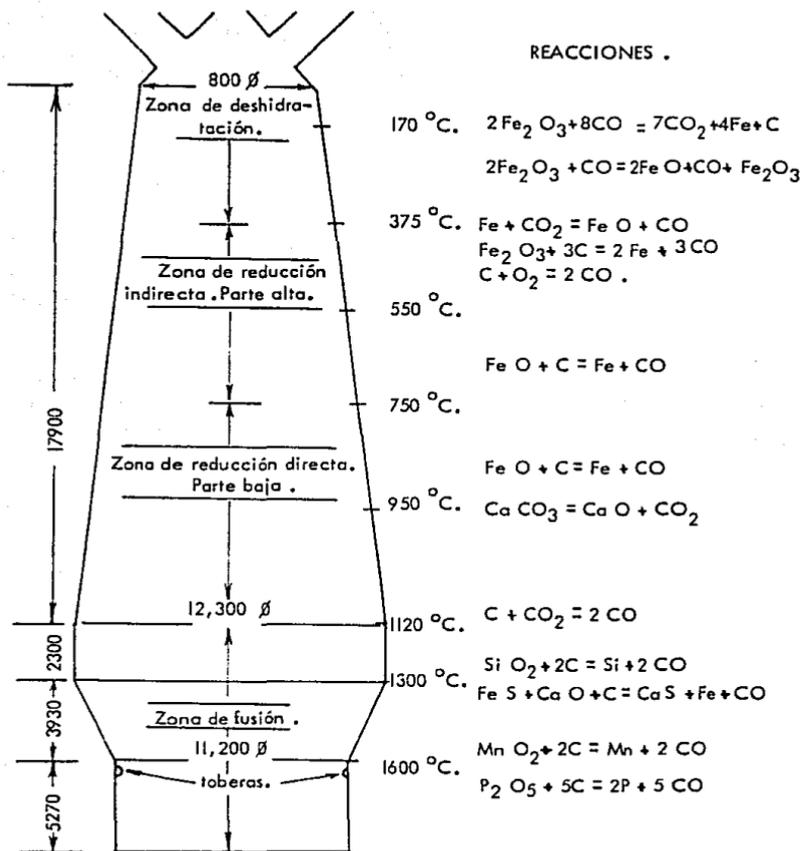


Fig. ( 12 ) ALTO HORNO .

acotaciones en mm .

Materiales ferrosos	7,200 Tons./ día ( 120 carros de F.F.C.C. )
Caliza y dolomita	1,800 Tons./ día ( 30 carros de F.F.C.C. )
Coque .	2,800 Tons./día ( 47 carros de F.F.C.C. )
Aire	9,000 Tons./ día

La misión de los materiales ferrosos es la de proveer el elemento Fe. que representa -- cerca del 93,5 % del arrabio .

El siguiente cuadro Fig. ( 13 ) nos muestra la proporción de los materiales cargados a un alto horno .

## HOJA DE CARGA .

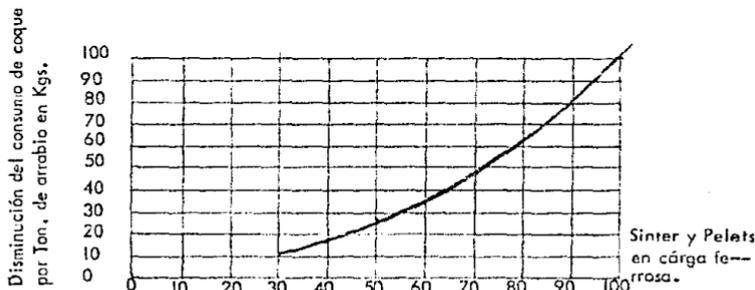
## MINERAL A COQUE 2.5

	MATERIAL		Fe		Mn		Si O <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Ca O		Mg. O		S		P		
	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	%	Kg.	
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	COQUE	8000	1.6	120			8.0	640	5.0	400	0.6	48	0.3	24	1.2	82			
2	MINERAL	20000																	
3	SINTER	60	12000	34.5	4550	0.1	12	62	743	13	156	10	1200	2	240	0.28	3.4	32	38
4	HOMOGE- NIZADO	40	8000	60.0	4800	0.1	8	4.0	320			2	160			0.48	3.8	30	2.4
5							20		1703		556		1408		264		89.2		
6									183										
7									1523										
8	DOLOMITA	100	1000					3	30			31	310	17	170		89.2		
9	ARRABIO		12200	94	11470	.11	13.4												
10	ESCORIA		4353			.18	7.6	36.7	1553	12.8	556	31.5	1718	9.97	434	1.93	84.3		

Capacidades de los Altos Hornos .- Estas han aumentado considerablemente en los últimos tres decenios . Al finalizar la segunda guerra mundial , los altos hornos de mayor capacidad tenían un diámetro del crisol de 8.5 metros y un volúmen útil interior de  $1,350 \text{ m}^3$  , lo que les permitía obtener producciones del orden de 2,000 Tons./día . La tendencia actual , es la de construir altos hornos de dimensiones cada vez mayores en una búsqueda continua para reducir los costos de capital y de producción por tonelada de arrabio .

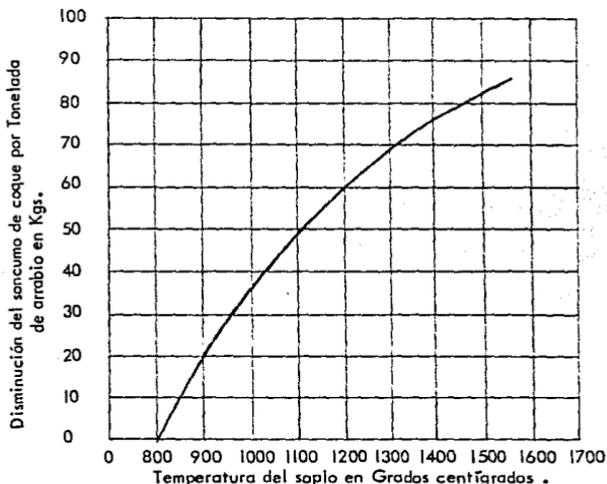
Adelantos en Técnicas de Operación .- Las técnicas operatorias que se consideran — han tenido mayor influencia sobre los notables adelantos en la productividad y economía de los altos hornos son :

1.- Beneficio de las materias primas utilizadas , tanto en el aspecto físico como en el químico . Como ejemplo de este beneficio tenemos la aglomeración del mineral por — peletización , por sinterización , y la aglomeración del carbón en coque , teniendo — resistencia física a la abrasión y al impacto . La influencia que sobre la cantidad de — coque necesaria para producir una tonelada de arrabio tiene el uso de pellets y sinter se indica en la siguiente Fig.



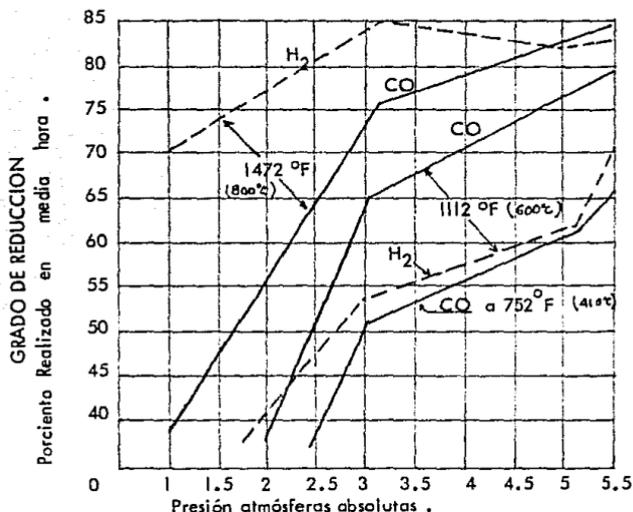
ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

2.- Incremento en la temperatura del aire de soplo .- Las temperaturas del aire insuflado al alto horno han sido elevadas consistentemente desde unos 650°C en 1950 hasta cerca de 1,200°C en la actualidad , con efectos notables en la disminución del consumo unitario de coque y en la elevación de la productividad de los altos hornos . Así mismo ha resultado conveniente la inyección de combustibles auxiliares por las toberas , tales como aceite , gas natural , gas de coque y carbón pulverizado . Los efectos del incremento de temperatura del soplo se ilustran en la siguiente figura .

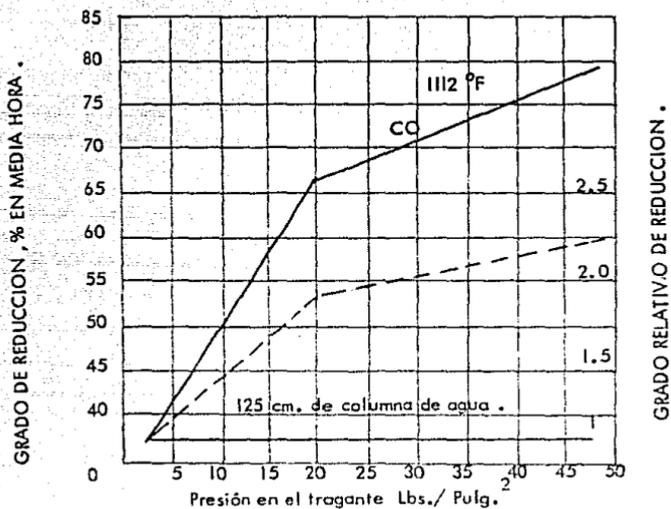


3.- Presurización del alto horno .- La constante necesidad de aumentar la productividad de los altos hornos hizo interesarse por los trabajos realizados y reportados en 1936 por Ernest Diepschlag de Breslau en su artículo titulado " La reducción directa de minerales de hierro bajo presiones elevadas " . En los experimentos descritos , se midió

el grado de reducción del mineral de hierro a la media hora de someterlo a un flujo -- determinado de un gas , compuesto de ciertas proporciones de monóxido de carbono -- y de hidrógeno a diferentes presiones y distintos niveles de temperatura . Los resulta - dos obtenidos se ilustran en la siguiente figura .



La presurización del alto horno se logra estrangulando mediante válvulas especiales - el flujo de los gases del tragante despues de los purificadores del gas , o bién utilizan\_ do la regulación de los orificios de los depuradores venturi . Los aumentos de produc- tividad obtenidos mediante la técnica de presurización de los altos hornos son del or - den del 2% por cada incremento de 0,1 de atmósfera manométrica en la presión del -- tragante . Lo anterior se ilustra en la figura siguiente .



GRADO DE REDUCCION EN FUNCION DE PRESION  
DE TRAGANTE .

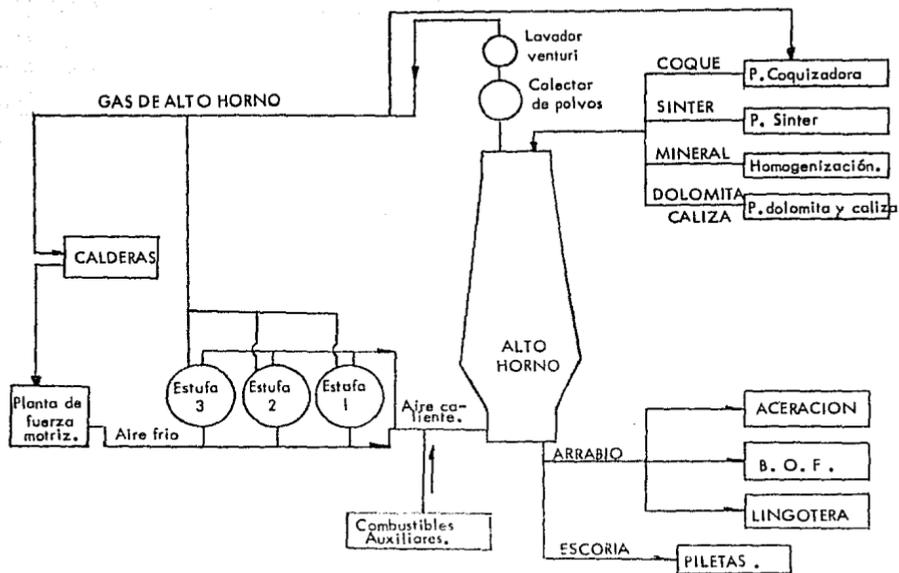


DIAGRAMA DE FLUJO DE UN ALTO HORNO

Tecnología del alto horno .- En vista de haberse comprobado en la práctica la superioridad de las grandes altos hornos tanto en lo técnico como en lo económico , puede pronosticarse la posible sustitución de los pequeños altos hornos por unidades de gran capacidad .

Así mismo deben de realizarse esfuerzos para desarrollar la tecnología que facilite el uso de carbones que acusan características pobres de coquización .

Estudiar la conveniencia de emplear como carga metálica pelets prerreducidos , ya producidos en México .

Desarrollar técnicas que permitan la inyección de gases reductores calientes por las toberas de los altos hornos .

Con los puntos mencionados anteriormente y sumados a estos , cambios en el diseño de los equipos , se podría llegar a obtener un alto horno como el que se ilustra en las Figs. ( 15 y 16 ) en las que se observa el sistema de llenado por banda transportadora, dos casas de colada y estufas de alta capacidad .

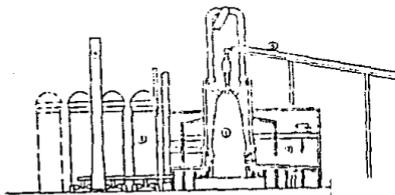
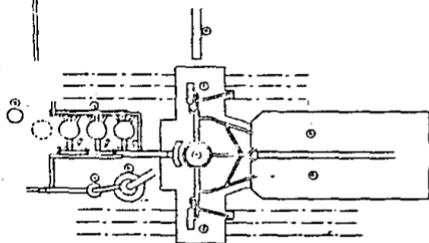


Fig. ( 15 )

Fig. (16)



### Típos de Arrabio producidos en un Alto Horno .-

Arrabio Básico .- Es el principal producto del alto horno , aunque en ocasiones se puede producir arrabio para fundición . El arrabio básico es la principal materia prima utilizada para la fabricación de acero en los departamentos de aceración - Siemens Martin o B.O.F. ( L.D. )

La calidad de arrabio depende básicamente del contenido de los elementos químicos - los cuales son :

- a) .- Silicio .
- b) .-Azufre .
- c) .-Fósforo.
- d) .-Manganeso.
- e) .-Carbón .

Algunos de estos elementos vienen implícitos en la carga , controlandose unos , cuidando la composición de la carga y otros serán parcial o totalmente controlados durante la operación del alto horno .

La composición química de un arrabio básico es aproximadamente la siguiente :

C .	3,5 a 4,5 %
Si.	0,70 a 0,90 %
P.	0,40 Máx.
S.	0,04 Máx.
Mn.	Variable .

Arrabio para fundición de hierro gris .- Este arrabio se utiliza normalmente para vaciar piezas que al trabajar no sea a altas temperaturas o esten expuestas a resis tir choques térmicos , su análisis químico aproximado es :

C. 3.5 a 4.5 %

Si. 1.75 a 3.25 %

P. 0.40 a 0.60 %

S. 0.05 Máx.

Mn. 0.35 a 0.65 %

Arrabio para moldes .- Es utilizado para la fabricación de moldes o lingoteras y cuyo análisis aproximado es :

C. 3.5 a 4.5 %

Si. 1.75 a 2.5 %

P. 0.11 a 0.15 %

S. 0.05 Máximo .

Mn. 0.35 a 0.65 %

Arrabio de bajo fósforo .- Este arrabio es utilizado para la fabricación de piezas que requieren de altas temperaturas , ejemplo motores de automovil y demás partes que requieran esta característica , su análisis químico aproximado es el siguiente :

C. 3.5 a 4.5 %

Si. 1.75 a 2.5 %

P. 0.10 Máximo .

S. 0.05 Máximo .

Mn . 0.35 a 0.65 %

Además de los arrabios mencionados anteriormente , existe una gran variedad de tipos, caracterizados por sus análisis químicos ; así tendremos. Alto fósforo, bajo fósforo , -

Bajo fósforo especial Etc.

Impurezas en el arrabio .

1.- SILICIO . El contenido del silicio en el arrabio puede variar desde -- 0.2 hasta 4 % . Regularmente en un alto horno no se produce un arrabio con 0.2 % de silicio , ya que se puede obtener solo cuando se trabaja el alto horno a una temperatura baja .

Es común obtener un contenido de 0,7 a 0,90 % de Si. y siendo controlado por las variaciones de temperatura y composición de la escoria . Así , para aumentar el contenido de Si . en la carga se logra aumentando la temperatura en el crisol al aumentar la - temperatura del aire de sople o utilizando más coque por tonelada de arrabio producido. El silicio obtenido en el arrabio proviene de la sílica en el mineral y de las cenizas -- del coque . El contenido de silicio en un alto horno se puede decir que es una consecuencia de la temperatura y viceversa , ya que generalmente a mayor temperatura , -- mayor será el contenido de silicio en el arrabio .

2.- AZUFRE .- Este es el elemento siempre indeseable en el proceso del -- alto horno , ya que es indirectamente el responsable de las dificultades en la operación del alto horno . Todas las clases de arrabio contienen generalmente un 0.05 % de S. - Para poder eliminar el azufre que entra en la carga , es necesario contar con una escoria que tenga características adecuadas de basicidad , volúmen por tonelada de Fe. , - temperatura y fluidéz .

Existe una relación inmensamente proporcional entre los elementos Si. y S , ya que -- a mayor porcentaje de silicio , menor porcentaje de azufre y viceversa .

La basicidad y temperatura de una escoria , pueden ser controlados por el operador del

alto horno , y no así el volúmen por tonelada y la fluidéz las cuales dependen de la materia prima utilizada en el alto horno .

3.- FOSFORO .- Este elemento no se encuentra presente en todos los materiales de la carga , pero se combina totalmente en el arrabio . No puede ser controlado en la operación del alto horno , por lo que la manera de controlarse será , el utilizar materias primas adecuadas al contenido de fósforo en el arrabio .

4.- MANGANESO .- En la práctica se tiene por experiencia que las  $\frac{2}{3}$  partes del manganeso que se encuentra en las materias primas , pasa a formar parte del arrabio , y  $\frac{1}{3}$  parte pasará a formar parte de la escoria . Esta combinación se ve afectada al variar la temperatura , así se tendrá que al aumentar la temperatura , una mayor parte de Mn. pasará al arrabio y por añadidura , menor porcentaje ira a la escoria .

5.- CARBON .- Este elemento proporcionará gran dureza y resistencia al arrabio , por otro lado elimina una parte de la ductilidad del metal ; así mismo las propiedades magnéticas , eléctricas y su maleabilidad se verán afectadas . El carbón dentro del arrabio se encuentra combinado en dos formas que son : Carbón grafitado y carbón combinado .

A' estar el arrabio en estado líquido , todo el carbón se encontrará en forma combinada . El grafito se separa cuando el arrabio es solidificado y la cantidad separada depende de la velocidad de enfriamiento .

La suma del grafito más el carbón combinado es el llamado carbón total . El porcentaje del carbón total puede ser escasamente controlado por variaciones de la temperatura en el crisol del alto horno .

6.- CROMO .- Cuando este elemento se encuentra en la materia prima , - la mayor parte de él pasará al arrabio y una pequeña proporción pasará a la escoria. -

7.- NIQUEL .- Este elemento es más reducible que el Fe. , así tendremos que todo el níquel de la carga pasa al arrabio . Se podrá controlar solo por medio de - la selección de la carga y es raro encontrarlo como componente del arrabio .

8.- TITANIO .- Este elemento se encuentra en ocasiones en los materiales ferrosos y en forma especial en los materiales magnéticos . Este elemento es poco fusio nable , por lo que los materiales que lo contienen no son utilizados en el alto horno . Por la misma razón el titanio es poco común encontrarlo en el arrabio .

9.- COBRE .- Al encontrarse presente este elemento en la materia prima , se combinará todo en el arrabio , por lo que la forma de controlarlo será únicamente seleccionando la materia prima a utilizar .

ii).- EQUIPO .

Todo alto horno esta provisto de dos tolvas de almacenamiento , una de coque y otra - de sinter , las cuales reciben el material directamente de la planta productora por me- dio de bandas transportadoras , de estas tolvas el material es extraido por la parte infe rior y cribandolo con el fin de eliminar los finos del material . El material grueso ob- tenido es transportado por medio de bandas hasta las tolvas pesadoras para su uso poste rior , además de las tolvas para sinter y coque , se cuenta con tolvas pequeñas , para el almacenamiento del mineral de Fe. así como de los fundentes previamente cribados. Tanto el mineral de Fe. como los fundentes son extraídos de sus tolvas y depositados -- en un carro báscula el cual corre a todo lo largo de estas tolvas en su parte inferior . Las tolvas pesadoras y el carro báscula alimentan a los carros montacarga ( vagoneta -

skip) para subir los materiales hasta la boca del alto horno ascendiendo sobre un plano inclinado .

La secuencia de la operación y la frecuencia de carga , son prefijados de acuerdo con la experiencia y disponibilidad de los mismos .

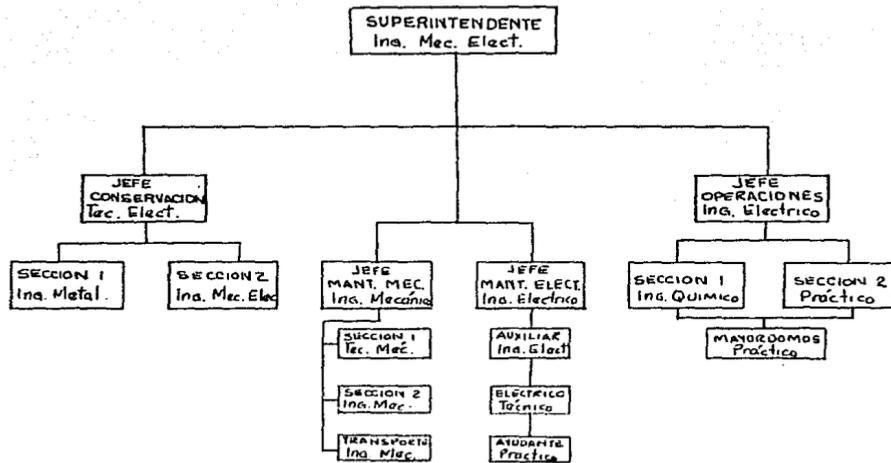
Campanas .- La entrada del alto horno está cerrada por las campanas grande y chica con sus respectivas tolvas . La campana y tolva grandes son fabricados en Ac. alto carbón y revestidas en las partes críticas con soldaduras resistentes a la abrasión . La campana y tolva chicas , estan fabricadas en Ac. Mn. para resistir el impacto y abrasión de los materiales .

La campana chica , tiene capacidad para un poco más de un carro ( skip ) .

La campana grande está colocada debajo de la campana chica y tiene el mismo diseño de esta última , pero con una capacidad de 6 carros montacarga ( skip ) . La carga depositada en la campana chica , se distribuye sobre la campana grande , donde despues de varios carros , y dependiendo del programa de carga , se descargará el material dentro del alto horno .

Al abrir la campana grande , la campana chica permanece cerrada con el fin de evitar pérdidas de gas del alto horno .

Tragante .- Es la parte recta de la cuba en el extremo superior del alto -- horno y donde se fija el nivel de carga . El refractario del tragante se encuentra protegido con laines para evitar un desgaste prematuro , ya que es ésta, la parte del alto -- horno que sufre mayor golpeteo y abrasión a la caída de la carga .



ORGANIGRAMA DE LA PLANTA DE ALTOS HORNOS .

( Datos AHMSA )

## 6.- HIERRO ESPONJA .

## i).- OPERACION .

La finalidad de este proceso es la de tener una reducción directa del mineral pudiendo ser éste : Hematita ó magnetita con una concentración de 66 % de Fe. y óxido .

Para lograr el proceso se hace necesaria la producción de un gas rico en  $H_2$  y  $CO$  . -

Este gas se obtiene a partir de gas natural.

El proceso de obtención de hierro-esponja se puede dividir básicamente en dos etapas.

a).- OBTENCION DEL GAS ( rico en  $H_2$  y  $CO$  )

b).- REDUCCION DEL MINERAL .

La obtención del gas rico en  $H_2$  y  $CO$  se logra haciendo pasar por un separador de  $H_2O$  ( agua ) al gas natural a temperatura ambiente y a una presión entre -- 8.5 a 10  $Kg./cm^2$  .

La composición química aproximada de un gas natural al introducirse al separador será:

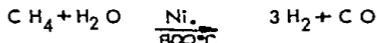
$C H_4$	95.04 %		$C H_4$	95.04 %
$C_2 H_6$	2.50 %		$C_2 H_6$	2.50 %
$C_3 H_8$	0.9 %		$C_3 H_8$	0.99 %
N .	0,6 %	δ	S .	0.8 %
S .	0.8 %		$H_2 O$	0.77 %
$CO$ .	0.2 %			

La finalidad de hacer pasar el gas natural por el separador es el de separarle el agua - que se encuentra combinada con el gas , posteriormente este gas se introduce a un desulfurador para separar los sulfuros contenidos en el mismo .

Los desulfuradores contienen en sus recipientes carbón activado , bentonita , hierro -

esponja , o bién en el recipiente contiene por capas cada uno de los materiales anteriormente mencionados . El paso posterior es el de combinar el gas con vapor de agua a una temperatura de 275°C aprox. El vapor utilizado es generado en calderas expreso para este proceso .

Al combinarse el gas con el vapor de agua se introduce a un reformador donde se efectúa una reacción exotérmica , con presencia de tubos catalizadores de Ni. acelerativos .



El gas al salir de este proceso , tendrá una temperatura entre 850 y 900°C y pasará posteriormente a un enfriador de temperatura ambiente . Una vez que el gas desciende su temperatura a 230 °C aproximadamente , se hace pasar nuevamente a otro enfriador hasta obtener una temperatura de 60 °C. El último paso de este proceso es pasar el gas a un enfriador de agua donde se le disminuye su temperatura y separandole el agua residual , obteniendose el gas a una temperatura de 32 °C .

El gas rico en H<sub>2</sub> se le clasifica en GAS PRIMARIO que será utilizado para reducir y GAS DE ENFRIAMIENTO que servirá para enfriar el mineral reducido introduciendolo a los reactores a una temperatura de 5 °C .

El analisis químico del gas rico en H<sub>2</sub> será el siguiente :

H	72.7 %
CO	16.5 %
C O <sub>2</sub>	6.2 %
H <sub>2</sub> O	1.0 %
S.	0.008 %
N.	2.00 %

b).- Reducción del mineral .- Este proceso se inicia cargando los reactores con mineral aglomerado en bruto o en forma de pellets . El mineral cargado tiene un --

análisis químico aproximadamente como sigue :

Fe.	64.84 %		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	83.65 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> } Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> }	89.67 %	ó bien	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	8.73 %
Si. O <sub>2</sub> } Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> }	10.33 % *		S.	0.006 %
Mg. O			P.	0.430 %

\* productos residuales llamado Ganga .

Se hace la observación que si en el primer reactor se tiene mineral de Fe. en bruto -- , se hará pasar por este un gas secundario . Este gas secundario es un gas de retorno -- que fue primario y fué utilizado para procesar el mineral de Fe. La composición química de este gas secundario es el siguiente :

H <sub>2</sub>	54.7 %
C O	21.0 %
N	15.0 %
H <sub>2</sub> O	1.0 %
C O <sub>2</sub>	7.0 %

Este gas se procesará durante tres horas en las cuales el material sufre un prereducido- y el gas una vez utilizado se utilizará como combustible en las calderas o se enviará - al reformador de gas .

La composición química aproximada de el gas combustible es el siguiente :

C H <sub>4</sub>	7.0 %
C O <sub>2</sub>	10.3 %
C O	13.5 %
H <sub>2</sub>	31.5 %

N . 35.5 %

Las reacciones efectuadas en el reactor al paso del gas secundario son las siguientes :



Una vez que el gas secundario se ha hecho pasar por el reactor , se dejará de introducir éste y se hará circular gas primario a una temperatura de 900 °C , a la vez que se introduce oxígeno a una temperatura de 1060 °C aproximadamente efectuandose así en el mineral un reducido final .

El gas primario se hará pasar durante tres horas por el reactor y obteniendo gas secundario .

Al terminar el proceso de reducción , el mineral tendrá una temperatura de 900 a 1000 grados centígrados , por lo que no será posible descargar el material al medio ambiente , ya que sufriría una oxidación apresurada . Por lo anterior el gas primario producido , se introducirá a una temperatura ambiente para enfriar el mineral a la vez que se calienta el gas . Una vez que el material ha disminuído su temperatura a unos 25 °C - Aprox. ( durante tres horas al paso del gas ) se tendrá listo el material para ser descargado .

Las maniobras de descárgo del material ya procesado se efectúa en un lapso de 3 Hs. - Con este tiempo sumado a los anteriores se tendrá que el proceso completo se realiza - en 12 Hrs., distribuído según la secuencia siguiente :

3 Hrs. Insuflado de gas secundario .

3 Hrs. Insuflado de gas primario .

3 Hrs. Enfriamiento .

3 Hrs. Carga y descarga del material .

La capacidad de un reactor puede variar en un rango de 130 a 150 Tons. dependiendo -- del tamaño del mismo .

Los reactores se encuentran recubiertos interiormente con ladrillo refractario básico -- en el fondo y sobre el cual se encuentra una parrilla o cama de hueso .

El análisis químico final del hierro-esponja obtenido en el proceso anteriormente men- cionado es el siguiente :

Fe.	89.7 %
C .	6.25%
S .	0.007 %
P .	0.38 %
Fe.O	1.90 %
GANGA	1.74 % ( elementos residuales )

El análisis químico TIPO de un hierro esponja es aproximadamente el siguiente :

Fe.( metálico )	85 %
Fe.( total . )	92 %
Fe. O .	7 a 7.5 %
P .	0.30 %
S .	0.002 %
GANGA .	6.0 % ( elementos residuales . )

ii ).- EQUIPO .

El equipo de una planta para la fabricación del hierro esponja es el mostrado en el -- diagrama de la Fig. ( 17 ) .

## 1.- Separador de sólidos .

Flujo constante .  
 presión 10 Kg./ cm.<sup>2</sup>  
 Temp. ambiente ( 32 °C )

## 2.- Desulfurizadores .

Flujo constante .  
 Presión 8,8 Kg./ cm.<sup>2</sup>.  
 Temp. ambiente ( 32 °C )

## 3.- Caldera .

Producción de vapor de -  
 agua a 274°C.  
 Presión 18 Kg./ cm.<sup>2</sup>  
 2.l de vapor de agua por  
 uno de gas natural .

## 4.- Reformador .

45 Tubos quemadores.  
 Temperatura 850 o 900 °C.

## 5.- Cambiador de calor .

Temperatura 200 a 300 °C.  
 Presión 22,5 Kg./ cm.<sup>2</sup>

6.- Enfriador de contacto directo .

Temperatura 40 a 100 °C .  
 Presión . 10 Kg. / cm.<sup>2</sup>

## 7.- Enfriador .

Temperatura 25 a 30 °C .  
 Presión 2,3 Kg./ cm.<sup>2</sup>  
 Gas. ideal.

## 8.- Precalentador .

Temperatura 800 °C.

## 9.- Cámara de Combustión .

Inyección de aire caliente .  
 Elevación de Temperatura de  
 1050 a 1,100 °C .

## 10.- Reactor .

Recubrimiento interno con refractario  
 básico. Al fondo se tiene una cámara  
 de hueso o material calcareo .

## 11.- Enfriador de contacto directo .

Eliminación de polvo y agua .  
 Presión 7,7 Kg./ cm.<sup>2</sup>

## 12.- Precalentador .

Presión 3.2 Kg./ cm.<sup>2</sup>

## 13.- Cámara de combustión .

Inyección de aire caliente .  
 Elevación de temperatura de 1050 a  
 1,100 °C .

## 14.- Reactor .

Recubrimiento interno de refractario-  
 básico , al fondo se tiene una cama-  
 de hueso o material calcareo .

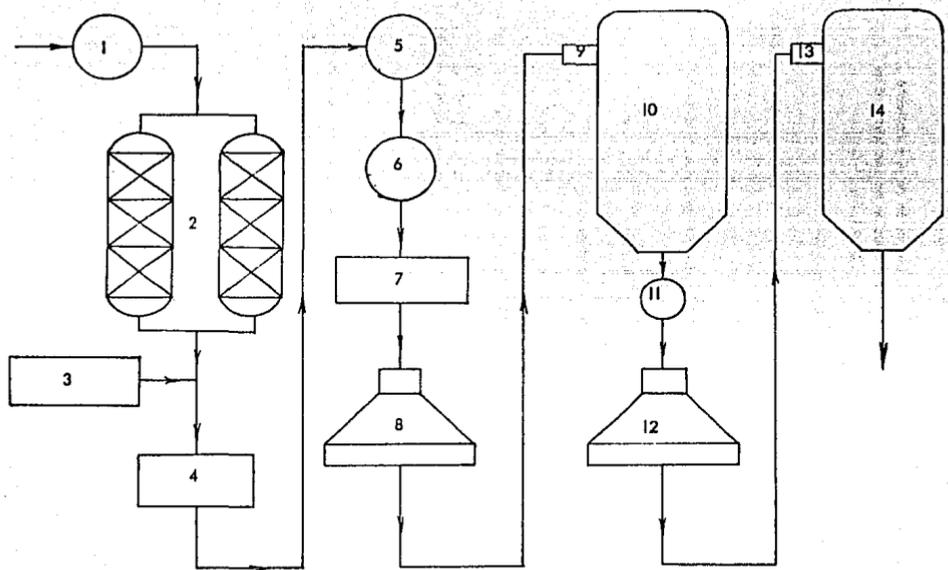
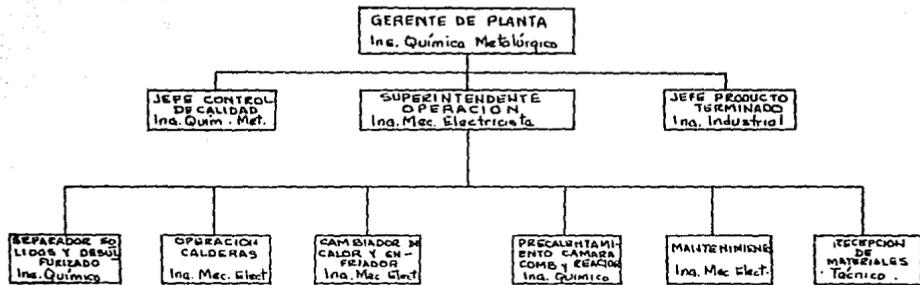


Fig. ( 17 ) DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACION DEL HIERRO ESPONJA .



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE HIERRO ESPONJA

( Datos HYLSA )

## 7.- COLADA CONTINUA .

Los inicios de la colada continua se remontan a los primeros decenios del siglo pasado - durante los cuales J.Laing patentó en E.E.U.U. un dispositivo para colar en forma -- continua tubos de plomo . Hasta el año de 1886 el norteamericano B.ATHA prosiguió - los trabajos de investigación y patentado de un dispositivo para el colado continuo de - lingotes . El diseño se basó en consideraciones económicas para reducir básicamente -- las pérdidas por mazarotas que se producen usando el método de vaciado en lingoteras. En el año de 1930 , fueron los trabajos de JUNGHANS la base de la tecnología actual de la colada continua . Construyendose y patentando la primera planta experimental - de colado continuo que iniciara su operación en 1932 .

La colada continua en la actualidad se esta convirtiendo en una práctica más generalizada en la industria siderúrgica , tanto para la producción de biletts, como para barras y planchones . Se asegura que todas las plantas por construir para la fabricación de bilet , barras y planchones utilizarán el método de colada continua y que todo el acero - que se produzca para estos fines dentro de 20 años , con excepción de algunos aceros - altamente aleados seran producto del colado continuo .

### i) .- PROCESO .

Todos los procedimientos de la colada continua tienen en común que el material de sec ción y largo determinado es obtenido en una longitud mayor que la del molde , en forma continua o semicontinua . Por el contrario a las lingoteras el molde de la colada -- continua no posee un extremo cerrado , sino que se trata de un molde tubular del cual - sale en forma continua en un extremo el material , dicho material es suministrado en - forma controlada por la parte superior del molde y enfriado por un circuito cerrado de -

agua, por debajo de la línea del solidus para obtener una resistencia mínima requerida para el manejo mecánico posterior del material .

Las razones para la instalación de una máquina de colada continua no son únicamente la economía del proceso , sino que sumado a ella se encuentran : Mayor calidad , mayor uniformidad , ausencia de rechupes , material de grano más fino , mejor superficie y mejor aprovechamiento .

El aprovechamiento de acero líquido a producto final en las máquinas de colada continua puede variar entre 92 y 99 % . Mientras que por el contrario en el vaciado por lingoteras se tendrá un aprovechamiento del 80% y con múltiples inconvenientes .

Los elementos básicos que intervienen en el proceso de una máquina de colada continua son los siguientes :

Distribuidor .- El distribuidor es básicamente un recipiente de forma adecuada para recibir el acero líquido de la cuchara y distribuir éste a las boquillas de salida con un flujo constante y con un mínimo de turbulencias . El distribuidor reduce también la presión ferroestática del acero en la cuchara y mantiene a ésta dentro de un rango requerido por la velocidad del hilo . Su forma y tamaño estarán de acuerdo a las necesidades de la máquina . Se encuentra revestido de tabique refractario . Como parte integrante del distribuidor se encuentran las boquillas de silicato de zirconio u otro material .

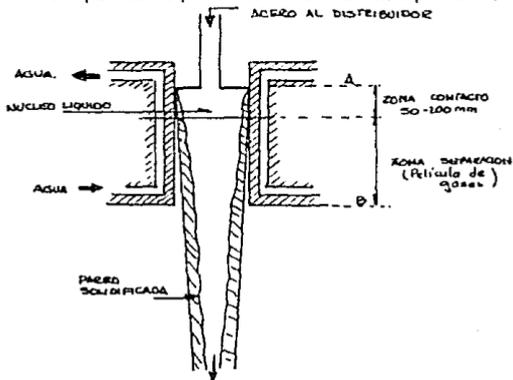
Son cuatro los factores en el distribuidor que influyen directamente sobre la velocidad de vaciado .

- 1.- Análisis del acero .
- 2.- Altura ferroestática .
- 3.- Diámetro de las boquillas .

## 4.- Temperatura del acero .

La velocidad de vaciado se puede aumentar en razón directa del diámetro de la boquilla si se trata de producir el mismo tipo de bilet .

Molde .- Es la parte de la máquina que recibe el acero líquido y donde se produce la solidificación de la capa externa por medio del enfriamiento primario . Fig.( 18 )



ZONA DE ENFRIAMIENTO PRIMARIO

Fig. ( 18 ) ( MOLDE )

El enfriamiento primario se efectúa a través del molde bañando las paredes de la manga de cobre . Las mangas de cobre pueden ser tubulares o compuestas de varias placas , — pudiendo ser rectas o curvas . La manga de cobre es la que determina la forma o sección del bilet .

Todo molde está soportado por unos apoyos que son movidos por un oscilador que imprime al molde un movimiento ascendente y descendente en el mismo sentido de la línea de — centros del molde .

En el molde está incorporado el enfriamiento primario que retira aproximadamente el -- 20% del calor total del material .

Debido a que no existe un contacto completo e íntimo entre el metal caliente y la manga , ya que existe un aislamiento gaseoso que ayuda a su vez a la separación del acero del molde , debe usarse un enfriamiento secundario .

Enfriamiento Secundario .- Esta zona se compone de dos partes y se inicia inmediatamente al acabar el molde , sustrayendo el 15 ó 20% del calor del material por medio -- de agua dirigida directamente por espreas .La primera parte está constituida por un -- sistema independiente que recibe y guía el billet por medio de unos rodillos al salir del molde , aplicando el enfriamiento .La segunda parte guía al billet por los caminos guías continuando con el enfriamiento .

Máquinas de Retiro .- Sirven para transportar el billet de acuerdo con la velocidad de -- vaciado , por lo que ésta varía de acuerdo a los cambios de velocidad efectuados por -- los operadores de línea para mantener el nivel adecuado de acero en la manga . Las máquinas de retiro están diseñadas para vencer la fricción entre el acero y la manga du -- rante la vaciada .

Máquina de corte .- Existen varios tipos de equipo de corte para seccionar los billets a la longitud deseada , pudiendo ser estos :

- 1.- Corte Oxi-gas .
- 2.-Corte por cizalla hidráulica .
- 3.-Corte con cizalla por explosión controlada .

Cuchara .- La cuchara sin formar parte de la máquina en si , es uno de los factores -- que influyen para una operación conveniente . Esto es debido a que el acero líquido -- permanezca más tiempo en la cuchara durante el cual puede haber fuertes ataques en la

línea de escoria, en las mangas de la barra, en el tapón y en la misma boquilla. La boquilla debe ser calculada para reponer el acero en el distribuidor sin excesivas variaciones en el nivel del acero. Fig. ( 19 ).

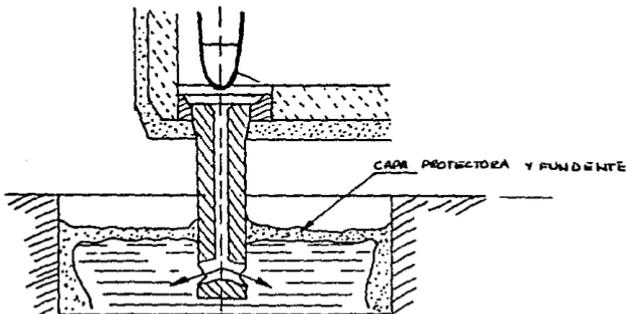


Fig. ( 19 )

Características del Acero para la colada Continua .- El acero debe ser bien trabajado en el horno, observando estrictamente las manufacturas para cada tipo. El calentamiento debe ser uniforme eliminando el exceso de  $O_2$ , provocando finalmente un enérgico hervido del acero.

Los aceros se pueden clasificar como sigue :

- 1.- Aceros al carbono, no aleados.
- 2.- Aceros ligeramente aleados.
- 3.- Aceros altamente aleados.

La fluidéz depende del análisis del acero, la temperatura y el contenido de impurezas formadas por los óxidos. Esta fluidéz se aumenta con el carbono, níquel, silicio y manganeso. Una relación de silicio a manganeso aproximadamente de 1 a 3, dependiendo ligeramente del contenido de carbono, ha demostrado ser la más adecuada para

una óptima fluidéz del acero .

El cromo , aluminio y el titanio aumentan la viscosidad del acero .

Todos los elementos que forman parte de un análisis de acero , tienen cierta influencia sobre la temperatura de solidificación , lo que permite determinar el líquido , o sea - la temperatura a que el acero está completamente líquido . Asi la temperatura del líquido en un material con 99.99 % de Fe . es de 1532°C . , y la temperatura del líquido para 1.0 % de Carbono es de 1460 °C .

Debido a que la solidificación es extremadamente rápida en el colado continuo , se -- obtienen una serie de ventajas como son :

- 1.- Reducción considerable de la segregación que existe normalmente entre la base y la cabeza de los lingotes .
- 2.- Disminución de la segregación transversal .
- 3.- Limitación del crecimiento de óxidos precipitados haciendolos -- sumamente finos .
- 4.- Control de la velocidad de solidificación .

Opuesto a estas ventajas y debido a la velocidad de solidificación existe una porosidad central en el billet , característica inherente del proceso que desaparece con una temperatura adecuada y con una ligera reducción en procesos subsecuentes .

Los materiales semiacabados obtenidos en el colado continuo , presentan una estructura bruta de fundición y requieren de laminación , forja a trabajo en caliente en cierto grado para poder ser utilizados en aplicaciones finales .

Estudios y experiencias han demostrado que el acero colado en forma continua , gracias a su homogeneidad y particular estructura , se presta especialmente para el uso en

la industria automotriz , ya que presenta :

- 1.- Buena mecanibilidad .
- 2.- Buena susceptibilidad para el tratamiento térmico .
- 3.- Mayor resistencia a la fatiga .
- 4.- Mayor resistencia a la tensión .

Productividad de una Máquina de Colada Continua .- Para aalizar la productividad de una máquina de colada continua debe tenerse en cuenta la capacidad de vaciado y la capacidad de producción .

La capacidad de vaciado se obtiene multiplicando : El area de la sección por la velocidad , por el número de hilos y por el tiempo total disponible .

El tiempo total disponible se ve reducido por los siguientes factores :

- 1.- Mantenimiento preventivo .
- 2.- Tiempo para limpieza y reparación de la máquina después de algún derrame o rotura de hilos .
- 3.- Tiempo de espera en la olla de acero .
- 4.- Preparación de la máquina .
- 5.- Tiempo de cambio de sección .

La diferencia entre el tiempo total y los tiempos citados anteriormente da el tiempo -- máximo de vaciado , por lo que una cifra que permite comparaciones entre varias plantas es la siguiente .

$$\frac{\text{Tiempo máximo de vaciado.}}{\text{tiempo total}} \times 100$$

La anterior relación en máquinas verticales es de 45 a 50 % y para máquinas con doblado es aproximadamente 55 % . Fig. ( 20 )

Estas relaciones de operación aumentan considerablemente cuando hay una sincronización adecuada entre el suministro de acero y la máquina . Por lo que es un factor im -

portante al proyectar una nueva planta o cuando se pretende combinar una máquina de colada continua con una sección de fusión ya existente .

El aprovechamiento del material obtenido en la colada continua , es para barras y billets del 96 al 98% , y para planchones del 94 al 97 % ; Un 10 % mejor que el material obtenido en lingoteras .

Futuro del Proceso de la colada continua .- Como se ha descrito anteriormente , la velocidad de vaciado tiene ciertos límites así como también la sección mínima de los billets colados . Por otro lado existe una limitación en cuanto al número de hilos por máquina ; entonces la solución para eficientar la producción del billet en una planta es : La reducción inmediata o en línea con una máquina de colada continua que combina la mayor capacidad de vaciado con una mejoría de calidad , ya que la reducción en línea transforma el billet de un producto de fundición a otro con características de laminación , eliminandose la porosidad central .

En la reducción en línea inmediatamente después de la solidificación , que favorece la eliminación de la porosidad central por la reducción de la sección , deben distinguirse dos variantes :

1.- La deformación inmediata o breve después de la solidificación total .

2.- La reducción en línea después de una solidificación completa y con gradiente de temperatura ligero , con aproximadamente  $1,150^{\circ}\text{C}$  en la superficie y  $1,350^{\circ}\text{C}$ . en la parte central tiene las mejores condiciones para la deformación y para la reducción de área .

Al efectuarse dos reducciones , se logra la primera en un molino horizontal y la segun-

da en un castillo vertical , ambas de operación hidráulica , e impulsados por motores - eléctricos .

La reducción en línea con dos castillos parece ser la mejor aceptación para el futuro.- Cuando se requiera materia prima de distintas dimensiones para procesos de laminación - subsecuentes será óptima una reducción en línea de uno a cuatro pasos .

Debido a la gran flexibilidad que ofrece la colada continua , tal como se muestra en la Fig. ( 21 ) Donde podemos ver las ventajas que presenta en comparación al colado en lingotera , no se duda que en los próximos diez años se encontrarán nuevas aplicaciones y que finalmente este proceso se impondrá en la mayoría de las acerías . Las gráficas - ( 22 y 23 ) nos muestran su avance .

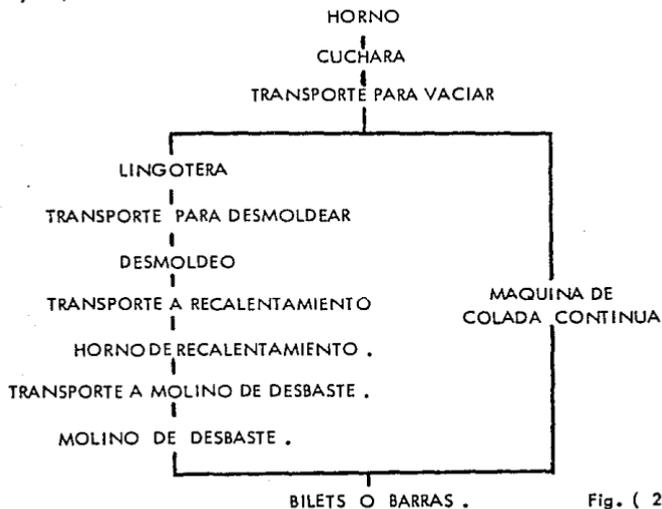


Fig. ( 21 )

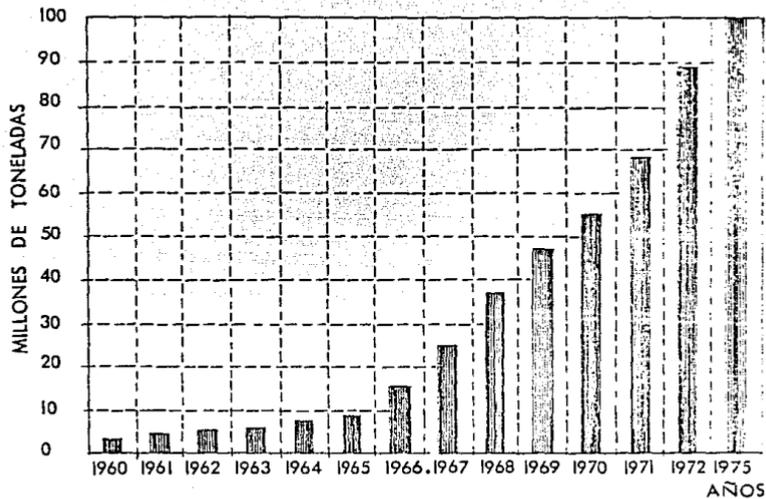


Fig. ( 22 )

## CAPACIDAD DE PRODUCCION MUNDIAL DE LA COLADA CONTINUA

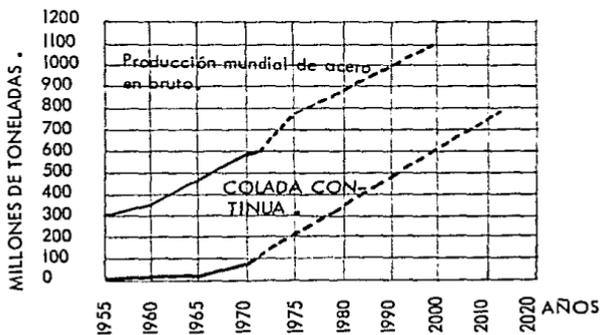


Fig. ( 23 ) COMPARACION CRECIMIENTO PRODUCCION ACERO EN BRUTO Y C.C.

- 1.- Cuchara de vaciado
- 2.- Metal líquido
- 3.- Distribuidor
- 4.- Boquilla
- 5.- Molde enfriamiento primario .
- 6.- Cámara de enfriamiento secundario .
- 7.- Máquina de retiro .
- 8.- Rodillos dobladores .
- 9.- Rodillos enderezadores .
- 10.- Máquina de corte .
- 11.- Billet.

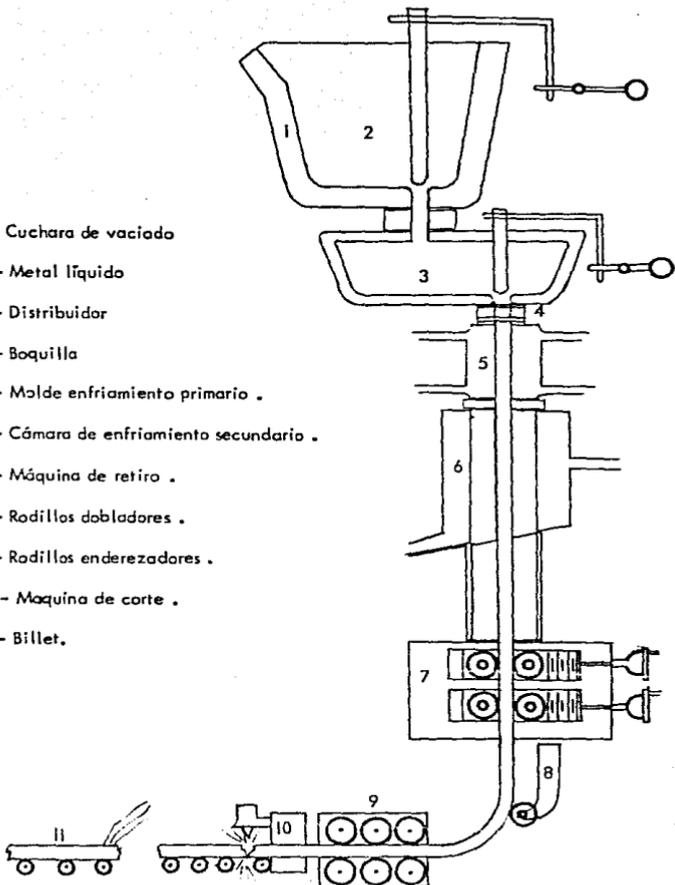
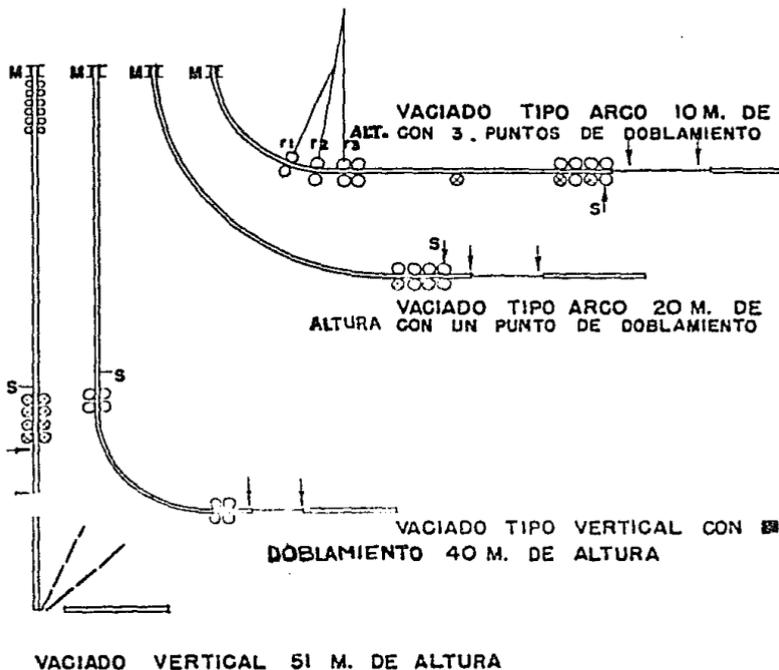


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE COLADA CONTINUA .

Fig. (20) TIPOS DE MAQUINAS DE COLADA CONTINUA .



CONSIDERANDO UN PLANCHON DE 1000mm x 200mm.  
UNA VELOCIDAD DE VACIADO DE 2.0 l/min.

M = MOLDE  
S = NUCLEO LIQUIDO, LONGITUD 31 M.

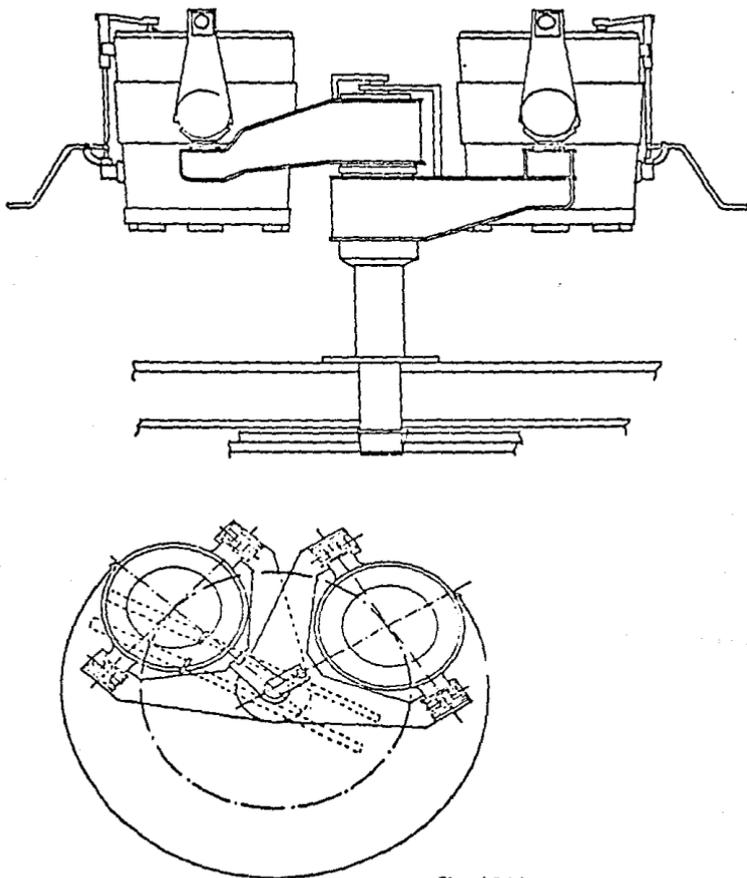


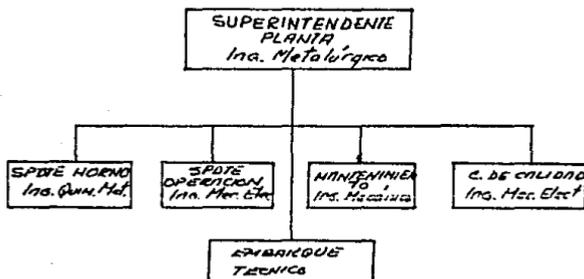
Fig. ( 24 )

TORRETA GIRATORIA PARA EMPALMES DE COLADAS

## ii) .- EQUIPO .

El equipo de una planta de colada continua , practicamente ha quedado descrito al reseñar el proceso , sin embargo concretizando mencionamos el siguiente :

- 1.- Cucharas de vaciado .
- 2.- Torreta giratoria de emplame . Fig. ( 24 )
- 3.- Distribuidor .
- 4.- Equipo de enfriamiento primario .
- 5.- Equipo de enfriamiento secundario.
- 6.- Máquina de retiro .
- 7.- Máquina de corte .
- 8.- Gruas auxiliares .



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE COLADA CONTINUA.

## 8.- ACERACION .

El acero es una aleación cristalizada de hierro , carbono y otros elementos varios que endurece al enfriarse con un gradiente determinado después de estar arriba de su -- temperatura crítica . No contiene escoria y se puede moldear , laminar o forjar . El porcentaje de carbono contenido en el acero es un constituyente muy importante , ya que de él depende la variación en la dureza , resistencia , ductilidad , maleabilidad Etc. en el material .

En la actualidad son utilizadas más toneladas de acero que cualquiera de los metales combinados . No obstante que el acero puede ser vaciado en moldes para conformarlo a un perfil y tamaño definido , lo más usual es que se moldee en lingotes para ser utilizado posteriormente en la fabricación de tubos , barras , o perfiles estructurales .

Para la refinación del arrabio ( proveniente de los altos hornos ) se pueden utilizar varios procesos entre los cuales se encuentran los mencionados en la Fig. ( 25 ) .

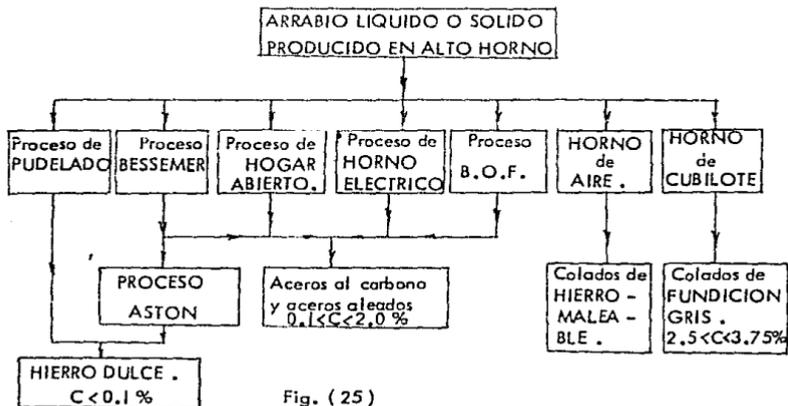


Fig. ( 25 )

Para obtener acero en sus diferentes características , es necesario afinar el arrabio o -  
hierro de primera fusión en las dos siguientes fases :

Oxidación .- En esta fase se eliminan el exceso de C, Si , Mn , y P . por la acción-  
combinada de la cal .

Reducción .- Se elimina el azufre y se elimina parte del Fe. O ( Oxido de fierro ) --  
formado en la fase de oxidación .

Los aceros aleados generalmente se afinan con dos fases , además de las anteriores ,  
y estas son :

Dosificación .- En esta fase se agregan elementos de aleación y se realiza una desoxi-  
dación del hierro .

Superafinado .- En esta fase se eliminan impurezas .

#### 1.- OXIDACION :

El orden en que se verifica la oxidación de los elementos citados , depende de :

a).- La afinidad de las impurezas con el oxígeno cuya medida relativa le da el -  
calor de combustión que desprenden al combinarse con una misma masa de oxígeno .

	K. cal. x Kg. de O <sub>2</sub>	K. cal. x Kg. de elemento .
Si + O <sub>2</sub> → Si O <sub>2</sub>	6.407	7.320
2 Mn + O <sub>2</sub> → 2 Mn O	6.000	1.745
4 P + 5 O <sub>2</sub> → 2P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.612	8.650
2 Fe + O <sub>2</sub> → 2Fe O	4.062	1.160
2C + O <sub>2</sub> → 2C O .	1.810	2.420

El orden de afinidad por el O<sub>2</sub> es el siguiente :

Si, Mn., P., Fe., C.

b).- De las temperaturas ; Las temperaturas altas favorecen las reacciones endo - térmicas ( que absorben calor ) . A medida que se eleva la temperatura se favorece la combustión del C., que es el menos exotérmico retardandose la oxidación del fósforo .

c).- De la concentración de elementos .-El Fe, es el más oxidado ( por abundancia ) . Es reducido por varios elementos y se vuelve un transportador de oxígeno (Fe O) Es imposible evitar que parte del Fe O y Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> se pierdan en la escoria .

d).- De la facilidad de eliminación del CO.  
Escorias básicas , favorecen la eliminación del ( SO<sub>2</sub> , P<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ) es decir , dan anhídridos .

Escorias ácidas , favorecen la eliminación del ( OMn , OFe ) dando óxidos .

## 2.- REDUCCION .

Se lleva a efecto en varias fases :

a).- Desulfuración .- Se favorece a elevadas temperaturas , para activar la reducción por el carbono y fundir la escoria , En los convertidores como no se alcanzan altas temperaturas , la desulfuración es incompleta .

b).- Desoxidación del FeO ( reducción ) .Indispensable para recuperar el Fe, y para evitar que el CO forme sopladuras .



La desoxidación del Fe , también se realiza con la ayuda del Mn, que se introduce - en el baño final .



El MnO es menos nocivo que el Fe O , no daña en gran forma al quedarse en la masa - metálica . Las partículas más gruesas se eliminan por densidad .

La desoxidación se puede realizar también con ferrosilicio .

### 3.- DOSIFICACION :

Para esta fase en el baño final se agregan elementos para aleación final .Generalmen te se efectúa esto en aceros especiales .

### 4.- SUPERAFINADO :

Esta fase se lleva a cabo en la cuchara ( y es un afino para obtener mejor calidad ) , introduciendose aluminio que reemplaza al Mn O , formando alúmina .

Como el aluminio es muy reductor no se corre el riesgo de que la alúmina sea reducida por el carbono como ocurre en el Mn O , que forma sopladuras o el CO y C O<sub>2</sub> .

### PROCESOS DE ELABORACION DEL ACERO .

Los procesos más usuales en la elaboración del acero son los que a continuación se -- describen .

1.- AFINO EN HORNO SIEMENS MARTIN

2.- AFINO EN CONVERTIDOR B.O.F. ( L.D. )

3.- AFINO EN CONVERTIDOR BESSEMER Y THOMAS.

4.- AFINO EN HORNO ELECTRICO ( Este proceso se describirá en el -- Cap. IV )

#### 1.- HORNO SIEMENS MARTIN O DE HOGAR ABIERTO .

La acería Siemens Martin , una de las más antiguas , no es en la actualidad la que -- ostenta la supremacía en productividad , pero sigue siendo la más versátil por la am - plia gama de aceros que se pueden manufacturar , sin embargo la escasez de materia - prima , pone en peligro su coexistencia al lado del convertidor , el que cobra mayor - auge por la capacidad de producción que desarrolla así como sus necesidades .

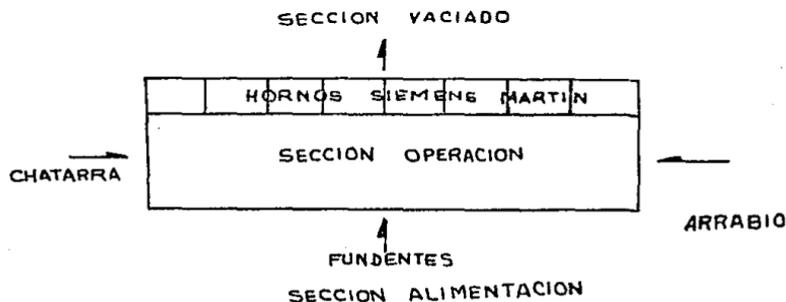
La acería Siemens Martin es diseñada para consumir arrabio líquido como principal carga ferrosa y chatarra, las cuales entran en igual cantidad en las necesidades de los hornos Siemens Martin.

El uso de refractarios básicos, permite mayor rendimiento al combustible líquido y la aplicación de sistemas para la inyección de oxígeno por medio de lanzas a través de las bóvedas.

La mejor práctica de inyección de oxígeno es por la bóveda, ya sea por medio de lanzas o quemadores, por la versatilidad del proceso con cualquier chatarra o arrabio disponible.

En cualquiera de estos hornos se producen aceros al carbón, para hojalata y lámina; aceros aleados para plancha, cinta para tubo de alta resistencia y para los diferentes materiales estructurales.

La acería Siemens Martin consta de tres secciones básicamente, dentro de las cuales la sección de operación es la más interesante.



El uso de coque Breeze en el horno de hogar abierto " Siemens Martin " es recomendable en aquellos talleres que tengan baja disponibilidad de arrabio y suficiente chatarra de una densidad no menor de 4.5 Ton. por carro .

Utilizar lingotillo como sustituto del arrabio líquido , es quizá la mejor práctica operativa , porque con éste se reduce considerablemente el consumo de arrabio y suple a la chatarra , pero lamentablemente está supeditado al precio del mercado .

En el aumento de productividad de los Siemens Martin , el uso de quemadores oxígeno ayuda enormemente al precalentamiento de la chatarra y acelera el periodo de afinaje; en casos extremos es posible efectuar hasta un 100% de carga sólida cuando falta arrabio .

Con la instalación de tres lanzas de oxígeno , éste se distribuye más eficientemente - en el baño y aumenta la productividad del horno .

En ampliaciones , como una recomendación especial , es prudente que la planta de oxígeno que abastece los convertidores al oxígeno y los hornos Siemens Martin , se localice lo más cerca posible para evitar caídas de presión en la línea que vayan en detrimento de la operación .

#### i) .- PROCESO .

El arrabio líquido procedente de los altos hornos , es transportado por medio de carros termo que lo depositan en un mezclador , posteriormente se vacía a una olla montada en un carro de donde es levantada por una grúa que realiza la operación de carga . -

En la carga de los hornos además del arrabio líquido , se agregan proporciones variables de chatarra , mineral de hierro piedra caliza , estos últimos utilizados como fundentes. Los materiales sólidos son introducidos al horno por las puertas del frente , utilizando-

para el caso una máquina cargadora . La descárga se realiza perforando el tapón que - existe en la parte inferior y posterior del crisol del horno . El acero líquido es recibido en una olla especial con revestimiento refractario , la escoria por diferencia de -- densidades , flota y se desvía hacia ollas que se tienen para su desalojo . Finalmente - la olla con el acero líquido producido es llevada por medio de una grúa a la zona de - llenado de lingoteras , de donde son transportadas ( lingoteras ) al departamento de laminación o a los patios de almacenamiento .

Las partes principales de la sección de operación son :

Mezclador .- El mezclador generalmente tiene como función homogeneizar el arrabio - que viene del alto horno , es decir lo uniformiza tanto en composición como en tempe - ratura ; su capacidad es de un tonelaje alto ( 450 Tons. ) . El mezclador no es de mu - cha importancia , sin embargo se requiere para el buen control de arrabio al horno . Se le carga normalmente con grúas al girar 180 grados o más y su operación es semiau - tomática , contando con un motor de 75 H.P. y sus reductores .

Batería de Hornos Siemens Martin .- La planta de aceración AHMSA ( Por Ejem. ) en su operación consta de 8 hornos divididos en dos zonas ( Norte y Sur ) con igual núme - ro de hornos ( 4 y 4 ) para mejor control de la operación .

Cada sección de cuatro hornos cuenta con un control de mando para su operación don - de se señala presión y temperatura del horno , Generalmente se tienen 7 hornos ope - rando y uno en mantenimiento .

Los recubrimientos refractarios de los hornos tienen una duración promedio de 230 va - cías por horno , después de la cual serán reparados completamente .

Las capacidades de estos hornos en AHMSA así como el tiempo que tienen en operación

son :

Horno No. 1	175 Ton.	28 años .
Hornos No.2	175 Ton.	28 años .
Horno No. 3	175 Ton.	26 años .
Hornos No.4	265 Ton.	20 años .
Horno No. 5	245 Ton.	16 años .
Horno No. 6	250 Ton.	14 años .
Horno No. 7	250 Ton.	9 años .
Horno No.8	250 Ton.	9 años .

El rendimiento es de un 86 a un 88 % que para las condiciones del equipo y las necesidades de producción son normales .

Comparando el Siemens Martin con el B.O.F. la producción es la siguiente :

B.O.F.	4000 Ton. diarias , 41 coladas con dos convertidores , con un solo con - vertidor 2000 Ton. es decir 20 coladas , realizandose cada carga en 45 - minutos .
S.M.	4100 Toneladas diarias , 21 coladas con 7 hornos , con un promedio de 8 - Hrs. por vaciada en cada horno .

Operando los hornos con un 65 % de arrabio líquido e inyectando 150000 m<sup>3</sup> normales de oxígeno por día , el area de aceración tendrá una capacidad nominal de 1,400,000 toneladas de lingote de acero al año .

Los consumos necesarios para producir una tonelada de acero en cuestión de materias - primas son aproximadamente los siguientes :

Arrabio líquido	646,00 Kg.
Chatarra .	198,00 Kg.
Mineral de hierro .	36,00 Kg.

Caliza .	42.00 Kg.
Ferro-manganeso .	11.40 Kg.
Silico-manganeso .	2.30 Kg.
Ferro-cromo .	0.63 Kg.
Ferro-fósforo .	0.13 Kg.
Ferro-silicio .	0.87 Kg.
Aluminio .	0.50 Kg.
Dolomita calcinada .	26.50 Kg.
Dolomita cruda .	5.00 Kg.

Los principales servicios son :

Energía Eléctrica .	13 KWH. ( por Ton. de acero )
Combustible líquido .	63 Lts.
Gas natural .	103 m <sup>3</sup> .
Agua .	36 Lts.

La cantidad de escoria producida por Ton. de acero es 227 Kgs. aproximadamente .

La refinación alcanza una temperatura de 2000 °C. , cuando la carga está en condiciones de vaciarse , se envía una muestra para análisis preliminar al laboratorio metalúrgico , proporcionando los resultados en 5 minutos aproximadamente .

Cada horno , consta en su interior además del revestimiento , de dos cámaras laterales que sirven para recoger los gases producto de la combustión , un agujero tapado con metal y barro ( piqueta ) que es el sitio por donde se vacía el material del horno a la olla . La perforación de la piqueta se efectúa por medio de una lanza en cuya punta - va dispuesta una carga de dinamita que se detona a control remoto .

El refractario del horno a efectos de que soporte las altas temperaturas es necesario que tenga un 99% de magnesita y en la parte exterior cromo-magnesita en un 40% , El área de cada horno es de 8 x 4 metros Aprox.

Los gases de la combustión antes de salir a la atmósfera sirven unicamente para calentar el horno , almacenandose en cámaras de recuperación , sin otra operación que tienda

a purificarlos .

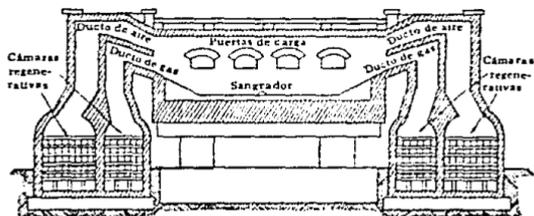
El sistema de enfriamiento para el horno es únicamente agua la que recircula a una planta enfriadora .

En el proceso Siemens Martin es muy necesario el uso de la chatarra que tiene una función de controlador térmico , ya que si se introduce únicamente arrabio , se tendrán problemas en el refractario . Las cargas se realizan normalmente con 50 % de arrabio y 50 % de chatarra .

La temperatura de vaciado es normalmente de 2000 a 2100 °C . y este vaciado se efectúa en 5 minutos .

La sección de operación de hornos cuenta para la carga de los materiales con gruas , una locomotora con carros de carga y además dispositivos para introducir los diversos materiales por la boca de los hornos .

La sección de vaciado es manipulada por varias gruas , las que colocan las ollas sobre unas bases para mantener a estas mientras se efectúa el vaciado . En la operación de vaciado , el operador efectúa una inoculación para hacer fluida la escoria y que esta salga derramandose . Las gruas forman nuevamente el sistema de movimiento de la olla y la acercan a las lingoteras para proceder a vaciar .



VISTA EN CORTE DE UN HORNO S.M.

## ii) .- EQUIPO .

En resumen el equipo para la planta de aceración Siemens Martín es el siguiente :

17	gruas
4	Locomotoras chicas .
1	Mezclador .
3	Ollas de 60 Ton. de arrabio .
17	Ollas para recibir acero .
18	Plataformas para las lingoteras .
2	Cargadores frontales .

( Datos AHMSA 8 Hornos S.M. )

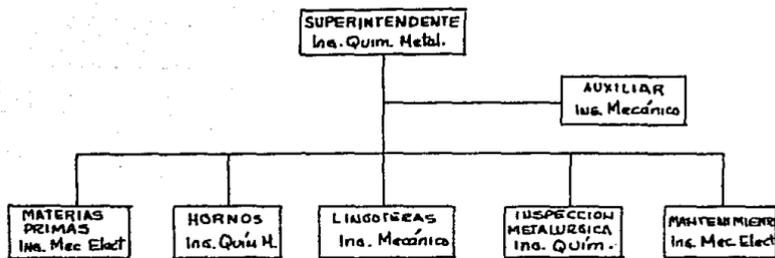
Además cuenta con un sistema de bombeo para la recirculación de agua , sistemas de compresión para el mantenimiento de aire en sus equipos neumáticos y sistemas de escape de gases de combustión .

Los problemas de la planta, poco frecuentes se limitan a perforaciones de los hornos , paros por el sistema eléctrico Etc.

## iii) .- PERSONAL TECNICO .

La mayoría de los ingenieros que predominan en esta area son de especialidad químicos y mecánicos . Para la operación de los 8 hornos con que cuenta AHMSA se requieren - 6 ingenieros como mínimo para sus tres turnos y debiendo ser auxiliados por técnicos - siderúrgicos y de otras ramas . El departamento de mantenimiento está respaldado por - un ingeniero mecánico electricista con su grupo auxiliar entre los que se encuentran - técnicos mecánicos , eléctricos y metalurgistas .

Una planta como la descrita opera con un personal de 300 obreros aproximadamente .



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE ACERACION S.M.

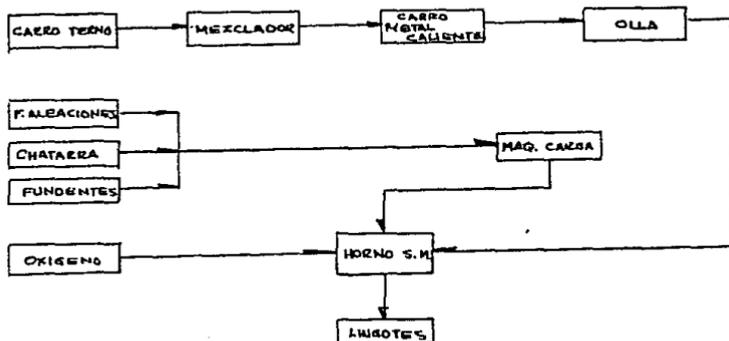
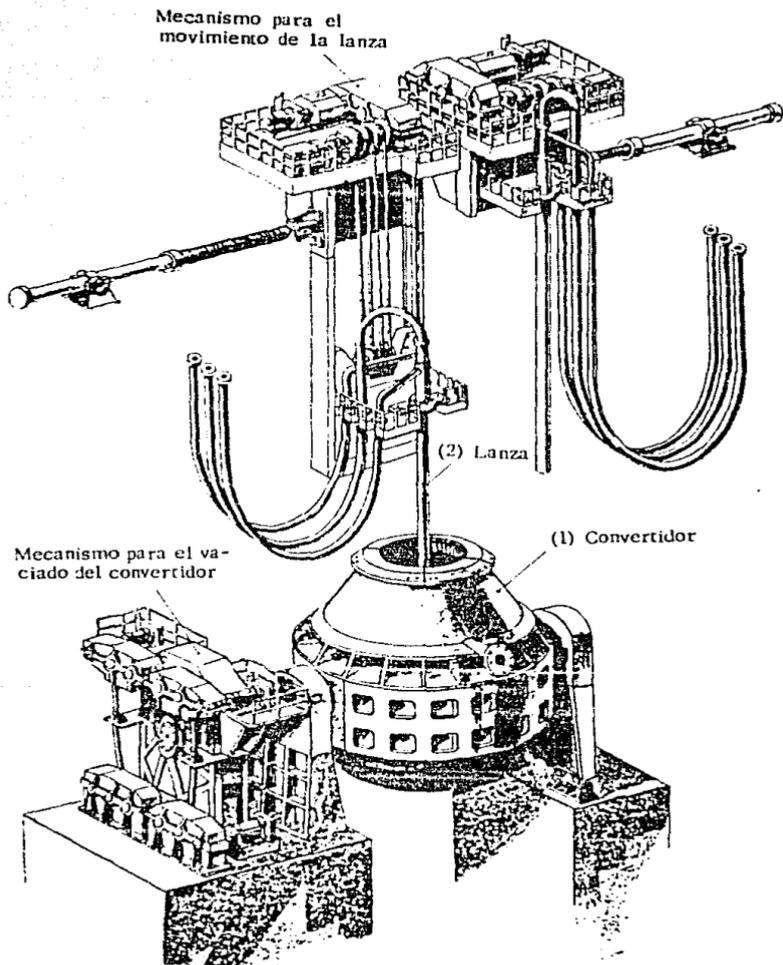


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA PLANTA DE ACERACION S.M.



b).- Aceración B.O.F.

En 1948 el profesor Durrer de Suiza , experimentó en un pequeño convertidor en el -- que hizo proyectar un chorro de oxígeno de gran pureza sobre la superficie del arrabio líquido en presencia de los fundentes requeridos para escoriificar aquellas impurezas oxidadas que flotarían sobre el baño .

Posteriormente en Linz, Austria se instaló un convertidor experimental de 2 Toneladas de capacidad con el propósito de perfeccionar el procedimiento y el 25 de Junio de 1949 se realizó la primera colada con éxito .

En Donawitz , los Austriacos utilizaron convertidores de 5 y 10 Ton. de capacidad y en Linz uno de 15 Toneladas , para verificar la economía del proceso .

Estas dos ciudades , fueron las primeras en tener acerías de ese tipo con una capacidad de producción de 250,000 Ton.anuales ( 1952 ) .

En 1954 en Canadá ( La Dominion Foundries ) se puso en marcha la primera acería de Convertidores B.O.F. ( L.D. ) en America .

Se estima que este método en el año de 1980 producirá 600'000,000 de Toneladas -- que es el equivalente a cerca del 45 % de la producción mundial , ya que en 1965 -- se obtuvieron 25'000,000 de Ton.

El proceso B.O.F. se ha podido aplicar ventajosamente , tanto en lo técnico como -- en lo económico en los casos de siderurgias con amplia disponibilidad de arrabio y -- destinadas a elaborar volúmenes importantes de aceros comerciales para sus trenes de laminación .

i ) .- OPERACION :

Para la elaboración de acero por el proceso L.D. como se le denomina en Europa , ó B.O.F. ( Basic Oxygen Furnace ) como se le nombra en los EE.UU. , se utiliza un recipiente cilíndrico de acero , llamado convertidor , el que se encuentra cerrado en el fondo con un casquete esférico y rematado en el extremo superior por un cono truncado que cuenta con una boca usualmente concentrica , de diámetro menor que el del cilindro .

Interiormente se coloca un forro refractario , tipo básico . La vida normal de los revestimientos de magnesita cocida es entre 500 a 600 vaciadas , en tanto que los forros de dolomita impregnados con breá , alcanzan una duración entre 300 a 400 vaciadas unicamente .

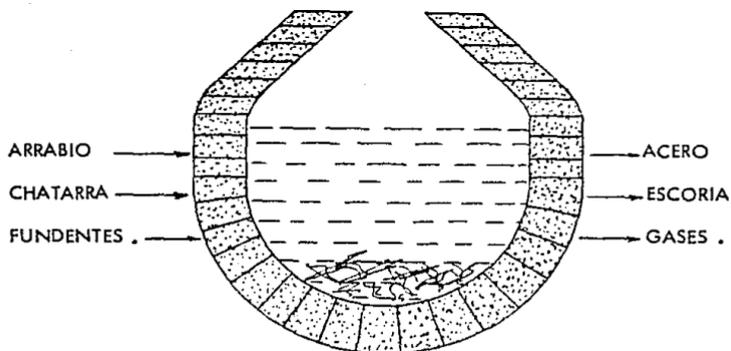
Las materias primas que se utilizan en el convertidor B.O.F. por tonelada de acero producido son :

CONCEPTO .	Kg./Ton .Acero.
Metal caliente .	834
Chatarra .	276
Cal .	90
Ferromanganeso .	10
Ferrosilicio .	1.50
Aluminio .	0.30
Carbón .	1.70

Además de estas materias primas , el B.O.F. consume los siguientes materiales :

Además de estas materias primas , el B.O.F. consume los siguientes materiales :

Oxígeno	58 m <sup>3</sup> /Ton. de acero .	
Refractarios	4 Kg/Ton. "	
Agua	19 Lts/Ton. "	
Gas natural	24 m <sup>3</sup> /Ton. "	
Energía Eléctrica	29 KWH/Ton. "	



HORNO B.O.F.

Durante la refinación del arrabio ,para su conversión a acero , los cinco elementos - antes mencionados deben ser removidos o reducidos drásticamente , empleandose mecanismos químicos de oxidación y promoviendo para la remoción del azufre y del fósforo la formación de una escoria de naturaleza básica que permita su eliminación .

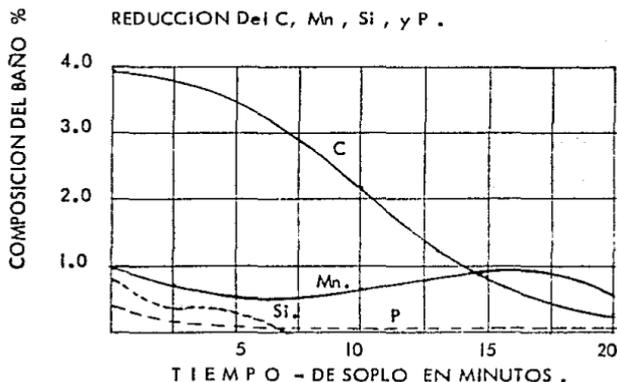
La carga metálica para realizar una colada de acero en un convertidor con oxígeno, en un tiempo que varía entre 45 y 55 minutos, consiste esencialmente de alrededor de 75% de arrabio y 25% de chatarra, así como de cantidades menores de mineral de hierro usado principalmente como refrigerante. Para refinarla, se procede a oxidar las impurezas o elementos indeseables en el arrabio y la chatarra, haciendo incidir sobre la superficie líquida del metal contenido en el convertidor uno o varios chorros de oxígeno a alta velocidad. Se emplea para ello una lanza tubular enfriada por agua, con movimiento vertical ascendente y descendente que se introduce a través de la boca del convertidor para ser centrada sobre la superficie expuesta del baño metálico.

Los fundentes, tales como la cal, el espatofluor la cal dolomítica y la cascarrilla de laminación, se agregan oportunamente en cantidades adecuadas desde los silos dispuestos en la parte más elevada del edificio de la acería en este caso también se utilizan tolvas alimentadas por sistemas de bandas.

Los materiales anteriores son descargados a la boca del convertidor a través de un tubo inclinado que intercepta el ducto conductor de los humos.

La distancia entre la nariz de la lanza y el espejo metálico líquido es regulable a lo largo del proceso de inyección del oxígeno de acuerdo con los requerimientos metalúrgicos del proceso. La fuerza con que se proyecta el chorro de oxígeno hace que éste desplace la escoria lateralmente, para establecer un contacto íntimo con el metal líquido dando lugar a una zona de intensa ebullición, semejante a un cráter activo, donde se registran elevadas temperaturas, del orden de -

3000 grados centígrados, originadas por las intensas reacciones exotérmicas que se desarrollan durante la oxidación de las impurezas contenidas en el arrabio y en la chatarra tal como se ilustra en el siguiente cuadro.



El equipo es diseñado y el proceso controlado, en forma tal que el carbono, sea oxidado a  $\text{CO}$ , forma en que es expulsado del convertidor como producto de combustión. Este modo de Operación, aunque resulta desventajoso desde el punto de vista de la eficiencia Térmica, presenta una solución del compromiso técnico económico con miras a obtener mayor duración de los revestimientos, ya que si el C fuera oxidado a  $\text{CO}_2$  el calor generado en el interior del convertidor con sumiría muy rápidamente el revestimiento refractario.

Los gases ricos en  $\text{CO}$ , son usualmente quemados a la salida del convertidor, con exceso de aire suficiente para evitar la formación de mezclas explosivas, aún durante los procesos de generación más intensiva de monóxido de carbono. Esto da lugar a la necesidad de conducir, enfriar y depurar de polvos, volúmenes

considerables de productos gaseosos, en un sistema de ductos dotados con Venturis abanico y chimenea.

Un número reducido de acerías de convertidores con oxígeno cuentan con calderas de recuperación, dependiendo su justificación económica de la demanda de vapor y del costo comparativo de producirlo por otros medios.

Los problemas principales que se enfrentan con este tipo de instalaciones son Limpieza de calderas y de la generación intermitente de gases en los convertidores - ya que la duración de la inyección del oxígeno es aproximadamente de 20 a 25 - minutos en cada ciclo de operación del convertidor cuya duración es entre 45 y - 50 minutos. Durante el período que no se insufla oxígeno se necesita utilizar - combustible auxiliar en los generadores de vapor.

Recientemente, ha despertado cada vez mayor interés la conveniencia de recuperar y utilizar posteriormente en calderas de combustión, como combustible rico en CO, con poder calorífico aproximado de  $1000 \text{ Kcal} \times \text{m}^3$ , a los gases generados en el interior del convertidor, para lo cual se han desarrollado e instalado - en diversas plantas como Altos Hornos de México, S.A., en Japón y Europa dispositivos entre la chimenea y el convertidor, que impiden la combustión del CO en la boca del horno.

Las cantidades mínimas de chatarra y de arrabio para una colada son transportadas por medio de grúas magnéticas y carros térmicos respectivamente para su pesaje siendo determinadas las pesas finales por computo, en función del análisis químico del arrabio líquido a utilizarse.

Los fundentes que se le adicionarán son llevados por medio de camiones a unas tolvas subterráneas y posteriormente transportadas por medio de bandas y vibrocanaletas a las tolvas de consumo diario. Los fundentes se descargan en tolvas dosificadoras, las que, llegado el momento, descargarán su contenido en el convertidor. Las tolvas dosificadoras cuentan con un sistema electrónico que pesa la carga e imprime el peso.

La operación se inicia volcando dentro del convertidor inclinado, el contenido de la caja de chatarra, tras lo cual se gira el convertidor para que caiga y se deposite la carga de chatarra al fondo. Al efectuar cualquier movimiento del horno, ya sea para cargar o vaciar ( $180^\circ$ ) se sube la lanza y automáticamente sube lo que se llama chimenea móvil. Esta chimenea que recoge los gases de la combustión tiene un movimiento hacia arriba, hacia abajo y hacia los lados para su reparación.

Enseguida vuelve a inclinarse el convertidor para que la grúa que transporta el arrabio líquido en la olla de transferencia vacíe su contenido dentro del convertidor.

El convertidor es girado inmediatamente a su posición vertical, haciéndose descender la lanza de oxígeno y dándose inicio al sople, para que unos instantes después la reacción del  $O_2$  con las impurezas del arrabio de lugar a una violenta ebullición del baño por el rápido desprendimiento del gas generado. En este punto se principiará con la adición de fundentes al baño.

Se inyectan generalmente 4,400 mts.<sup>3</sup> de O<sub>2</sub> en total por cada carga del horno. La chimenea a la vez que desaloja los gases, es enfriada por pasos de manera que no se produzca un cambio brusco de temperatura y que sea eficiente el enfriamiento.

En la operación se trata de que el carbono, Si, Mn y P. contenidos en la carga se oxiden, dando como resultado un CO, SiO<sub>2</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, de los cuales el CO escapará con los demás gases y el SiO<sub>2</sub>, MnO y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se quedarán en la escoria. Lo anterior ayudará a proteger el refractario alargando su vida, de lo contrario si el total del carbono se quemara se alcanzarían temperaturas muy elevadas en la boca del convertidor.

En la agregación de fundentes (cal) se forma un líquido espumoso que une los óxidos para dar forma a una escoria fluida y altamente reactiva que ayudará a una buena desulfuración y desfosforación del metal; por la abundante espuma generada esta escoria ocupará gran parte del convertidor. En esta espuma se deberá evitar la formación excesiva de óxidos que ocasionan erupciones violentas hacia la boca del convertidor, por lo cual se mantiene una presión en el soplo del chorro de oxígeno de 6 a 15 atmósferas.

CICLO DE OPERACION B.O.F.		TIEMPOS EN MINUTOS POR OPERACION ACUMULATIVO	
1 .-	Vaciar el convertidor y colocarlo en posición de recibir la chatarra.	0.40	0.40
2 .-	Verter chatarra la convertidor	2.30	2.70
3 .-	Vascular el convertidor para acumular chatarra en el fondo, restándolo para recibir arrabio.	0.50	3.20
4 .-	Cargar arrabio líquido	2.00	5.20
5 .-	Regresar convertidor a posición vertical bajando la lanza hasta un metro arriba del espejo, arranque del reloj medidor e iniciación del soplado agregando cal. (la mitad)	1.20	6.40
6 .-	Después de 3 minutos de sopro agregar la otra mitad de cal. A partir de los 12, 14 y 18 minutos -- agregar el resto del mineral.	22.5-	28.90
7 .-	Bascular el convertidor hasta posición horizontal, tomando muestras de escoria y metal, medir temp. y preparar ollas para acero y escoria.	3.50	33.40
8 .-	Girar el convertidor a posición de colar.	1.20	34.60
9 .-	Sangrar acero en la olla, agregando ferroligas.	2.60	37.20
10.-	Invertir convertidor para vaciar escoria.	2.00	39.20
11.-	Varios y demoras.	5.80	45.00

Tiempo total de un ciclo para un convertidor con capacidad de 100 tons. aprox. 45 minutos.

Cuando se haya terminado el soplado, de acuerdo con los cálculos previos, se retirará la lanza y se inclinará el convertidor en sentido opuesto al de la piqueta para acero cerca de la posición horizontal, con el objeto de obtener una muestra de acero para su análisis químico, así como para la determinación de su temperatura mediante un pirómetro de inmersión. Dentro de un lapso no mayor de dos minutos un espectrómetro proporcionará el análisis de los elementos que interesan en el acero tales como: carbono, fósforo, azufre, etc.

Finalmente una vez que existe la certeza de que el análisis y la temperatura son los adecuados, se hará girar para que la piqueta de acero quede en la parte inferior y se proceda a sangrar el acero sobre la olla correspondiente.

La operación final al terminarse de desalojar el acero consistirá en sentido contrario para vaciar la escoria en la olla respectiva y colocar el convertidor enseguida en posición de recibir la próxima carga de chatarra para la siguiente colada.

#### ii). EQUIPO.

La acería B.O.F. generalmente está dividida en secciones bien definidas, de acuerdo con las operaciones que se desarrollan en cada una de ellas, a saber:

- 1).- Nave de Convertidores.
- 2).- Nave de Carga.
- 3).- Nave de Colada.
- 4).- Instalaciones Auxiliares.

**CONVERTIDORES.**- Un convertidor tiene 60 toneladas nominales de capacidad

dad con las siguientes características:

	Sin Refractorio	Con Refractorio
Peso	180 tons.	400 tons.
Diámetro máximo	5,115 mm .	3,650 mm .
Diámetro boca	2,300 mm .	1,700 mm .
Altura útil	7,650 mm .	6,875 mm .
Volúmen	-	60 m <sup>3</sup>
Giro	360°	
Velocidad de giro	0.1 -- 1 RPM.	

El volteador de cada convertidor es accionado por un motor de 100 HP.

CHIMENEAS.- Una para cada convertidor con una campana de reserva - para dos convertidores. Las chimeneas están refrigeradas por agua en circuito cerrado con el sistema de circulación forzada en las campanas y natural en la parte superior de las mismas, cuenta además con equipo para separación de agua, vapor y una instalación de condensadores.

El agua del sistema de enfriamiento, se trata, para determinar el PH y se almacena en un tanque una vez que se ha enfriado por medio de un sistema de abanicos.

Existe una recuperación del 92% de agua. Los abanicos se enfrían el agua son un total 12 de 1.5 mts. de diámetro. Además se tienen tubería auxiliares con:

Nitrógeno	(descompresión chimenea).
Agua	(para todo el sistema) .
Aire	(Desiderar a la fundición).
Gas.	(Calentar de 7 a 8 hrs. las ollas).

SISTEMA DEPURADOR DE GASES.- El sistema es del tipo húmedo por inyección de agua en el flujo de los gases constituido por un Venturi saturador y separador para extracción de lodos donde se separa el 70% de los sólidos. Un venturi saturador y un ciclón donde se separa el 30% restante de polvos en los gases, un abanico de succión y una chimenea. La sección depuradora cuenta con una sección auxiliar para el tratamiento de lodos a base de dos ciclones para la separación de sólidos gruesos, un asentador para la separación de finos y recuperación de agua y dos filtros de tambor al vacío.

SISTEMA DE INYECCION DE OXIGENO.- Comprende dos carros portalanizas localizadas a 37 mts. sobre el nivel cero, con desplazamiento para dar servicio a una sección de 3 convertidores. En cada carro portalanizas se encuentran instaladas dos lanzas refrigeradas por agua, una en operación y otra en reserva, opera en 99.5% de pureza (oxígeno).

Tanto el movimiento del carro portalanizas como las lanzas mismas se operan desde el pupitre de mando, localizado en el nivel de los convertidores. Cuenta además con 3 turbosopladores accionados cada uno por un motor de C.A. de 900 H.P.

NAVE DE CARGA.- En la nave de carga se cuenta con dos grúas de 120/40 toneladas que manejan arrabio líquido y chatarra y una de 30/15 exclusi-

vamente para chatarra y una báscula digital con sistema impresor y digital.

NAVE DE COLADA.- Opera con grúas 125/40 tons. para manejo de ollas de colada, un horno secador de tapones, tres quemadores para secado de ollas, una plataforma para reparación de ollas, dos plumas para el manejo de tapones de ollas y dos plumas para el manejo de tapas para moldes. Se cuenta además con ollas de acero (70 tons.). La disposición de la fosa de vaciada debe ser tal que tenga disponibilidad para acceso a la fosa por varias puntos además de varias puestas de colada.

SISTEMAS AUXILIARES.- Se cuenta con una estación receptora de materiales con tolvas para:

Cal  
Caliza  
Mineral  
Fluorita  
Coque.

Las tolvas tienen intercomunicación con los convertidores por medio de bandas a través de otras tolvas dosificadora las cuales cuentan con sistemas electrónicos para pesar y procurar administrar las cantidades de material necesarias.

El sistema se opera automáticamente por medio de una cabina de mando en el nivel de tolvas de consumo y la cabina central que regula la mayoría de las funciones del convertidor.

El sistema automático AHMSA montado por la Compañía DEMAG es electrónico -

e indica : Niveles de tanques de almacenamiento de agua , funcionamiento de bombas, compresores , la presión en diferentes accesorios , tonelaje de carga , corrección de defectos por medio de su sistema de control .

Para el envío de las muestras al espectrómetro , se utiliza un tubo con aire a presión - que es por donde viajará la probeta .

La estación receptora de escoria cuenta con una grúa de 40 / 20 Ton. que se desplaza de la estación hacia los tiraderos .

SISTEMA DE LINGOTERAS .- El sistema de lingoteras tiene el siguiente movimiento :

Sobre carros plataforma , se colocan las lingoteras , mismas que son llenadas por gravedad , una vez llenadas son transportadas aún en caliente hacia los patios . El acero -- colado puede ser que solidifique en su trayecto de tránsito , o en las fosas ;alcanzado su tiempo de reposo serán transportadas hasta la descoquiladora .

Los problemas que se presentan son poco frecuentes y consisten en :

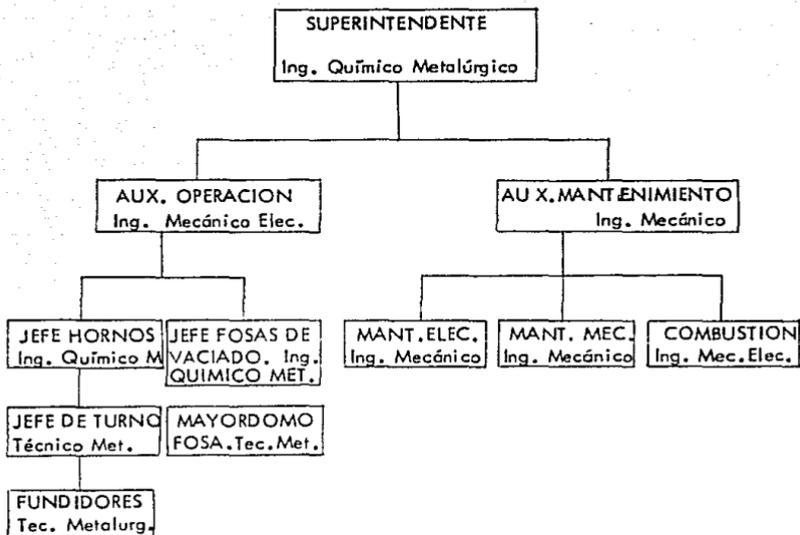
Las bocas de las chimineas son perforadas por sobrecalentamientos .

La lanza inyectora del oxígeno sufre desgastes y teniendo trastornos de tipo mecánico . Averías en el refractario interno , del horno . Estas averías son reparadas con una masa de refractario que es lanzada con una máquina bombardeadora .

iii) .- PERSONAL TECNICO .

El personal técnico que predomina en esta planta son Ingenieros mecánicos Electricistas para el mantenimiento , en segundo término los Ingenieros Químicos Industriales - en operación y técnicos en metalúrgia en todos los procesos restantes .





ORGANIGRAMA PLANTA DE ACERACION B.O.F.

c) .- Aceración por Convertidores BESSEMER .

Cuando el refractario interno del horno es ácido ( Si O<sub>2</sub> sílice ) el convertidor se denomina Bessemer y se usa para el afinado de fundiciones grises pobres en fósforo y en azufre , de composición parecida a :

C.	3 ó 4 %
Si.	1.5 a 2.5 %
Mn.	1 a 2 %
P.	0.08 % Máx.
S.	0.05 % Máx.

En este proceso el principal elemento temógeno es el silicio , cuya oxidación aumenta la temperatura considerablemente .

Si el revestimiento es básico ( dolomita ) el convertidor se denomina THOMAS y se usa para fundiciones blancas pobres en silicio.

C.	3 a 4 %
Si.	0.5 % Máx.
Mn.	1 a 1.5 %
P.	1.7 a 2.2 %
S.	0.08 % Máx.

principal elemento temógeno es el fósforo.

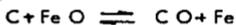
En ambos procesos el afino se desarrolla como se ha mencionado anteriormente .

Siendo en este sentido más notorio el proceso Bessemer , procederemos a describirlo .

Periodo de Oxidación .- El silicio se oxida y da escoria de silicatos de Fe. y Mn. que flota ( escoria ácida ) . El Manganese es un regulador que impide una oxidación fuerte en el Fe.

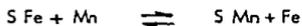


El C. arde pronto al eliminarse el silicio y manganese y la temperatura se eleva .

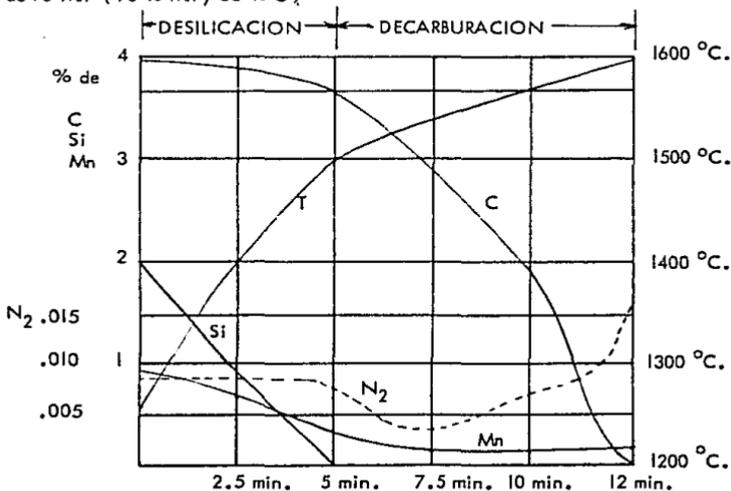


El fósforo no se puede eliminar por la imposibilidad de agregar cal que sería incompatible con el carácter ácido del revestimiento, por lo cual solo pueden afinarse arrabios muy poco fosforosos. ( Bessemer ).

Periodo de Reducción .- No se desulfura por no contener cal la escoria, solamente y en parte el manganeso reacciona .



La desoxidación final se hace con adición de spiegel ( 20 % de Mn y 5 % de C. ), o de Fe Mn ( 78 % Mn y 65 % C )



### i) .- OPERACION .

La operación comenzó a ser una innovación por la construcción de sus plantas en los años de 1850 . Sin embargo en la actualidad con instalaciones modernas tanto para -- operación como control , el B.O.F. es el tipo más idealizado del convertidor Besse - mer y Thomas .

El convertidor se carga pocos minutos de haber colado la fundición anterior ( aún ca - liente ) .

Existen cuatro periodos en su proceso de operación :

1.- De Chispas .- ( cuatro minutos ) llamas rojas de oxidación del silicio , la -- temperatura máxima es de  $1,600^{\circ}\text{C}$  , el metal se vuelve fluido .

2.- De carburación .- ( 6 minutos ) Llamas brillantes , oxidación del carbono . el convertidor vibra y ronca , el baño es espeso y el aire pasa a través de él con difi - cultad .

3.- De Humos .- ( 2 minutos ) humas rojizas , disminuyen las llamas . Se oxida el Fe. del  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  . ( este periodo se suprime generalmente para obtener un metal me nos oxidado . ) Además se ahorran gastos de Fe Mn , aire , pero también tiene un in - conveniente ya que no puede regularse bién la composición del metal obtenido .

4.- Reafino .- ( 6 minutos ) .Se agregan Fe Mn, para desoxidar y recarburar , - enseguida se cuela la escoria y por último el acero .

Convertidor THOMAS .- tiene un proceso similar al Bessemer con sus ligeras variantes como se describirá a continuación :

Se insufla aire . Su refractario es básico (  $\text{C O}_3$  Mg,  $\text{C O}_3$  Ca. ) Dolomita .

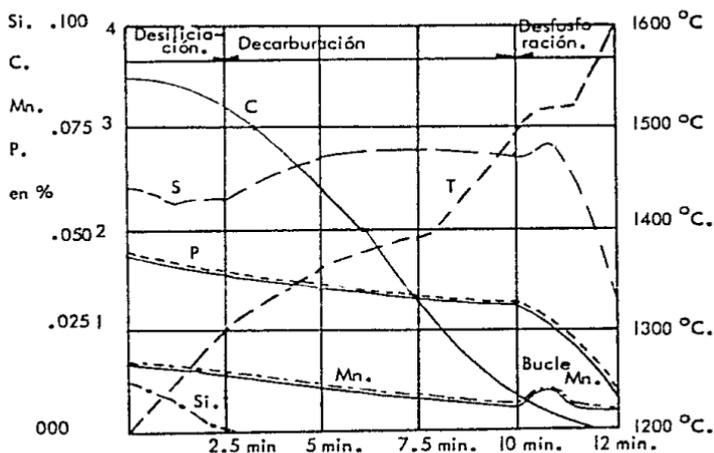
Periodo de Oxidación .- El silicio se oxida rapidamente y forma escoria la que debe ser pobre para que no ataque al revestimiento básico del convertidor .

El manganeso se oxida rapidamente ( cuando la escoria es ácida ) impidiendo una fuerte oxidación del Fe. , pero al final vuelve a crecer en % al retornar Mn que contienen las escorias del baño .

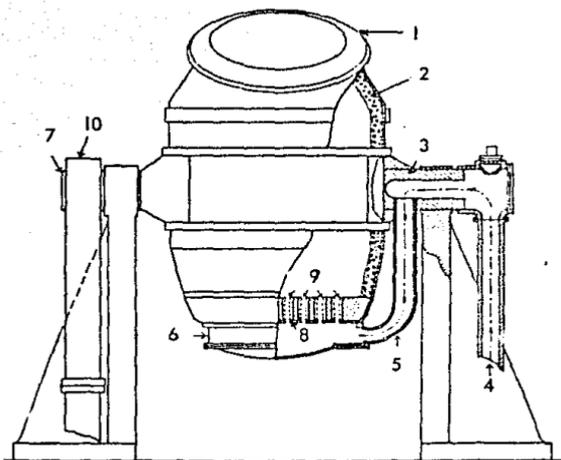
El C. desaparece más rapidamente que en el proceso Bessemer , y el P. se oxida lentamente .



Estas variaciones pueden ser más notorias en la siguiente gráfica .



CICLO THOMAS .



CONVERTIDOR BESSEMER THOMAS .

- 1.- Boca
- 2.- Revestimiento de refractario ( Básico o ácido )
- 3.- Muñón de giro .
- 4.- Entrada de aire .
- 5.- Codo de entrada .
- 6.- Caja de soplo .
- 7.- Muñón .
- 8.- Placa de fondo .
- 9.- Toberas de soplo .
- 10.- Mecanismo de volteo .

## 9).- LAMINACION .

Laminación es el proceso mecánico de un metal , en donde este es formado por un par de rodillos . Estos rodillos giran en sentido contrario uno de otro , lo que permite que el material pase entre los mismos ejerciendo presión suficiente para reducir su altura, y en forma notable aumentar su longitud .

En la Fig. ( 27 ) se muestra que en los puntos A y A<sub>1</sub> , el material toca la superficie de los rodillos sin haber sufrido ninguna deformación en su altura inicial ( H<sub>1</sub> ) . En el punto C y C<sub>1</sub> , el material ha sido ya deformado , sufriendo una reducción en su altura o ( H<sub>2</sub> ) que es igual a la abertura de los rodillos .

El ángulo formado por A O<sub>1</sub> C se llama ángulo de entrada y es igual a A<sub>1</sub> O<sub>2</sub> C<sub>1</sub> para el caso en que el diámetro de los rodillos sea igual uno de otro , Este ángulo dependerá por lo tanto del diámetro del rodillo , altura inicial y altura final que se pretenda dar a la pieza .

Se deduce también que el ángulo de entrada (  $\alpha$  ) es más grande con una altura mayor ( H<sub>1</sub> ) siempre que permanezcan constantes el diámetro de los rodillos y la abertura de los mismos . Permaneciendo constante la reducción h , el ángulo de entrada — aumentará si disminuye el diámetro del rodillo ( D ) , por lo que (  $\alpha$  ) es también — función de ( D ) .

De acuerdo a la Fig. ( 27 ) tendremos lo siguiente :

$$\alpha = \text{A O}_1 \text{ C} = f(\Delta H)$$

$$BC = \frac{H_1 + H_2}{2} = \Delta h$$

$$\text{También: } \cos \alpha = \frac{O_1 B}{R}$$

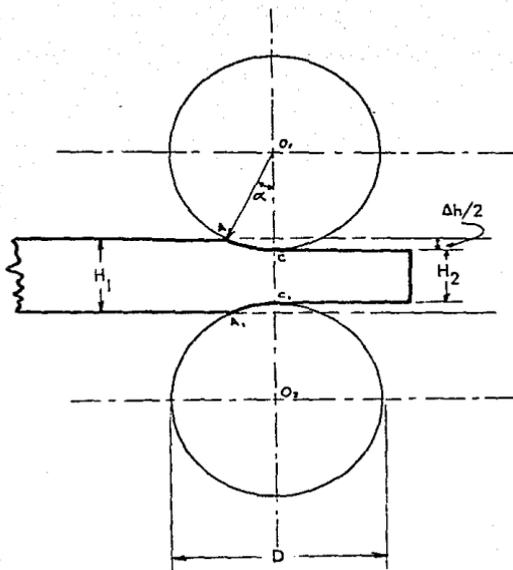


Fig. ( 27 )

$$O_1B = R \cos \alpha$$

$$BC = R - O_1B = R - R \cos \alpha = R (1 - \cos \alpha) \text{ ----- (1)}$$

$$BC = \Delta h \text{ ----- (2)}$$

$\Delta h = R (1 - \cos \alpha)$  Sustituyendo (2) en (1) se tiene :

$$h = R (1 - \cos \alpha)$$

Por lo que se deduce que es posible determinar el ángulo de entrada del material y -

también el diámetro de los rodillos .

Para que el proceso de laminado se pueda realizar , es necesario saber cual es la velocidad inicial (  $v$  ) con que llega el material a los rodillos .

El impacto de llegada se efectúa en los puntos B y B<sub>1</sub> Fig. ( 28 ) donde podemos ver que habrá una fuerza normal ( N ) a la superficie de los rodillos y una reacción contraria que recae sobre el material a laminar .

La descomposición de fuerzas se puede ver en la Fig. ( 28 ) y sus acciones son las siguientes :

$N \text{ sen } \alpha$  .- tiende a separar la pieza de los rodillos .

$N \text{ cos } \alpha$  .- Ejerce una presión sobre el material para reducir su altura .

En el punto B y B<sub>1</sub> se tendrá una fuerza friccionante ( T ) la cual será igual a :

$$T = N f \quad f = \text{coeficiente de fricción .}$$

$T \text{ cos } \alpha$  .- Tiende a jalar la pieza para laminarla .

$T \text{ sen. } \alpha$  .- Tratará de comprimir , reduciendo la altura de la pieza .

De acuerdo a la Fig. ( 28 ) pueden presentarse las siguientes variantes :

a).- La componente (  $N \text{ sen } \alpha$  ) puede ser mayor que (  $T \text{ cos } \alpha$  ) por lo tanto el proceso de laminación no se realiza , ya que el material es rechazado .

b).- La componente (  $N \text{ sen } \alpha$  ) puede ser igual o menor que (  $T \text{ cos } \alpha$  ) ; si ambas componentes son iguales , el material puede o nó ser tomado por los rodillos y si es menor , con toda seguridad se realizará el proceso .

Podemos deducir también que :

$$\text{Tan } \alpha \leq T/N \quad \text{o} \quad \text{Tan } \alpha \leq f .$$

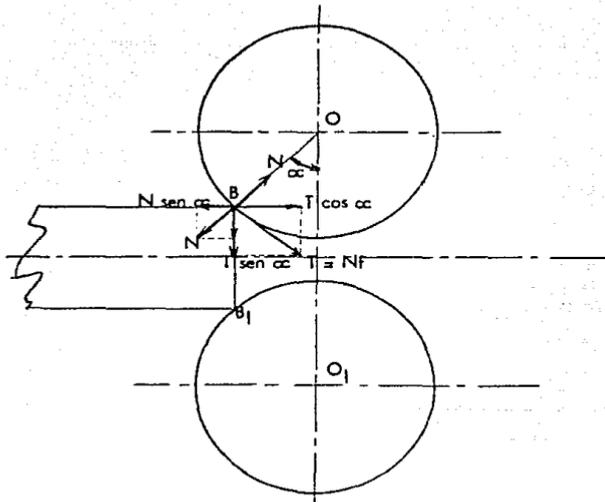


Fig. ( 28 )

De aquí que es también importante tomar en consideración para un proceso de laminación el coeficiente de fricción ( $f$ ) el cual deberá ser mayor que la tangente del ángulo de entrada .

La secuencia de desbaste común para cualquier tipo de aceros puede observarse en la Fig. ( 29 ) , sin embargo en el cuadro Fig. ( 30' ) se muestra una secuencia de laminado completo para lingotes de acero alta velocidad .

En todo tipo de laminación , el control de temperatura y el ciclo de calentamiento debe ser muy estricto , para evitar fisuras del material ya que cuando la temperatura en el final del laminado es baja , estará de por medio la calidad del producto .

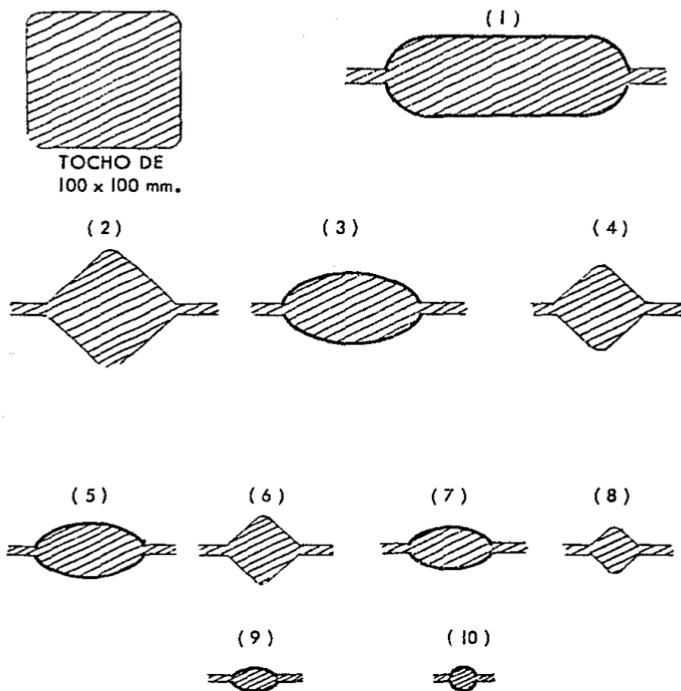


Fig. ( 29 )

La ilustración anterior nos muestra el número de pasadas y la secuencia en la reducción de la sección transversal de un tocho de 100 x 100 mm., hasta la obtención de barra redonda .

Fig. ( 30' ) SECUENCIA DE LAMINADO DE LINGOTES DE ACERO DE ALTA VELOCIDAD DE 230 x 230 A

No. PASO	FORJA DEL PASO	DIMENSIONES DEL PASO		SECCION DEL PASO	REDUCCION ABSOLUTA	% DE REDUCCION	OBSERVACIONES .
		H ( mm )	B ( mm )	Q ( mm )	h ( mm )		
0		230	230	53000		15.8	
1	Rectangular	190	235	44600	40	18.4	
2	"	155	235	36400	35	12.9	Girar 90° para el paso 3
3	"	190	170	31700	45	16.7	Recalentamiento .
4	"	155	170	26400	35	14.0	Girar 90° para el paso 5
5	"	135	168	22700	20	17.8	Girar 90° para el paso 6
6	"	136	140	18650	35	12.6	Recalentamiento .
7	Ovalo .	140	148.4	16299		7.88	2 veces en el mismo paso y giro de 90 grados.
8,9	"	131.8	145.6	15015		13.3	
10 y 11	"	121.6	136	13013		16.0	Dos veces y giro de 90°
12,13	"	111.4	124.5	10925		17.2	Dos veces y giro de 90°
14,15	"	101.3	113.0	9039		9.7	Dos veces y giro de 90°
16, 17	"	96.2	107.5	8160		10.3	Dos veces y giro de 90°
18,19	"	96.2	97	7315		1.20	Dos veces y giro de 90°
20	Cuadrado	85	85	7225			

## LAMINACION EN CALIENTE.

Comprende dos partes:

- a). Laminación de productos planos
- b). Laminación de perfiles y barras.

LAMINACION DE PRODUCTOS PLANOS.- El acero producido en los --  
Departamentos de aceración y una vez vaciado en las coquillas, proporcionarán --  
los lingotes. Estos serán transportados a la sección de hornos de recalentamiento.

El recalentamiento se realiza en los hornos a una temperatura de 1260°C.

El lingote se extrae de las fosas por medio de una grúa provista de tenazas y co-  
locándose en un carro portalingotes que lo conducirá a la mesa de entrada del -  
molino desbastador de donde después de varias pasadas se obtendrá un planchón -  
de 7.5 mm de espesor.

Los planchones cortados a la medida elegida pueden seguir dos caminos:

- 1). Se introducen en hornos de recalentamiento con capacidad de 100 ton/hr. pa-  
ra después alimentar la línea de tira en rollo.
- 2). Se introduce a un segundo horno recalentador de planchones (50 ton/hr) para-  
alimentar después a un molino de plancha de cuatro rodillos.

El equipo de esta planta es el siguiente:

- a).- Un molino desbastador en cuya operación intervienen 8 personas.

Su consumo por tonelada de planchón es:

Agua	12 litros.
Energía Eléctrica	32 k.w.h.
Gas Natural	21 m <sup>3</sup>

La impulsión principal se realiza con dos motores de 3000 HP y giran a una velocidad entre 40 y 100 RPM.

b).- Hornos de Recalentamiento de Planchones, consumen una mezcla de gas de coque, gas de alto horno y gas natural.

Líneas de Tiras.- Se tienen un molino universal y un molino continuo de cinco castillas.

La capacidad de esta línea es de 297 ton/hr. y la velocidad promedio de sus molinos es de 590 m/min. su producción anual alcanza las 700,000 toneladas.

Línea de Plancha.- Se cuenta con un molino cuya velocidad máxima es de 201 m/min. y una capacidad anual de 350,000 toneladas.

LAMINACION DE PERFILES Y BARRAS.- Esta laminación se realiza en cinco afeas denominadas:

- 1.- Molino desbastador
- 2.- Molino de perfiles estructurales
- 3.- Molino de palanquilla
- 4.- Molino de barras y perfiles comerciales
- 5.- Molino de alambón.

Proceso.- En la figura (3) se muestra el flujo del material en las cinco áreas.

De las fosas de recalentamiento los lingotes son pasados a un molino desbastador - después del cual el tocho se corta a la medida. Este tocho puede seguir dos caminos.

- a). Para fabricación de perfiles estructurales.
- b). Para fabricar palanquilla en un molino continuo de 6 castillos

La palanquilla tiene aún una derivación, es decir se produce a partir de ésta las barras y perfiles comerciales y el alambón.

1.- MOLINO DE PERFILES ESTRUCTURALES.- Los tochos siguen un proceso según se muestra en el diagrama de flujo de: Hornos de recalentamiento (1300°C); molino desbastador (reversible 5 ó 7 veces); molino desbastador universal con rodillos verticales y horizontales, molino acabador universal que da la firma definitiva.

Esta línea consume por tonelada:

- 401 Kw - hr.  
20 m<sup>3</sup> diarios de agua.

2.- MOLINO DE PALANQUILLA.- El tocho se transporta a un molino continuo- de 6 castillos en donde se lamina para obtener la palanquilla. La producción -- anual es de 400,000 toneladas.

Sus consumos por tonelada son:

- 50 Kwh.  
1 litro agua por tonelada.





### MOLINO DE BARRAS Y PERFILES COMERCIALES.

En este departamento se fabrican barras de diversas secciones redondas, cuadradas, exágonales, perfiles comerciales, ángulos, etc. Su equipo según se ven el día — grama de flujo es como sigue:

- a). 2 hornos de recalentamiento
- b). 1 molino desbastador y uno de 5 castillos
- c). 1 tren formado por un molino continuo de 5 castillos y un molino acabador.
- d). 1 cama de enfriamiento.

La producción de esta sección en todas sus especialidades abarca un tonelaje — anual de 70,000 tons.

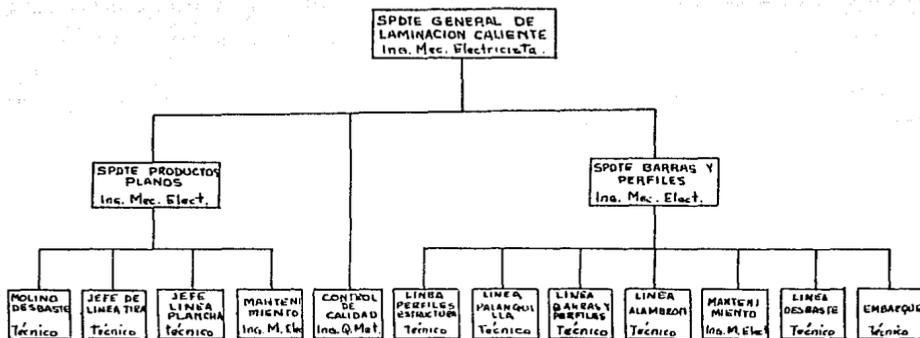
Para obtener una tonelada de producto útil, se requiere de 1.16 tons. de palanquilla.

**MOLINO DE ALAMBRON.**— Consta de un horno de calentamiento de palanquilla para después pasar a un molino desbastador de 13 castillos, y después el molino — acabador con 10 pasos de reducción.

La velocidad de este molino es de 2,592 m/min. (máxima) y alcanza una producción de 90,000 toneladas anuales requiriendo 1.11 ton. de palanquilla por tonelada de producto útil.

Sus consumos por tonelada son:

1,980 KWH  
9 m<sup>3</sup> de agua.



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE LAMINACION EN CALIENTE .

LAMINACION EN FRIO.- El departamento de laminación en frío tiene como objeto transformar el rollo laminado en caliente en dos productos fundamentales : lámina y hojalata.

El primero para usarse en la manufactura de automóviles, refrigeradores, estufas , tubería y perfiles ligeros; el segundo para hacer envases para productos alimenticios.

En este departamento se realizan las siguientes operaciones:

- 1.- Decapado del rollo caliente.
- 2.- Reducción del espesor.
- 3.- Lavado
- 4.- Recocido
- 5.- Templado
- 6.- Estañado
- 7.- Corte.

DESCRIPCION DEL PROCESO.- Los rollos de tira laminada en caliente se transportan a dos líneas de decapado continuo donde se les da una limpieza con ácido sulfúrico. Una vez limpios, pasarán a la sección de laminación en frío en donde se reduce su espesor a los calibres deseados.

La operación de rolado se efectúa por medio de pasadas sucesivas de la lámina a través de los molinos, disminuyendo su calibre gradualmente en cada paso por medio de la acción de la tensión y la presión de los rodillos. Esta operación aumenta su longitud en 10 veces su longitud inicial lográndose después de 5 a 7 pasadas.

Una vez obtenido el espesor deseado, pasan los rollos laminados en frío a las líneas de lavado donde serán limpiados con detergentes.

Durante la laminación en frío, el material sufre un cambio en sus características físicas, su dureza aumenta y disminuye su maleabilidad, por lo que el uso no será satisfactorio bajo estas condiciones, por lo que para devolverle sus características originales es necesario someterse a un tratamiento térmico llamado recocido. Una vez restauradas las propiedades cristalográficas en el rollo de lámina es necesario darle un acabado superficial, una planicidad y un espesor final que esté dentro de las tolerancias de norma. Esta operación se realiza en molinos templadores y el proceso se le llama templado.

Los rollos de lámina salidos del temple, pueden seguir uno de los tres caminos siguientes:

a).- Para producir hojalata, los rollos pasaran a la línea de estañado. El proceso de estañado electrolítico se inicia en el momento en que la tira pasa por el tanque de limpieza electrolítica, después por otro tanque de enjuagado y luego por uno de decapado electrolítico con su tanque de lavado y por último a los tanques de estañado. En este último la cinta se conecta al catodo, y los ánodos están formados por barras de estaño de alta pureza. Al hacer circular la corriente del electrodo positivo al negativo dentro de una solución electrolítica, se verifica la electrólisis que hace pasar al estaño a la cinta de acero en forma completamente uniforme y muy delgada. Al salir la cinta de los tanques de estañado se pasara a un tanque de enjuagado y posteriormente se pasa por un sistema en -

el que una corriente eléctrica muy elevada provoca el calentamiento de la tira - hasta lograr la fusión del estaño depositado en la lámina, posteriormente se enfría y se pasa a otros depósitos con productos químicos y acetiéndose finalmente por medio de un procedimiento electrostático.

Por último se cortará la lámina en hojas, clasificando, contando y empacando para su embarque.

b).- Lámina Negra.- Si se va a producir lámina negra, los rollos pasaran directamente a la sección de corte. Y cuando se requiere de una mayor exactitud, - la lámina pasará a un molino para obtener un espesor uniforme a todo lo largo de su sección transversal.

#### EQUIPO.-

a). Las líneas de decapado, son del tipo continuo utilizando en su proceso ácido sulfúrico.

Se procesan anualmente 200,000 tons/línea:

El rendimiento es de 1.11 tons. de tira laminada por tonelada decapada.

Los consumos por tonelada de material decapado son:

Acido sulfúrico	6.02	ton.
Energía Eléctrica	18	Kw-Hr.
Agua.	2	Lis.

b).- Molinos para laminar en frío siendo en número de 8, entre los que se cuentan, molinos tandem, molinos reversibles y templadores.

La capacidad de producción de estos molinos es variable aunque trabajan al ritmo de las líneas de decapado.

Sus consumos son de 128 KWH y 7.4 litros de agua.

c).- Líneas de limpieza cuenta con 4 líneas. La capacidad máxima que desarrollan es de 200 ton/año por línea.

Consumos por tonelada 9 KWH y 3 litros de agua.

d).- Las líneas de recocido cuentan con hornos de recocido cíclico del tipo de tubos radiantes. Su capacidad es de 1.25 ton./hr. por horno.

Consumo: 19.2 KWH y 49 litros de agua por tonelada recocida.

Un resumen de los equipos actuales, futuro para laminación en el país es como se ve en los dos cuadros siguientes. FIGS. ( 33 y 34 )

FIG.32 - DIAGRAMA DE FLUJO LAMINACION EN FRIJO

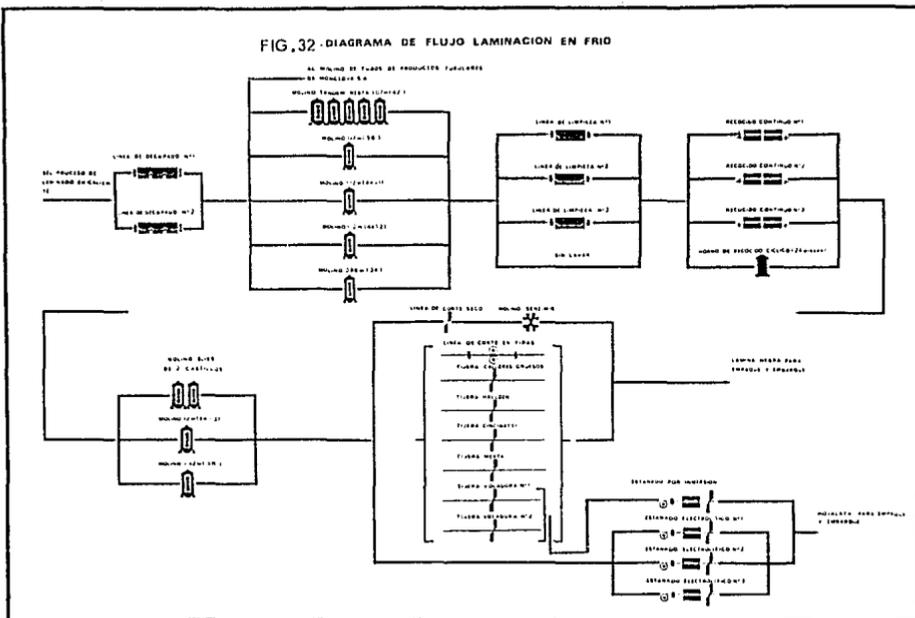


TABLA 34 RESUMEN DE LAMINADORES EN CALIENTE  
(Plancha y lámina Acabada en Caliente)

ANO	COMPANIA	TIPO DE LAMINADOR	TIPO DE BARRA Y CAPACIDAD Tons/Hora	LAMINADOR DESBASTADORES RODILLOS POTENCIA H.P.	PLANCHAS CAJAS Cont.	RODILLOS ms.	ROLES POTENCIA H.P.	VOLUCIDAD MAXIMA DE SALIDA m/seg.	INROLLO DORLES. Cont.	PLAS ROLLO Tons.	PRODUCCION LAMINADO	CAPACIDAD ARROLLO Miles de Tons.	
1971	A.H.M.S.A.	Reversible	Contínuo 1 x 75	220y1370 x 3300	5000	-	-	-	-	-	Hoja	340	
	A.H.M.S.A.	Semi-Contínuo.	Contínuo 1 x 100	1120x1740	6000	5	640x1240	24,000	13.5	1	12	Rolló	800
	H.Y.L.S.A.	Semi-Contínuo.	Fosa 14x00*	227y1143 x 1220	3600	6	470x965 x 1220	15,000	6.5	1	6	Hoja Rolló	750
	FUNDIDORA	Semi-Contínuo.	Contínuo 2 x100	227y1346 x 2134	7000	4	648x1245 x 1676	16,000	9.0	1	8	Hoja Rolló	45 <u>675</u> 2,610
	Total:												
1979	A.H.M.S.A.	Reversible	Contínuo 1x75 y 1x100	220y1370 x 2300	5000	1-Rev.	?	?	-	-	Hoja	750	
	A.H.M.S.A.	Semi-Contínuo.	Contínuo 1x100 y 1x150	1130x1740	8000*	6	640y1240 x 1728	30,000	13.5?	2	12	Rolló	1,250
	H.Y.L.S.A.	Semi-Contínuo.	Fosa 17x00* Cont. 2x200	227y1143 x 1220	6000	6	470x965 x 1220 635y114 x 1220	27,000	10.0	3	15	Hoja Rolló	1,500
	SILARTSA	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	1,500
	FUNDIDORA	Semi-Contínuo.	Contínuo 1 x300	227y1346 x 2134	7000	6	648y1245 x 1676	28,000	11.2	3	18	Rolló	1,250
	FUNDIDORA	Reversible	Contínuo 2 x100	?	?	1-Rev.	?	?	-	-	Hoja	<u>500</u>	
Total:												6,750	

? - Información no disponible.

\* - Toneladas por fosa.

TABLA 33

RESUMEN DE LAMINADORES EN FINIO

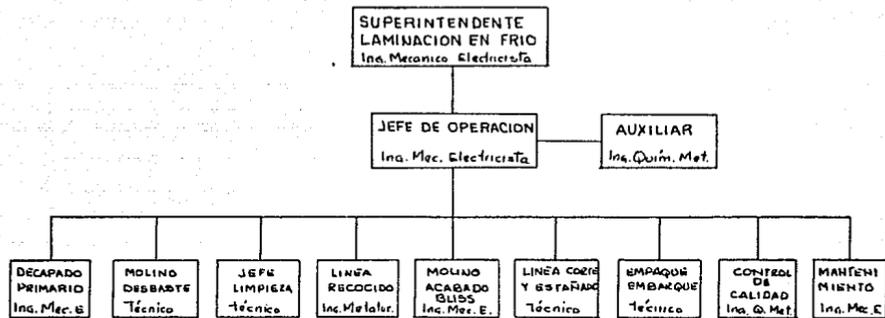
Compañía	Cantidad y Tipo	Rodillos (mm)	Vel. Mx. Salida (m/seg)	Peso Mx. Rollo (Tons)	Potencia Total (HP)	Capacidad Anual (Miles de Tons)			
						Reducción 1974	Reducción 1975	Temple 1974	Temple 1975
A.H.M.S.A.	1 de 5-Cuad. cont.	480 y 1257 x 1067	5.8 (21.8)	6 (10)	5130 (16,450)	165	435		
	1 Cuad. Reversible	314 y 850 x 804	6.3	5	2500	75			150
	2 Cuad. Reversible	445 y 1105 x 1118	6.3	12	2500	225			225*
	1 Cuad. Templador	445 y 1105 x 1118	15.3	12	7			200	200
	1 Cuad. Combinación Rev. y Templador	419 y 1346 x 1422 (1676)	6.3	12	4500	125	125	25	25
	1 de 2 Cuad. Cont.	7	15.3	7	7			240	300
	(1 de 4-Cuad. Cont.)	(533 y 1346 x 1422)	(20.8)	(20)	(19,000)		410		
		Sub-Totales:				590	970	465	900
H.Y.L.S.A.	1 Cuad. Reversible	381 y 1143 x 1220	9.0	10	2500	180	180		
	1 Cuad. Reversible	406 y 1117 x 1117	10.0	12	3250	120	120		
	1 Cuad. Templador	365 y 965 x 1220	6.5	12	1800			300	300
	1 Cuad. Combinación Rev. y Templador	506 y 1220 x 1220	10.0	18	3500	200		200	400
	(1 de 4-Cuad. Cont.)	(533 y 1220 x 1220)	(20.0)	(30)	(16,000)			350	
		Sub-Totales:				500	650	500	700
SICARTSA	(1 - Continuo)	7	7	7	7		1000		
	( - Templado)	7	7	7	7				970
HUSBIDORA	1 de 4-Cuad. Cont.	546 y 1422 x 1422	15.5	14 (18)	14000	350	450		
	1 Cuad. Combinación Rev. y Templador	470 y 1350 x 1676	9.2	14 (18)	5000	40	40	90	120
	1 Cuad. Templador	546 y 1092 x 1067	10.1	10 (18)	3260 3260			120 120	180 180
	1 Cuad. Templador	813 x 1676	16.3	14 (18)	2700 (18)			200	300
	(1 de 5-Cuad. Cont.)	(546 y 1422 x 1422)	(30.0)	(30)	(25000)		500		
	(1 de 2-Cuad. Cont.)	(546 y 1422 x 1422)	(20.0)	(30)	7				300
		Sub-Totales:				350	990	410	900
PAIS					TOTALES:	1480	3610	1375	3470

T - Información no disponible.

Cuad. Cont. = Cuadruple continuo (6 cuarto continuo).

\* Dos reversibles instalados en continuo para procesar material para hojalata doble reducida.

(-) Corresponde a modificaciones o adiciones en el equipo.



ORGANIGRAMA DE UNA PLANTA DE LAMINACION EN FRIO .

10).- CLASIFICACION DE REFRACTARIOS.- Los refractarios son los materiales principales usados en la industria del acero y en la construcción de todas las hornos, así como el recubrimiento de ollas, mezcladores de metal caliente y recipientes de retención similares, así como en chimenea que conducen gases calientes.

Estos materiales son costosos y cualquier falla en los refractarios resulta en gran pérdida de tiempo del equipo y del producto.

Por lo tanto, los problemas para obtener refractarios adecuados para cada rama de la industria y apropiado para cada proceso específico, es de suprema importancia - La economía figura grandemente en la solución de estos problemas.

Si se elije el refractario más apropiado para determinada aplicación, no es necesario que tenga una larga vida, pero se tomará en cuenta el que proporcione el mejor balance entrecosto de instalación inicial y servicio de funcionamiento.

Los refractarios se clasifican de muchas maneras, de las cuales ninguna es completamente satisfactoria. Desde el punto de vista químico, las sustancias refractarias pueden clasificarse de tres clases:

- 1.- Acido
- 2.- Basicos
- 3.- Anfóteros o neutros.

Teóricamente, los refractarios ácidos no deberán ser usados en contacto con escorias, gases y humos básicos. También se pueden clasificar los refractarios por su uso:

Altos Hornos  
Hogar Abierto  
Bessemer  
B.O.F., etc.

Mineralógicamente hablando, los refractarios se pueden clasificar de dos maneras.

- a). Con referencia a las materias primas (utilizadas en su elaboración).
- b). Con referencia a los minerales predominantes después de su manufactura.

Una clasificación puede ser:

A.- Grupo Silicio.-

Cuarcita.- La más comunmente usada.  
análisis 98% de Si O<sub>2</sub>

Piedra Arenisca.- Es roca sedimentaria  
análisis 90 a 96% de Si O<sub>2</sub>  
3 a 5% de Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub>  
óxido de hierro y cal.

Mica Esquistosa.- Semejante a piedra arenisca

Arcilla refractaria de silicio.- Análisis 75% de Si O<sub>2</sub>  
y porcentaje bajos de impurezas  
tales como alcalis, tierra alcalina  
y óxidos de hierro.

B.- Grupo Arcilla Refractaria.-

Químicamente las arcillas son silicatos hidratados de alúmina.

Las arcillas pueden ser residuales o sedimentarias y han sido formadas por la des-

composición natural o desgaste de roca feldespática.

Variedades ordinarias contienen altos porcentajes de agua combinada e impurezas - como álcalis, titanita, composiciones de hierro, calcio, magnesio y materias orgánicas de varios orígenes.

Con arcilla refractoria se manufacturan bloques refractorios para ser utilizados en - el alto horno.

Dentro de este grupo se encuentran:

- a). Arcilla refractoria plástica
- b). Arcilla refractoria pedernal (de roca)
- c). Arcilla refractoria nodular
- d). Tierra de loza (caolín).

C.- Grupo Alta Alúmina .-

Análisis no más de 47.5 de  $Al_2$  de  $Al_2 O_3$

Dentro de este grupo se encuentran

- a). Bauxita y Diáspora
- b). Andalucita (silicato de aluminio)
- c). Alúmina tabular
- d). Alúmina fusible.

D.- Grupo Magnesio.- Cal.

se encuentran:

- a). Magnesita natural
- b). Magnesita
- c). Brucita (hidróxido de magnesio nativo)
- e). Dolomita.

## E.- Grupo Cromita.-

A base de mineral de cromo.

## F.- Grupo Carbón.-

Refractario utilizado en el Alto Hornos, por presentar excelentes propiedades para ese servicio.

## II).- MANEJO DE MATERIALES.

La disponibilidad oportuna de los sistemas de transporte, principalmente el FERRO-CARRIL para hacer frente a la demanda de la industria siderúrgica, son factores condicionantes de su desarrollo.

En el año de 1972, el transporte de materias primas, productos semiterminados de acero significaba el 24% en relación a la demanda total de transportes, pero en 1980 estas necesidades aumentaron a un 34% cuando mínimo.

Es por ello que el transporte, principalmente el ferrocarril, se ha convertido en una de las arterias vitales de la infraestructura siderúrgica. La importancia que éstos tienen en el transporte del mineral de Fe. es quizá el único artículo cuyo movimiento se hace en forma exclusiva por ferrocarril. En el año de 1972 significaba 2,757 millones de toneladas-kilómetro y se estima que para el año de 1980 alcance la cifra de 8,570 millones de toneladas-kilómetro, debido no solamente al incremento de la cantidad por transportar, sino la distancia media entre las fuentes de explotación de mineral de hierro y los centros de consumo que al parecer se distancian cada vez más.

El desarrollo de otros medios alternativos de transporte, ha propiciado que los ferrocarriles hayan perdido participación del mercado de aquellos productos que por su alto valor les correspondía alta cuota.

La oferta adecuada de la capacidad del sistema de transporte se convierte en una condición previa para que la industria siderúrgica pueda realizar las inversiones - necesarias que el desarrollo del país requiere.

Sin transporte, factor condicionante del desarrollo económico, sería imposible que en el futuro, la oferta de los productos siderúrgicos pueda satisfacer la demanda - creciente del mercado interno del acero, y mucho menos participe en el abasteci - miento de los mercados de exportación.

i).- Para el suministro de materias y embarques de productos, es necesario con - tar con vías férreas, Altos Hornos de México cuenta para el efecto con carros de ferrocarril y locomotoras.

Esta sección de manejo de materiales comprende el suministro y tránsito de mate - rias primas así como desechos, productos terminadas, etc. y viene a formar un - renglón vital y decisivo para que una empresa opere eficientemente y logre sus - metas de producción.

Para este movimiento se utilizarán además de los equipos ferroviarios, camiones, - trascabos, tractores, grúas, etc.

Para manejo interno entre uno y otro Departamento, es muy común la utilización -

de bandas transportadoras, cangilones. También se usan camiones y otros medios - para agilizar el flujo.

El Departamento encargado del manejo de materiales se encargará:

1.- De abastecer la materia prima a las diferentes plantas así como retirar sus desechos; suministrar la materia prima a los departamentos de aceración, sinterización, alto horno, coquizadora, etc.

En una empresa integrada como AHMSA encontraremos un movimiento promedio de 180,000 toneladas mensuales de acero, entre aceración y molinos desbastadores incluyendo moldes necesarios para el efecto.

2.- Acarreo por diversos medios de materia prima auxiliares y materiales diversos.

3.- Dar mantenimiento preventivo, reparar y modificar el equipo utilizado.

Para ejemplificar el movimiento y transportación de materiales en una empresa integrada pondremos un movimiento mensual en AHMSA que es como sigue:

Mensualmente se descargan y devuelven 3,000 carros de ferrocarril con 180,000 toneladas de mineral proveniente de la mina "La Perla", así mismo 2,400 carros con carbón doméstico o foráneo, 300 carros con coque, 180 con lingote de la Planta de Piedras Negras, 180 con chatarra foránea, 300 de combustible y 300 más con materiales diversos. Al exterior salen 300 carros con hojalata, 600 con plancha, 600 con palanquilla, 150 con alambón y 600 con lámina rolada en frío recortada y en rollo.

Cada mes se transportan a los departamentos de aceración Siemens Martín y B.O.F 72,000 toneladas de chatarra preparada y se retiran 180,000 toneladas de acero, - 80,000 toneladas de escoria y 180,000 de desperdicio.

A los cuatro altos hornos se transportan por mes 132,000 toneladas de arrabio y - 60,000 de escoria. Para complementar lo que llega por bandas se transportan - por otros medios 81,000 toneladas de mineral, 10,000 de cada uno de los siguientes materiales: sinter, coque, dolomita y finos de coque y se retiran 81,000 de finos de retorno de sinter y 21,000 de mineral.

De los desbastadores, molinos, decapados, tijeras, etc. se retiran por mes aproximadamente 30,000 toneladas de rechazo y desperdicio del proceso

Por último, se mueven mensualmente 180,000 toneladas en el acomodo temporal - de materiales que se consumen.

Para cumplir con las exigencias de operación y producción se cuenta con una gran variedad de equipos:

- 12 Locomotoras Diesel eléctricas de 1000 y 2000 H.P.
- 67 Góndolas de 70 toneladas para el acarreo de chatarra.
- 160 Carros especiales para el manejo de moldes y lingotes.
- 22 Plataformas de 50 tons. para transporte de tochas y plancha.
- 8 Carros especiales para acarreo de lámina de chatarra.
- 9 Ollas especiales para el manejo de arrabio líquido.
- 50 Carros tolva para la alimentación de materiales por la vía - elevada.

Estas 328 unidades son exclusivamente para uso interno ; se cuenta además con :

560 carros de ferrocarril para transporte de mineral .

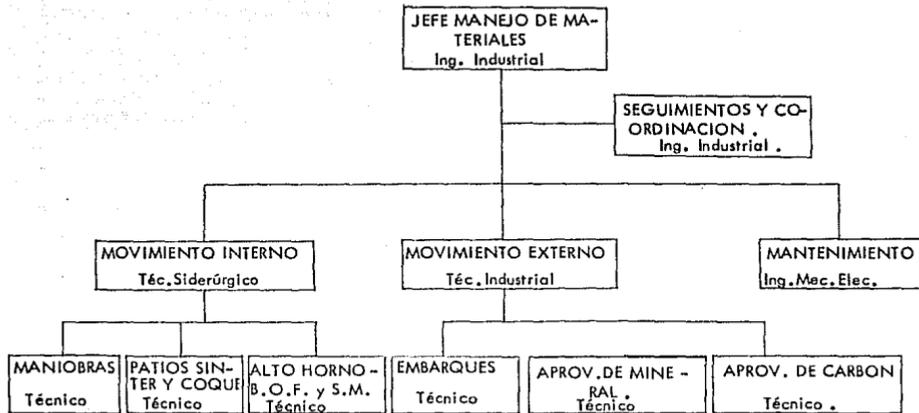
200 carros para carbón .

44 carros para combustible y líquidos .

Estas 804 unidades transitan junto con los ajenos para internar o extraer la carga de-AHMSA . El promedio de carros que entran y salen es de 7,000 al mes .

Para la producción de una tonelada de acero , es necesario abastecer tres toneladas de materias primas , de allí la gran importancia que tiene " Abastecimientos interiores en los distintos campos de producción "

Como idea para ejemplificar el movimiento de materiales , podemos decir que anualmente se mueve carga únicamente por ferrocarril , en un volumen de cinco millones de toneladas .



ORGANIGRAMA DEL DEPARTAMENTO DE MANEJO DE MATERIALES

**B.-BREVE DESCRIPCION DE UN PROYECTO DE AMPLIACION EN UNA EMPRESA SIDERURGICA INTEGRADA.**

**PROYECTO.** - Un proyecto nace cuando se requiere satisfacer ciertas necesidades. - En nuestro caso como la demanda nacional de acero, es mayor que la producción total en el país, es necesario incrementar dicha producción mediante la instalación de nuevos equipos que coadyuven a satisfacer esa demanda, utilizando además todas las experiencias y conocimientos técnicos que se han logrado y se tienen en la Industria Siderúrgica.

Todo proyecto se somete a un proceso del cuál se enumeran a continuación todos los aspectos a tomarse en cuenta. Y son determinantes las decisiones que tome el Ingeniero al respecto para lograr el éxito de los objetivos prefijados.

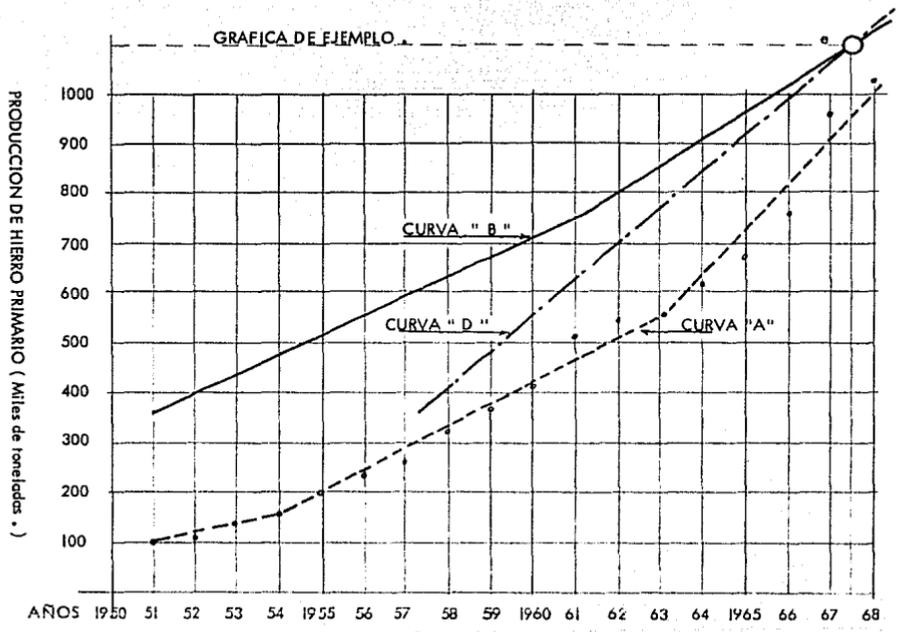
Proceso de un Proyecto:

1.- Predicción de un Proyecto. - Con el fin de satisfacer una o varias necesidades es muy importante poder predecir con tiempo el inicio de un proyecto, pues ésto permitirá no enfrentarse al problema que entraña, la demanda de un producto, mayor que su producción.

Como ejemplo al anterior según la siguiente gráfica, se tienen las curvas (A) y (B) y que son las producciones aproximadas de acero, donde (B) nos da la producción máxima de todo el equipo instalado.

La curva (D) es la curva de demanda, la cuál se intercepte en el punto "e" con la curva (B) que es el punto de equilibrio entre la producción y la demanda.

Como el punto "e" corresponde al año 1968 y ésto quiere decir que de esa fecha en-



adelante la demanda será mayor que la producción , por lo tanto se requiere incrementar la producción para la mencionada fecha .

Esto se logra realizando una ampliación en las instalaciones actuales o con la creación de nuevas plantas . Según lo expuesto puede predecirse un proyecto .

2.- Planeación .- Se considerarán las facilidades con las que se cuenta ( equipo , - tecnología Etc. ) y definir que se requiere según los objetivos .

3.- Factores que intervienen :

- a).- Económico ( Financiamiento )
- b).- Técnico
- c).- Político
- d).- Localización ( materias primas , facilidades del -- gobierno , servicios Etc. )

4.- Especificaciones técnicas del proyecto .- Se deben formular especificaciones -- que se presentarán a las compañías que suministrarán el equipo necesario , para cotización previa . Dichas especificaciones comprenden :

- a).- Capacidad nominal ( de acuerdo con las necesidades . )
- b).- Características físicas y químicas de la materia prima a utilizar para la elaboración del producto .
- c).- Servicios de que se dispone . ( flujos , vías de comunicación , electricidad , Etc. )
- d).- Equipos que no deben de incluirse . ( por no permitirse su importación si - el suministro es extranjero . )
- e).- Equipos de marca determinada . ( Por considerar que ofrezcan un buen servicio. )

5.- Tabla comparativa de las especificaciones que ofrecen las posibles compañías suministradoras . Se pedirá el desglose de los suministros extranjeros en pesos y precios.

En estos puntos el ingeniero tomará en consideración lo siguiente :

- a).- Capacidades nominales de los equipos por separado .

b).- Entrega del suministro ( condiciones ) asi como arreglos generales , diagramas de flujo , información completa de pesos y precios .

c).- Contratos .

6.- Recomendaciones en la realización de un proyecto .

a).- Aprovechar al máximo la ingeniería existente . ( Si hay defectos corregir - los . )

b).- Normalización de los equipos .

c).- Desarrollar la programación del trabajo .( Ruta crítica ) .

d).- Tomar en cuenta la opinión del personal de operación y mantenimiento , - ya que estas personas tienen conocimiento de los problemas que se presen - tan en el funcionamiento de la planta .

e).- Contratar servicios de ingeniería adecuados y que estos trabajen bajo las - normas establecidas .

f).- Realizar las requisiciones de equipo con tiempo para evitar retrasos en el - proceso de construcción y montaje .

g).- Estimaciones correctas de lo que se va a instalar , pues todo estará en fun - ción de lo que se invierte , económicamente hablando .

h).- Procurar buena distribución en la recepción del equipo ( elaborar arreglos generales 100 % a escala para tomar los espacios de que se dispone .

i).- Emplear al máximo los productos que elabora la planta que se va a ampliar.

j).- Realizar un estudio de tiempos y movimientos .

7.- Recomendaciones generales .

Estas recomendaciones se basan en la experiencia más que nada de gente que ha trabajado en proyectos .

- a). - Tener conocimiento desde el inicio del trabajo de las obligaciones que se tienen además de delimitar perfectamente las funciones de cada persona .
- b). - Conservar un orden del trabajo que se realiza .
- c). - Nunca reportar avances de trabajo mayores de los realizados .
- d). - Veracidad en toda información emitida .
- e). - Tomar decisiones prontas .
- f). - Tener siempre en consideración las relaciones humanas .
- g). - Tomar nota de todo lo relacionado directa o indirectamente con el trabajo que se realiza .
- h). - Seguir las normas que se tienen para la industria siderúrgica .

#### 8.- Comentarios .

Tomando en consideración lo anterior ( referido a un proyecto en una siderúrgica ) - la ubicación del ingeniero será de acuerdo a su especialidad , procurando no improvisar personal en áreas que no corresponden a su ramo , esto quiere decir , por ejemplo , que el ingeniero civil intervendrá en lo referente al estudio del terreno donde se instalará la planta , la preparación del mismo y en general en toda la obra civil. Con respecto a la labor que deba realizar el ingeniero mecánico electricista , será de acuerdo a las diferentes especialidades , o sea el ingeniero mecánico , participará con sus conocimientos y criterio en todo lo referente a la cuestión mecánica del proyecto en todos sus aspectos . De la misma manera el ingeniero electricista inter -

vendrá en la cuestión eléctrica ; El ingeniero de control se ocupará en la relación con la instrumentación y control ; el ingeniero industrial tomará parte en la cuestión mecánica , planeación , servicios de ingeniería Etc. Pero siempre tomando en cuenta la estrecha relación que existe entre todas las especialidades y la manera como se complementan , así como la relación de éstas con las demás profesiones ( nó técnicas ) que intervienen en la realización de un proyecto , donde es determinante y más importante la participación del ingeniero mecánico electricista.

La Fig. ( 36 ) muestra la evolución del estudio en la realización de un proyecto .

La facilidad que presenta el proyecto , es que de acuerdo a su planeación , permite desde un principio distribuir al personal de acuerdo a su especialidad , experiencia y capacidad , para que a través de las fases del proyecto se integre un grupo que culmine con el logro óptimo de los objetivos .

Dentro del programa de construcción comprendido en el proyecto de instalación de una nueva planta , este engloba las siguientes etapas :

I.- Preparación del terreno .

- a).- Ingeniería y contrato obra .
- b).- Nivelación del terreno .
- c).- Servicios .

II .- Equipo .

- a).- Ingeniería y contrato .
- b).- Entrega de equipo , materiales , Etc.
- c).- Fabricación estructural

- d).- Obra civil .
- e).- Montaje estructural .
- f).- Instalación de equipos .
- g).- Pruebas y puesta en marcha .

Como ejemplo y siguiendo el programa de construcción e instalación de un alto horno se muestra el diagrama de barras , o diagrama de Gant. de la Fig. ( 38 )

A manera de ejemplo también en el diagrama de la Fig. ( 37 ) se muestra el aumento de producción esperado en base a los proyectos de expansión , que está efectuando - AHMSA en la ampliación de la Siderúrgica No. 2 .

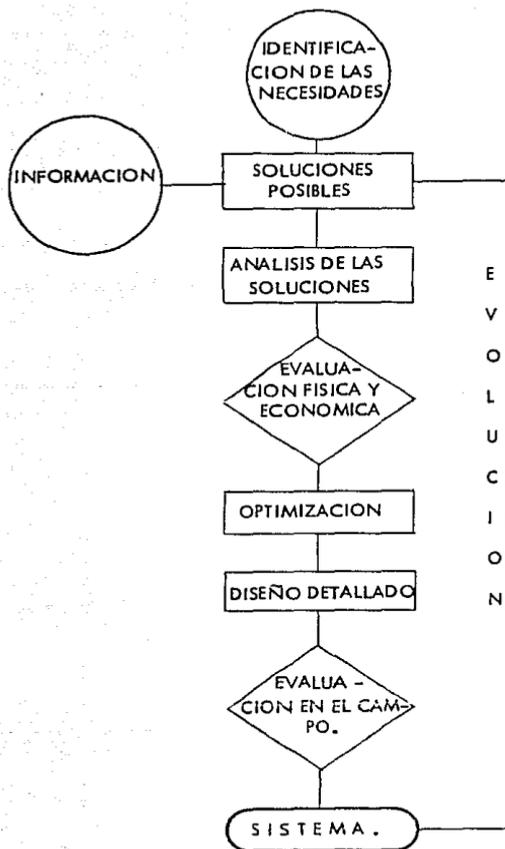
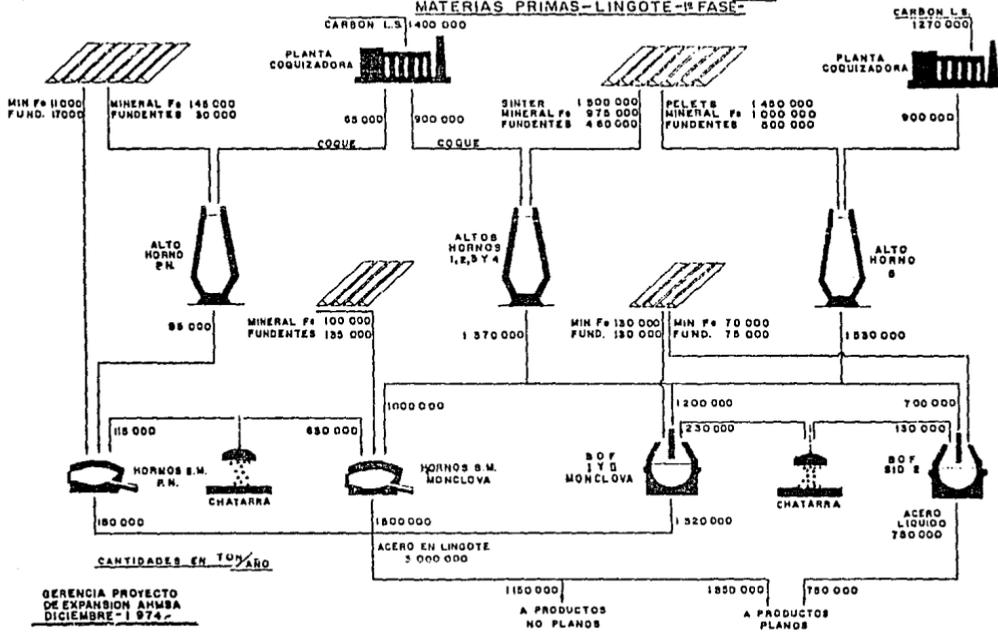


Fig. ( 36 )

Fig. (37) FLUJO DE MATERIALES 3 750 000 TON ACERO/AÑO



PROGRAMA DE CONSTRUCCION E INSTALACION

DIAGRAMA DE GANT, T .

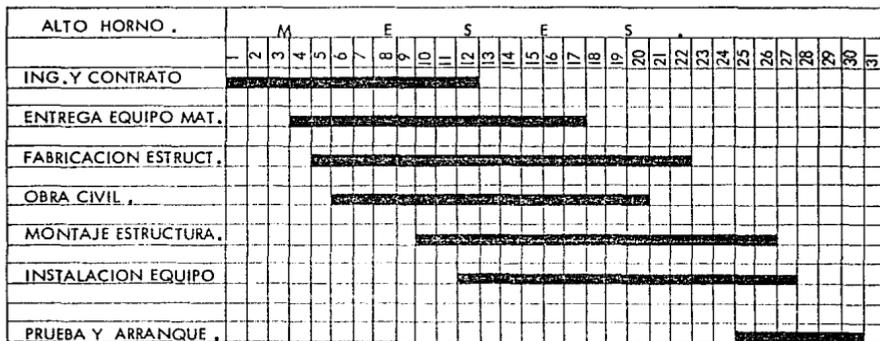


Fig. ( 38 )

## C.- ESTADÍSTICAS COMPARATIVAS .

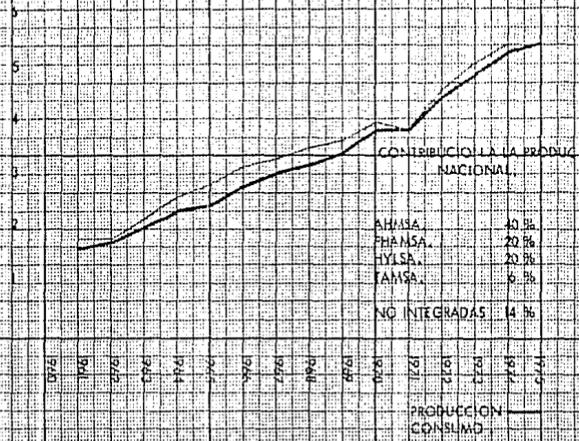
## CAPACIDAD INSTALADA

Millones de toneladas .

	1972	1973	1976
AHMSA .	1.50	2.10	3.76
HYLSA .	0.82	1.16	1.70
FHAMSA .	1.00	1.00	1.65
TAMSA .	0.31	0.36	0.50
SID .L.C. LAS TRUCHAS .	-0-	-0-	1.20
EMPRESAS SIDERURGICAS SEMI-INTEGRADAS .	-0-	1.035	-0-

### PRODUCCION Y CONSUMO DE ACERO NACIONAL.

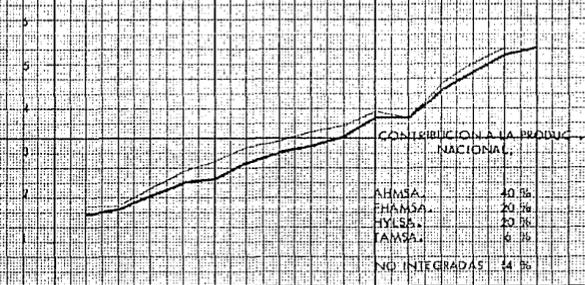
Millones de Ton.



— PRODUCCION  
— CONSUMO

### PRODUCCION Y CONSUMO DE ACERO NACIONAL

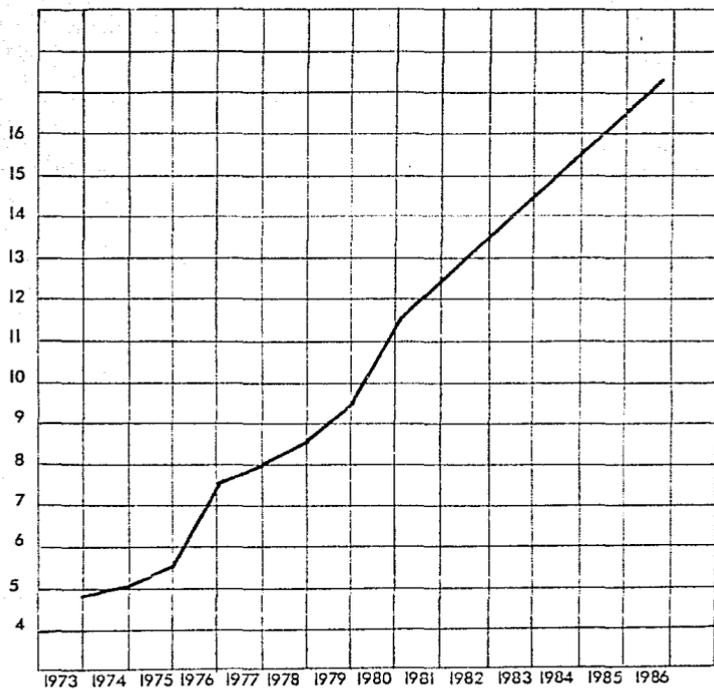
Millones de Tons.



PRODUCCION  
CONSUMO

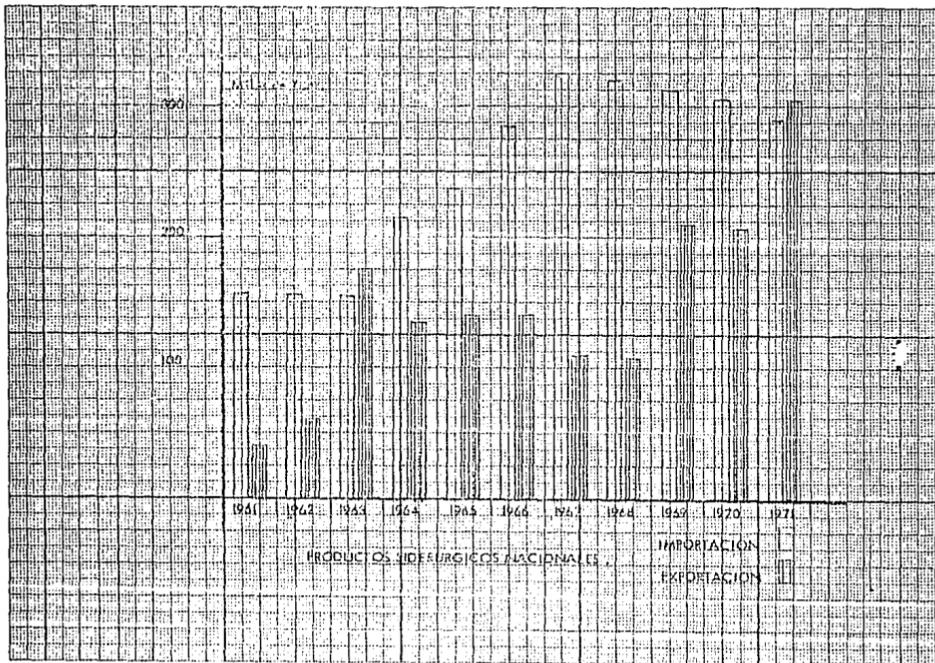
1952 1954 1956 1958 1960 1962 1964 1966 1968 1970

## PRONOSTICO DE PRODUCCION DE ACERO EN INDUSTRIAS INTEGRADAS



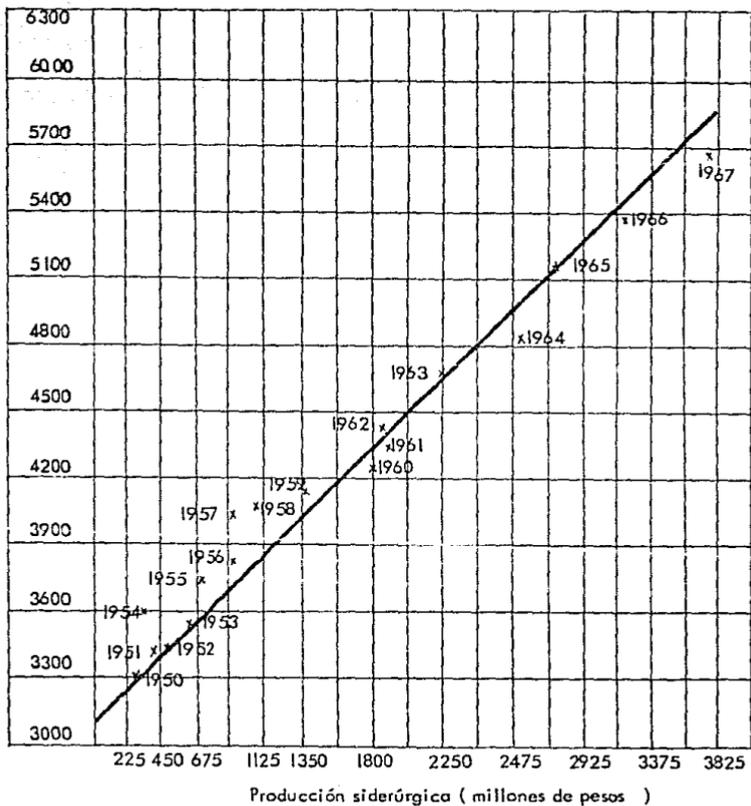
## PRODUCCION EN MEXICO POR LINEA .

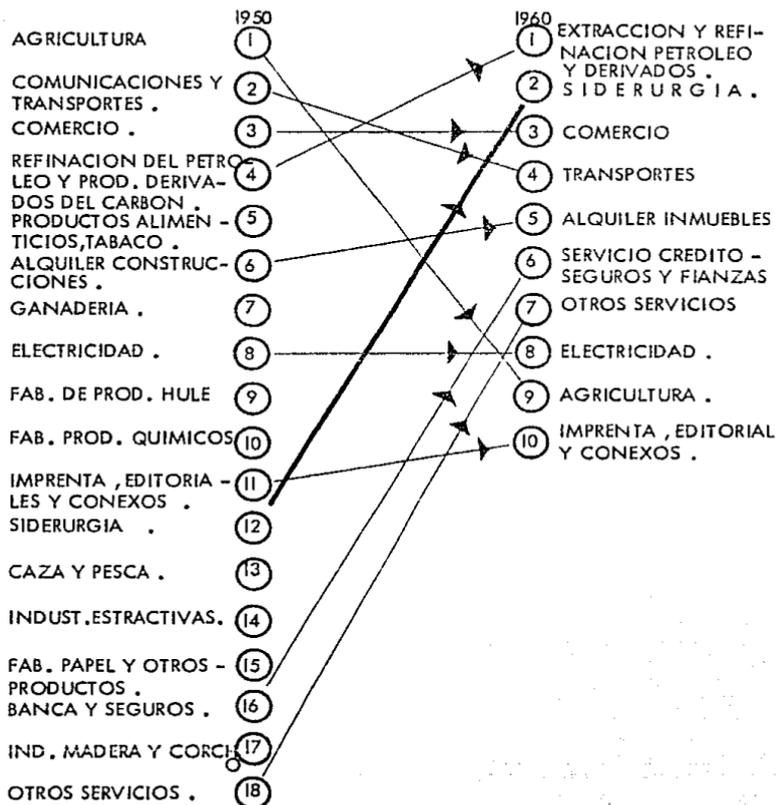
	MILLONES DE TONELADAS			
	1964	1971	1972	1973
MINERAL DE Fe. TODO UNO	3.1	5.6	6.6	6.4
MINERAL DE Fe. BENEFICIADO	1.7	4.1	5.2	4.4
CARBON TODO UNO	2.3	3.2	3.0	4.2
CARBON LAVADO	1.6	1.7	1.7	1.8
COQUE	1.27	1.9	2.3	2.3
SINTER	1.1	2.2	3.2	2.3
ARRABIO	1.6	2.3	2.7	2.7
ACERO	2.6	3.3	4.4	4.8
PLACA Y CINTA	0.52	0.7	0.94	1.00
LAMINAS	0.27	0.5	0.60	0.74
HOJALATA	0.19	0.3	0.40	0.46
TUBERIA	0.06	-0-	-0-	-0-
BILET	0.80	0.80	1.00	1.10
ALAMBRON	0.20	0.26	0.37	0.39
PERFILES CORRUGADOS	0.32	0.16	0.46	0.55
ALAMBRE Y DERIVADOS	0.11	0.20	0.20	0.25



DEPENDENCIA OBSERVADA ENTRE LA PRODUCCION EN  
EL SECTOR SIDERURGICO Y EL INGRESO PER CAPITA NA-  
CIONAL, EN EL PERIODO 1950 - 1967

Ingreso per cápita  
( en pesos )





CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE LA PROMOCION ECONOMICA OCURRIDOS

DE 1950 A 1960

PRODUCCION DE ACERO Y PRONOSTICO DE REQUERIMIENTOS DE CHATARRA EN MEXICO

AÑOS	PRODUCCION DE ACERO INTEGRADO .	PRODUCCION HIERRO PRIMARIO .	CHATARRA PARA ACERO INTEGRADO .	CHATARRA -- FUNDICION DE HIERRO Y ACERO	REQUERIMIENTO TOTAL CHATARRA
1973	4'759,900	2'775,300	1'984,600	404,202	2'388,802
1974	5'026,000	2'930,661	2'095,339	441,022	2'536,361
1975	5'400,000	3'148,740	2'251,260	481,189	2'732,444
1976	7'600,000	4'431,560	3'168,440	525,032	3'693,472
1977	8'100,000	4'723,110	3'376,890	572,815	3'949,705
1978	8'700,000	5'072,970	3'627,030	625,087	4'252,117
1979	9'400,000	5'481,140	3'918,860	682,105	4'600,966
1980	11'600,000	6'763,960	4'836,040	744,237	5'580,277
1981	12'500,000	7'288,750	5'211,250	812,051	6'023,301
1982	13'400,000	7'813,540	5'586,460	885,326	6'471,786
1983	14'400,000	8'326,640	6'003,360	966,849	6'970,269
1984	15'400,000	8'979,740	6'420,260	1'055,014	7'475,274
1985	16'510,000	9'644,474	6'895,526	1'151,325	8'046,851
1986	17'764,000	10'358,188	7'405,812	1'256,323	8'662,135

## EMPRESAS INDUSTRIALES MAS GRANDES DE MEXICO .

	CAPITAL SOCIAL	Miles de pesos . VENTAS NETAS	UTILIDAD NETA .	No. de perso - nas empleadas
PEMEX .	13'422,300	13'600,000	97,800	71,878
TEL - MEX .	3'519,819	2'209,853	232,646	16,975
GUANOS Y FERT.	1'000,000	1'455,824	30,923	4,322
AHMSA .	800,000	2'209,744	91,604	16,542
CIA.FUND.DEF.Y AC. DE MONTERREY . S.A.	708,800	1'287,209	2,286	7,938
CELANESE MEXICANA .	641,500	1'538,555	124,514	6,145
HYLSA .	580,000	864,424	24,646	6,632
TAMSA.	550,000	752,320	35,482	3,364
FORD MOTOR COMP.	525,838	2'284,074	—	6,791
CERVECERIA CUAUHEMOC.	500,000	1'888,927	38,071	4,088

## PRODUCCION MUNDIAL DE ACERO

Millones de toneladas .

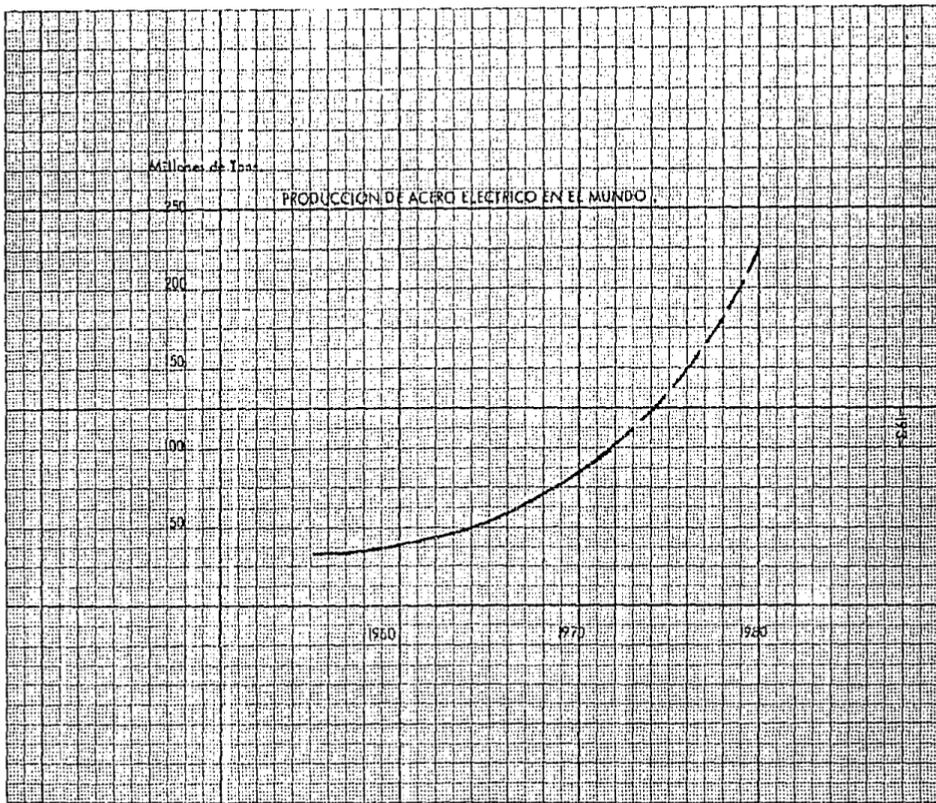
	1960	1970	1971	1972	1973	1974
RUSIA	72.0	116.0	121.0	126.0	131.0	135.0
EE.UU.	99.0	119.0	109.0	121.0	136.0	136.0
JAPON	24.0	94.0	89.0	97.0	119.0	121.5
REP. FED. ALEMANA.	37.6	45.0	40.0	44.0	49.5	56.0
REINO UNIDO	27.0	28.0	24.0	25.0	27.0	23.0
FRANCIA	19.0	24.0	23.0	24.0	25.0	25.5
CHINA	20.0	19.0	21.0	23.0	25.0	28.0
ITALIA	9.0	17.0	17.0	20.0	21.0	24.0
BELGICA	8.0	13.0	12.0	14.0	15.5	15.5
POLONIA	7.4	12.0	13.0	13.0	14.2	15.0
CHECOSLOVAQUIA	7.5	11.0	12.0	13.0	13.2	13.5
CANADA	5.7	11.0	11.0	12.0	13.5	13.5
ESPAÑA	2.1	7.0	8.0	10.0	10.8	12.0
RUMANIA	2.0	6.0	7.0	7.0	8.0	8.0
AUSTRALIA	4.0	7.0	7.0	7.0	7.7	8.0
INDIA	3.6	6.0	6.0	7.0	7.0	7.0
BRASIL	2.0	5.0	6.0	7.0	7.0	8.0
ALEMANIA DEMOC.	4.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.2
HOLANDA	2.0	5.0	5.0	6.0	5.6	5.3
LUXEMBURGO	4.5	5.0	5.0	6.0	5.9	6.9
SUDAFRICA	2.0	5.0	5.0	5.0	5.6	5.7
SUECIA	3.5	5.5	5.5	5.0	5.7	5.0
MEXICO	1.5	3.5	3.5	4.4	4.7	5.3
AUSTRIA	3.5	4.0	4.0	4.1	4.2	5.1
HUNGRIA	2.0	3.0	3.0	3.2	3.3	3.5
YUGOESLAVIA	1.6	2.0	2.0	2.5	2.8	3.0
BELGICA	0.2	2.0	2.0	2.2	2.3	2.3
ARGENTINA	0.3	2.0	2.0	2.0	2.2	2.3
COREA DEL NORTE	0.7	2.0	2.0	2.0	2.9	3.1
OTROS .	-0-	10.0	10.0	11.5	13.3	13.5
TOTAL .		595.4	582.0	628.1	696.0	716.7

## PRINCIPALES EMPRESAS PRODUCTORAS DE ACERO EN EL MUNDO .

( año de 1975 )

Millones de toneladas .

	1972	1973	1974
NIPPON STEEL	33.0	36.0	45.0
U.S. STEEL	27.9	30.6	35.2
BRITISH STEEL	22.9	25.2	27.0
BETHLEHEM STEEL	16.6	18.3	21.0
NIPPON KOKAN	13.4	14.7	16.9
THYSSEN-HUTTE	12.5	13.7	15.8
KAWASAKI	11.3	12.5	14.3
SUMITOMO	11.3	12.1	13.9
ESTEL	11.1	12.0	13.8
ARBED GROUD	11.1	11.9	13.7
FINISEDER	11.0	11.8	13.5
REPUBLIC STEEL	9.4	10.3	12.5
NATIONAL STEEL	8.9	9.8	11.0
USINOR	8.1	8.9	10.5
ARMCO STEEL	7.6	8.3	10.2
INLAND STEEL	7.0	7.7	10.0
BROKEN HILL	6.8	7.5	9.7
JONES & LAUGHLIN	6.7	7.5	9.5
KOBE	5.8	6.4	9.0
STELCO	4.6	5.1	8.1
HINDUSTAN STEEL	4.0	4.4	7.6
KRUPP	3.9	4.4	5.3
KLOCKNER -WERKE	3.0	3.1	5.0
SOLLAC	2.9	3.0	4.1
DOMINION FONDRIES	2.5	2.7	3.5
KAISER STEEL	2.2	2.4	3.2
ALTOS HORNOS DE VISCAYA	2.0	2.2	3.0
ALTOS HORNOS DE MEXICO	1.8	1.88	2.17
TATA .	1.7	1.87	2.00



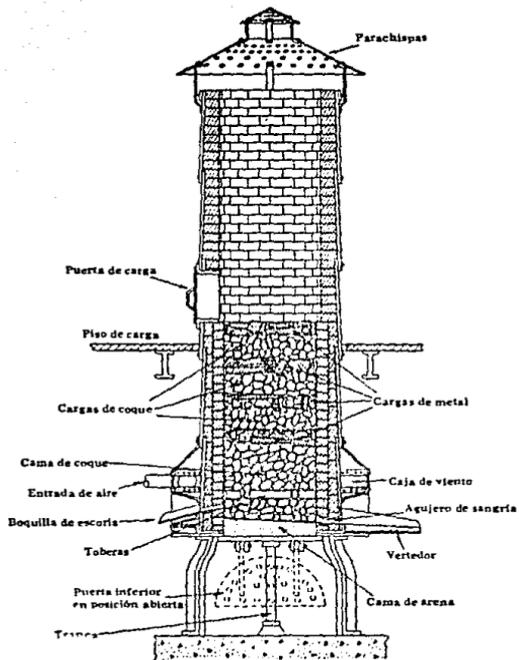
## CAPACIDAD INSTALADA PARA ACERIA ( EMPRESAS EN AMERICA LATINA)

		Millones de toneladas.	
		1972	1973
ARGENTINA .			
	ALTOS HORNOS ZAPLA	0.15	0.21
	SOMISA .	1.10	1.54
BRASIL .			
	ACESITA .	0.22	0.38
	CBUM .	0.05	0.07
	CSBM .	0.70	0.98
	COSIM .	0.18	0.25
	SCM .	0.45	0.63
	SCN .	1.47	2.05
	PAINS .	0.04	0.05
	COSIPA .	0.60	0.84
	LAFERSA .	0.03	0.04
	LANAZI, S.A.	0.04	0.04
	BARRA MANSA .	0.11	0.15
	ALIPERTI .	0.15	0.21
	USIMINAS .	0.97	1.35
COLOMBIA .			
	PAZ DEL RIO .	0.25	0.35
CHILE .			
	CAP .	0.65	0.70
MEXICO .			
	AHMSA.	1.5	2.1
	FFAMSA.	1.0	1.0
	HYLSA .	0.82	1.20
	TAMSA .	0.31	0.37
PERU .			
	SIDERPERU	0.25	0.20
VENEZUELA			
	SIDOR .	0.85	1.19

## POSICION DE MEXICO ( EN PRODUCCION )

## AMERICA LATINA .

PAIS	1970			1971			1972			1973		
	LINGOTE	LAMINADO	M. HIERRO									
BRASIL	5.39	4.30	35	6.0	4.5	37	6.5	5.2		7.2	5.56	
MEXICO	3.80	2.80	2.6	3.8	3.1	2.9	4.4	3.6		4.8	3.75	
ARGENTINA	1.80	2.1	-0-	1.9	2.07	-0-	2.2	2.2		2.2	2.5	
VENEZUELA	1.90	0.52	22	0.9	0.53	20	1.2	0.58		1.1	0.6	
CHILE	0.60	0.43	11	0.6	0.51	11	0.6	0.50		0.6	0.4	
COLOMBIA	0.30	0.3	-0-	0.3	0.31	-0-	0.4	0.29		0.4	0.3	
PERU	0.10	0.07	13	0.2	0.11	13	0.2	0.15		0.4	0.2	
C. AMERICA .	0.007	0.04	-0-	.009	0.04	-0-	.006	0.04		0.01	0.05	



Corte longitudinal de un cubilote

FIG. (39)

## CAPITULO IV .- EMPRESA NO INTEGRADA .

### A.- PROCESOS .

#### I.- HORNO DE CUBILOTE .

Para la obtención de hierro gris en las fundiciones pequeñas , se dispone de los hornos llamados de cubilote .

Las partes principales de un horno de cubilote se pueden observar en la Fig. (39) .'

Su constitución es simple , consistiendo de un tubo cilíndrico vertical recubierto interiormente con material refractario . Tiene dispuesto en la parte interior una entrada de aire para introducir la cantidad necesaria por medio de un ventilador .

Todo el horno de cubilote descansa sobre una placa circular que es soportada mediante cuatro columnas dispuestas previendo la caída libre de las puertas bisagradas . --

Estas puertas se sujetan en posición vertical durante la operación del horno .

La puerta de carga se localiza generalmente a la mitad de la cubierta vertical y el resto del horno hacia arriba queda libre a excepción de la pantalla metálica para chispas o chimenea . Las aberturas para introducir el aire a la cama de coque se conocen con el nombre de toberas . Comúnmente se tiene solo una serie de toberas en una circunferencia que rodea a la pared ( algunos hornos de cubilote tienen hasta --

dos hileras) . Las toberas en forma cónica tienen el diámetro mayor en el interior del horno provocando que la entrada del aire sea de una manera uniforme . La distribución de estas toberas es bastante precisa y su número es de acuerdo al diámetro del horno , pudiendo ser desde cuatro hasta ocho ó más . Las aberturas de las toberas se encuentran aproximadamente a 52 cms. arriba de la cama de arena del cubilete y varía de acuerdo a , si la operación es continua o intermitente . Opuesta a cada tobera se encuentra una ventana con mica ( mirilla ) de tal forma que durante la operación del horno se puedan realizar inspecciones directas de la carga .

El aire es suministrado por un ventilador centrífugo y de desplazamiento positivo . En la parte inferior del horno , se encuentra una abertura por la cual fluye el metal hacia la olla u otro vertedor y se le conoce con el nombre de agujero de sangría o piqueta de hierro . Opuesto al vertedor de colada o piqueta de hierro se encuentra otro vertedor en una parte más alta que es la piqueta de escoria , localizándose un poco abajo de las toberas para evitar que la escoria obstruya la entrada del aire y al mismo tiempo evitar el enfriamiento de la misma escoria .

#### OPERACION .

a).- La primera operación es limpiarlo de escoria y desperdicios que se encuentran en todo el cilindro interior .

b).- La reparación del refractario se realiza con una mezcla húmeda de arcilla fina y de arena de sílice , o arcilla refractoria , reparando paredes y piso , logrando que este quede con una pendiente hacia el vertedero .

c).- El encendido puede ser manual , utilizando leña , aceite o gas . Se utili-

za suficiente cantidad de leña y coque abriendo completamente todas las toberas y empleando el tiro natural , después de dos y media horas a tres , se obtendrá el primer metal fundido .

d).- La presión y su control es otro factor que se encuentra relacionado con la cama de coque , ya que una presión alta requiere de una cama alta de coque . La cama varía entre 51 y 127 cms . arriba de las toberas .

e).- La carga de arrabío y chatarra se realiza una vez que la cama de coque se ha encendido totalmente . Las cargas se realizan alternadas y en una proporción en peso de uno a ocho coque- hierro , pudiendo variar de acuerdo al poder calorífico del coque , tamaño de la chatarra de hierro y temperatura del metal fundido .

Cuando se tienen periodos largos de trabajo , se emplean materiales fundentes , teniendo como propósito el de eliminar impurezas en el hierro fundido , protegerlo de la oxidación y hacer una escoria fluída .

Como fundente para el horno de cubilote se pueden utilizar la caliza , el espato fluor , la ceniza de sosa (  $\text{Na}_2 \text{CO}_3$  ) , los que se colocarán sobre cada carga de coque , con una relación de 34 Kg. de piedra caliza por tonelada de hierro .

Después de cargado el cubilote , se mantiene el hierro a calor constante durante 45 minutos aproximadamente , después de los cuales se pone el aire a funcionar durante unos cuantos minutos hasta que se observe que el metal fundido se empiece a acumular en el crisol . El aire se regula posteriormente y el agujero de sangrado de hierro se tapa hasta que se acumule suficiente material fundido en el cubilote .

Durante el funcionamiento del horno , este deberá permanecer lleno hasta la puerta

de carga , añadiendo cargas sucesivamente y tan pronto exista espacio para el efecto .

f).- Sangrado . Para realizar el sangrado de la carga se abre el agujero de -- sangría , dejando que fluya el metal fundido hacia el recipiente preparado expreso ( o hacia un horno eléctrico en el sistema duplex . ) volviendo a tapar el orificio de sangrado con un tapón llamado larba , en cuanto el horno ha sido descargado e iniciándose un nuevo ciclo .

g).- Apagado . Al final de la operación de sangrado una vez vacío el horno de cubilote se cierra el aire y se retira la estaca o dispositivo que sujeta a la puerta del fondo , permitiendo que los restos del cubilote caigan hasta el piso . La masa de hierro caliente , escoria y coque se deberán enfriar con un baño de agua tan pronto como sea posible y retirándola de la parte inferior del horno .

La cantidad de aire para la fusión del hierro es variable y teóricamente se calcula -- que se requieren  $7 \text{ m}^3$  con presión de  $1 \text{ Kg./ cm}^2$  y a 25 grados centígrados para consumir  $1 \text{ Kg.}$  de carbón de coque .

La presión está en función de varios factores , como son : Diámetro del horno , compactación de la cama , tipo de hierro a fundir y temperatura deseada .

El uso del ventilador del desplazamiento positivo es el más utilizado ya que proporciona volúmenes constantes de aire , independiente de las condiciones del horno de cubilote .

La eficiencia de un cubilote se puede mejorar con el precalentamiento del aire mejorando la rapidez de fusión y logrando una economía de combustible .

VENTAJAS Y LIMITACIONES .

El horno de cubilote se ha utilizado satisfactoriamente durante muchos años , debido a su construcción tan simple , lo económico de su funcionamiento , su alta producción y mantenimiento mínimo .

Una de sus limitaciones es la de que al fundir el metal en contacto con el combustible , la carga líquida adquiere algunos elementos en tanto que otros se pierden, afectando ésto al análisis final requiriéndose por lo tanto una regulación muy precisa del horno de cubilote .

Los colados de hierro especial son muy difíciles de controlar en el proceso del horno de cubilote como también es difícil mantener un control preciso de temperatura . Recurriéndose en ocasiones al proceso duplex , que consiste en adicionar un horno eléctrico de arco al número de cubilotes disponibles . La finalidad del horno eléctrico de arco es : Tener un control más preciso sobre el análisis químico del metal así como también sobre su temperatura .

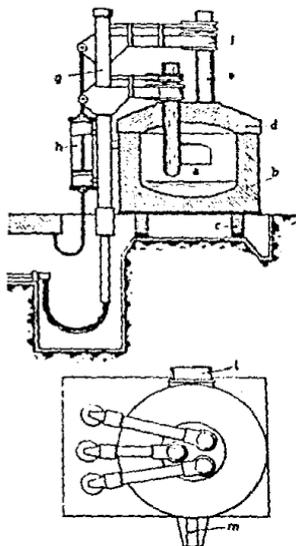


FIG. 230. — Horno de fusión de arco directo trifásico. *a* es el crisol o laboratorio revestido de refractario; *b* es con las guías para la inclinación del horno; *c* es la bodega; *d* son los conductores; *e* son los portaelectrúdos; *f* son las guías de guía de los portaelectrúdos; *g* son los servomotores hidráulicos; *h* los conductores de energía; *i*, el portillo de trabajo; y *m*, la piqueta de salida.

## 2.- HORNO ELECTRICO DE ARCO .

Los hornos eléctricos de arco están formados por una cuba de placa de acero y revestida de material refractario , provista de electrodos de grafito o de carbón amorfo .

Existen tres tipos de hornos eléctricos de arco , cuyas principales características son las siguientes :

a).- Horno de Stassano .- Este tipo de horno es el más antiguo y casi obsoleto. El arco eléctrico no pasa a través del baño , sino que salta entre los electrodos . Tiene un sistema basculante y debido al balanceo , reparte uniformemente el calor acumulado en el refractario . Estos hornos son monofásicos siendo de capacidad variable,, desde 20 hasta 250 Kg. La operación de estos hornos tiene una duración de aproximadamente 60 minutos .

b).- Horno Girod .- El arco eléctrico en estos hornos se cierra entre los electrodos y el baño a través del cual pasa la corriente . Estos hornos tienen el inconveniente de que la solera debe ser conductora , generalmente construída con ladrillo de magnesita , resultando frágil , por lo que ha caído en desuso .

c).- Horno Heroult .- En este horno el arco eléctrico salta entre los electrodos y el baño . Son los hornos más empleados y aunque se construyen monofásicos , generalmente son trifásicos . Sus electrodos están dispuestos verticalmente y en los vértices de un triángulo equilátero .

Este tipo de horno es el más utilizado en la fabricación de aceros y por consecuencia en la mayoría de las empresas no integradas .

Estos hornos están formados por una cuba de acero de forma cilíndrica , recubierta en

su interior por un recubrimiento refractario ácido o básico .

La cuba esta provista de tres aerturas , una para la colada provista de una piqueta,- otra diámetromente opuesta que es la piqueta de escoria y carga de adiciones y generalmente existe otra abertura perpendicular al eje de las anteriores que se utiliza como puerta de trabajo .

El horno se encuentra cerrado herméticamente por una bóveda la cual esta atravesada por los electrodos , a través de los orificios ajustados por camisas refrigeradas con agua .

La bóveda está generalmente revestida de ladrillos de sílice o silicoaluminosos .

Estos hornos se cárgan comunente por la parte superior , retirando la bóveda . El material utilizado puede ser chatarra , pedacería en varios tamaños , paca y en ocasiones escama , mineral de hierro o arrabio de alto horno .

Los electrodos utilizados actualmente son de grafito . En la mayoría de los casos es un grafito artificial preparado con antracita de bajo contenido de cenizas y alquitrón , moldeados en forma cilíndrica grafitados a una temperatura de 2200 °C .

El sistema de alimentación eléctrica en estos hornos , esta formado por un transformador cuyo primario está conectado a la red de alta tensión . La potencia de estos hornos ha venido en aumento . Así en el año de 1954 un horno de 60 Tons. y 5,200 mm de diámetro se equipaba con un transformador de 15,000 K.V.A. , mientras que en el año de 1960 se tiene que el mismo horno se alimenta con un transformador de 18,000 K.V.A.

Evidentemente , cuanto más alta sea la potencia eléctrica de un horno , menor será -

el tiempo de operación de éste , y por añadidura menores las pérdidas por radiación , menor el consumo de energía eléctrica por tonelada . La intensidad y la tensión es -- mayor y más fácil la formación del arco , mayor la longitud entre los electrodos y el baño , poniendolos a salvo de roturas producidas por la agitación o salpicaduras de la carga .

Un horno eléctrico consta de varias secciones la cuales se recubren con diferentes tipos de refractarios de acuerdo a las sollicitaciones térmicas a las que estan expuestas ; ejemplo : El piso del horno estará cubierto con tabique de magnesita calcinada y en la parte superior del piso con polvo de magnesita apisonando enérgicamente y dando la forma adecuada para mantener la capacidad del horno .

El estadió del horno junto con las paredes estarán recubiertas de ladrillo refractario como-magnesiano con características esenciales para resistir los ataques que impone el metal ( temperatura , peso , escoria , Etc. )

La bóveda se recubre con tabiques silico-aluminosos esencialmente resistentes a los cambios bruscos de temperatura . El canal de la colada será recubierto con tabique de arcilla y barro refractario . La profundidad del canal estará en función del orificio de salida del acero .

Es importante que la humedad al hacer los recubrimientos se elimine , ya que producen en el metal exceso de gases .

### 3.- HORNO DE INDUCCION .

Dentro de los hornos de inducción se distinguen dos tipos , los de baja frecuencia con nucleo magnético y los de alta frecuencia sin nucleo magnético .

Hornos de Baja Frecuencia ( escala industrial ) .- Estos hornos están compuestos por un canal que forma un circuito metálico cerrado que desemboca en una cámara de fusión de mayor capacidad .

El canal envuelve un nucleo de hierro que es excitado por medio de una espiral , las líneas de fuerza inducidas se transmiten al anillo metálico ( sólido o líquido ) y la energía absorbida se transforma en calor según la ley de Joule .  $W = I^2 R$  donde :

$$I = V / R$$

Por lo tanto también  $W = V^2 / R$

$$I = \text{Amperes en el anillo .}$$

$$R = \text{Resistencia del anillo y de la carga .}$$

En la Fig. ( 40 ) se muestra un horno de este tipo . Al poner el horno en marcha , el canal se encuentra lleno de material metálico sólido en íntimo contacto para cerrar el anillo . Primeramente se funde el contenido del anillo , ( sección más estrecha ) y luego poco a poco , se propaga la fusión de toda la carga . La mezcla del líquido queda favorecida por la acción electrodinámica de la corriente .

Para facilitar las coladas subsiguientes , conviene dejar una cierta cantidad de metal líquido en el fondo del horno , de forma que el canal esté siempre lleno . Inconveniente que ha sido aceptado en la mayoría de las industrias que utilizan este sistema . Dentro de este tipo de hornos uno muy usual es el que se presenta en la Fig. ( 41 ) ( tipo Ajax ) .

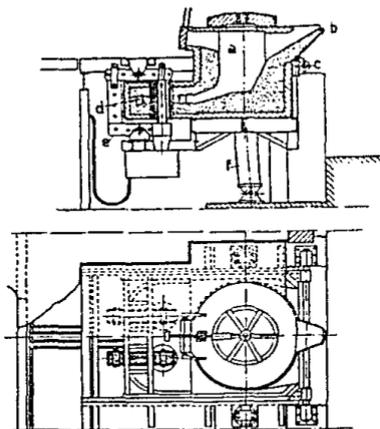


Fig. ( 40 )

La limpieza del canal en este tipo de hornos se ha hecho un tanto difícil por lo que han sufrido modificaciones y se les han añadido dos cámaras , una para la carga y otra para la descárga . Fig. ( 42 ) , así :

a).- Se eliminan tiempos improductivos al mantener la temperatura del metal constante en la cámara de descárga .

b).- El metal de la cámara de descárga está siempre limpio , porque la escoria permanece en la cámara de carga .

c).- Emplean corriente monofásica si son de poca cavidad y trifásica si son grandes .

d).- Las pérdidas por oxidación son mínimas y el funcionamiento resulta

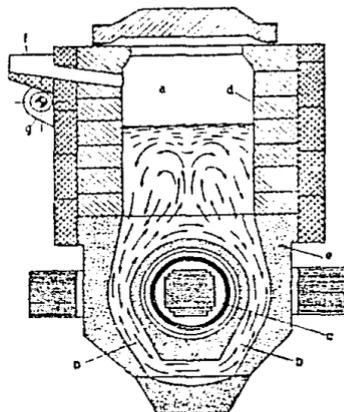


Fig. ( 41 )

económico .

e).- El recubrimiento es variable dependiendo del tipo de material a fundir .

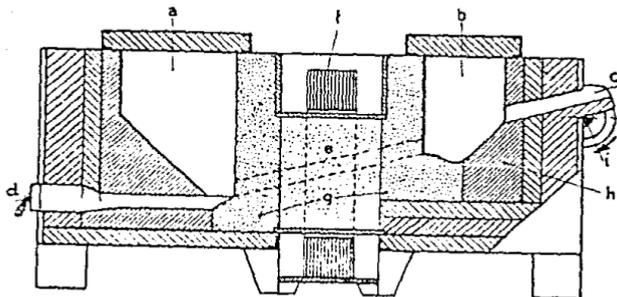


Fig. ( 42 )

El horno de baja frecuencia no puede alcanzar las temperaturas necesarias para fundir el acero , por lo que se emplea comunmente en fundiciones de hierro gris .

El consumo de corriente para fundir una tonelada de hierro colado es de 600 a 700 — KWH .

Hornos de Alta Frecuencia .- Estos hornos de inducción sin nucleo se basan en la ley física según la cual los cuerpos metálicos sometidos a la acción de un campo magnético de corriente alterna se calientan tanto más , cuanto más intenso es el campo magnético y cuanto más elevada es la frecuencia .

Están constituidos por una espiral cilíndrica de tubo de cobre de sección rectangular o cuadrada , dentro de la cual va instalado un crisol que contiene el metal que se ha de fundir . Fig. ( 43 ) .

Por efecto del campo magnético generado por la espiral se induce una corriente a la

masa metálica y la energía eléctrica absorbida se transforma en calor . El refractario no impide la acción del campo magnético .

Se emplean de 500 a 3000 Hz., pudiendo llegar hasta 20,000 en comparación con -- los hornos de baja frecuencia que trabajan de 42 a 50 Hz.

En los hornos de tipo industrial la corriente de alta frecuencia es obtenida con grupos motor-alternador de alta frecuencia .

El revestimiento del horno se forma con una masa de granalla de cuarsita que se hace plástica con la adición de caolín . Se debe poner gran cuidado al efectuar el revestimiento que le sigue , que será muy lento para evitar resquebrajaduras .

La capacidad de esta clase de hornos puede variar desde unos pocos Kgs. hasta 12 Toneladas , con potencias que alcanzan los 2000 KW . y frecuencias de 500 a 600 Hz .

Los hornos de inducción de alta frecuencia poseen notables ventajas : Su producción es de gran calidad , con oxidaciones muy reducidas y análisis constantes . Se obtiene también la supresión de los electrodos , una economía en los gastos de funcionamiento y un menor consumo de energía eléctrica . Sin embargo , los gastos de instalación son elevados por lo que se emplean particularmente en fundiciones de aceros especiales , de aleaciones de hierro colado y a menor escala en fundiciones de hierro gris .

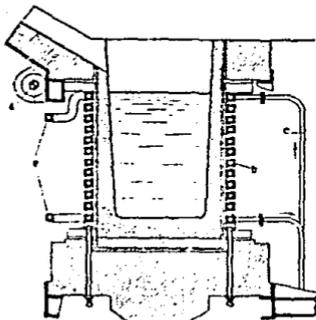


FIG. 262. — Horno de inducción de alta frecuencia. El crisol *a*, de refractario apisonado, está rodeado de la espiral *b*, de cobre, de sección cuadrada hueca, que puede ser enfriada con agua procedente de la cabeza *c*. La espiral con los conductores *e* está conectada a la red. Para efectuar la colada se hace girar el horno (por ejemplo, hidráulicamente) sobre el perno *d*.

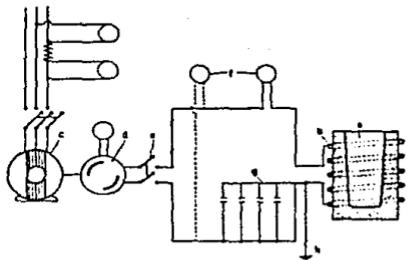


FIG. 261. — Esquema de instalación para horno de alta frecuencia. La línea trifásica alimenta el motor e del grupo convertidor que hace funcionar el atenuador de alta frecuencia *d*. El crisol *a* está rodeado por la espiral *b*, alimentada por la corriente monofásica del convertidor. En *e* hay un interruptor para conectar el horno; en *f*, los instrumentos de medida (voltímetro y amperímetro); en *g*, la batería de los condensadores; *h* es la puesta a tierra.

Fig. (43)

#### 4).- METODOS DE MOLDEO .

- 1.- Molde de arena verde .- Se utiliza arena húmeda y es el más utilizado en las fundiciones .
- 2.- Moldes de superficie seca .- Los moldes se preparan con arena y a - glutinantes especiales alrededor del modelo y a una profundidad de 12 mm . llenando el resto del molde con arena verde común .
- 3.- Moldes de arena seca .- Estos moldes se hacen con arenas muy gruesas y en su totalidad el molde estará seco evitando así formación de gases .
- 4.- Moldes de arena negra .- Estos moldes formados con arena negra -- son de grandes dimensiones . La arena negra es de recuperación de moldes rotos , ya utilizados una o varias veces .
- 5.- Moldes de  $CO_2$  .- En este proceso la arena limpia se mezcla con - silicato de sodio , la cual una vez apisonada se alimenta con  $CO_2$  - a presión , endureciendo el molde .
- 6.- Moldes metálicos .- Son utilizados en el colado de matrices obteniéndose superficies tersas y precisas .

#### 5).- TIPOS DE MOLDEO .

- 1.- Moldeo en banco .- Se utiliza para trabajos pequeños sobre un banco adaptado a la altura del operario .
- 2.- Moldeo en piso .- Se utiliza para piezas de grandes dimensiones y - se realiza en el piso de la fundición .

3.- Moldeo en pozo .- Es utilizado para el moldeo de piezas grandes - o largas , ejemplo rodillos para laminación .

4.- Moldeo en máquina .- Usado para piezas desde tamaño pequeño y - en serie hasta tamaños medianos ( 500 Kgs. ) .

Equipos Mecánicos de Moldeo .- Las máquinas han venido a eliminar muchas operaciones tediosas en el proceso de moldeo , y existen tipos variados de estas entre las que se describen las siguientes :

a ) .- Máquinas de percusión .- Las máquinas de percusión , están equipadas con pernos ajustables para elevar las cajas de moldeo permitiendo el uso de cajas de diferentes tamaños dentro de la capacidad de la máquina . La acción rápida y repetida del levantamiento de las cajas provoca que la arena húmeda se compacte alrededor del modelo . Las máquinas de moldeo por percusión manejan una parte de la caja cada vez uniéndose las dos partes posteriormente ,( tapa y base ) .

b ) .- Máquinas de prensado .- Estas máquinas tienen como función comprimir la arena dentro de la caja de moldeo realizándose esta operación , por medio de una placa en la parte superior de la máquina y un pistón neumático en la parte inferior . La mayor densidad del molde se obtendrá en el lado sobre el cual se aplica la presión , por esta inconveniencia estas máquinas están limitadas a moldes de pocos centímetros de espesor .

c ) .- Máquinas de percusión-prensado .- Este tipo de máquinas es la combinación de las dos anteriores . La acción de percusión , apisona la arena en la base , se voltea el conjunto llenando la otra mitad con arena y aplicando presión al molde . La placa de coincidencia se hace vibrar , después de lo cual se retira de la-

base .

d).- Apisonadora de chorro .- El apisonado uniforme en un molde es -- una operación importante en la producción de piezas coladas . Esta se realiza con un dispositivo mecánico que se ha desarrollado actualmente , conocido como apisonadora de chorro . ( Sandslinger ) . El suministro de la arena se lleva a un depósito de --  $10\text{ m}^3$  aproximadamente alimentado por medio de bandas . Estas máquinas tienen una capacidad mayor que las anteriores , pudiendo producir piezas con un peso promedio -- de 500 Kg.

Corazones .- Cuando en una pieza se requiere que tenga alguna cavidad , deberá in -- troducirse en el molde un corazón de arena . Un corazón se define como cualquier -- proyección dentro del molde , y este corazón puede estar formado del mismo molde o ser una pieza separada de éste .

Para la fabricación de los corazones se tendrán depósitos de arena y molinos especia- -- les similares a los utilizados en los departamentos de moldeo .

Los corazones pueden ser de arena verde o de arena seca . Los corazones de arena -- verde formarán parte del mismo molde , mientras que los de arena seca , se fabrica -- ran separadamente homeandose .

La resistencia , la porosidad y la permeabilidad de los corazones son propiedades im- -- portantes a tomar en consideración para la obtención de piezas de buena calidad . --

Para lo que es recomendable hacer pruebas de arena en el laboratorio .

Es conveniente utilizar en la producción de corazones el proceso de caja caliente -- ( shell core ) si la producción es en serie , ya que su alta producción y calidad aba --

ten los costos , sin embargo aún es muy usual la fabricación de corazones en forma - manual y en cajas fabricadas en pequeña escala , esto claro , por la cantidad baja - de piezas a producir y por su diversidad .

#### 6).- HORNOS DE TRATAMIENTO TERMICO .

Tratamiento térmico es la operación de calentar y enfriar un metal en estado sólido - para modificar sus propiedades físicas . De acuerdo con el procedimiento ut lizado , el acero se puede hacer duro para que adquiera mayor resistencia al corte y abrasión , o se le puede transformar en blando para maquinarlo con mayor facilidad .

Con un tratamiento térmico adecuado se eliminan esfuerzos internos , se reducen ta - maños de grano , se aumenta la resistencia o puede endurecerse la superficie de las - piezas conteniendo un núcleo flexible .

Para realizar un tratamiento térmico se deberá conocer de antemano el análisis químico del material a tratar , ya que los pequeños porcentajes de algunos elementos pue - den cambiar notablemente las propiedades físicas del material .

Para realizar un tratamiento térmico se cuenta con hornos diseñados de acuerdo a las - necesidades , de aquí que existan en formas variadas y capacidades diferentes . Estos hornos utilizan combustibles diferentes , como gas natural , diesel , combustóleo Etc. El tiempo de tratamiento térmico dependerá de las especificaciones requeridas y del - espesor de la pieza .

Un horno de tratamiento térmico puede ser de placa comercial y recubierto con mate - rial refractario disponiéndose además d dispositivos auxiliares adjuntos al horno como son : Tanques de templado , o áreas de enfriamiento de las piezas .

### 7).- LIMPIEZA DE PIEZAS FUNDIDAS .

Posterior al tratamiento térmico de las piezas , estas seran terminadas para proporcionarles una mejor apariencia superficial contandose para el efecto con cámaras de limpieza de diferentes diseños , y esmeriles de variados tipos .

Las cámaras de limpieza son dispositivos que trabajan con granalla de acero , la que es lanzada a presión hacia la superficie de las piezas , en el común de los casos estas son suspendidas en ganchos dispuestos en una cadena sinfin .

El esmerilado directo es otro de los procesos de limpieza , se efectúa con esmeriles - neumáticos , eléctricos de columpio y manuales .

Este proceso de las piezas de fundición tienen gran importancia en cada empresa , ya que la calidad de la pieza puede manifestarse por su buen acabado .

### 8).- CONTROL DE CALIDAD .

En toda industria la calidad de los productos es preocupación constante , razón por la cual es necesario contar con un departamento que inspeccione todos los procesos - y materias primas que intervienen en ellos .

La calidad de un producto es difícil de definirse en forma absoluta y solo puede concretarse en función de su utilización . Aquel material que cumpla satisfactoriamente en su cometido , puede decirse que es de una calidad adecuada y suficiente . Por tanto se ve que un servicio de calidad en una fábrica debe de actuar en las siguientes direcciones :

a).- Conocer y concretar las exigencias del cliente .

b).- Fijar acciones en el proceso de producción para tener la confiabi-

lidad del producto que requiere el cliente .

c ).- Controlar la materia prima a lo largo del proceso para asegurar --  
un producto final dentro de las especificaciones requeridas .

d ).- Hacer pruebas en el campo metalúrgico si son necesarias , de las  
materias primas y los productos que con ellas se realizan .

## B. - ESTADISTICAS COMPARATIVAS .

## DISTRIBUCION DEL CONSUMO DE ACERO POR INDUSTRIAS

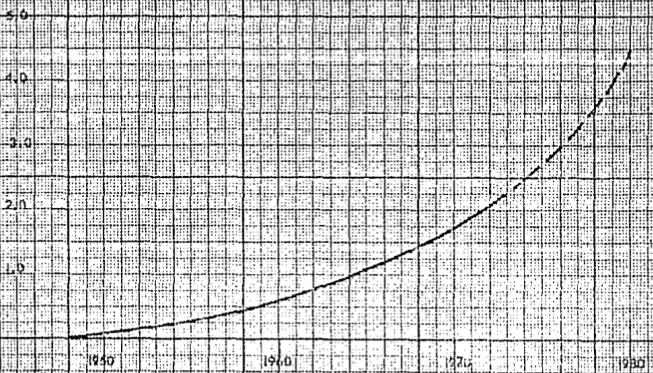
INDUSTRIA .	CANADA EE.UU.	MEXICO .
FERROCARRILES .	37.3 %	62 %
SIDERURGIA .	4.3 %	12 %
INDUSTRIA CEMENTERA.	0.5 %	1.54 %
INDUSTRIA AZUCARERA .	0.1 %	3.8 %
MINERIA .	7.4 %	2.55 %
MAQUINARIA DE CONSTRUCCION.	10.4 %	6.30 %
TRACTORES Y GRUAS .	3.2 %	1.50 %
VALVULAS Y EQUIPO PETROLERO.	5.0 %	0.73 %
RODILLOS LAMINADORES .	2.9 %	2.63 %
OTROS .	28.9 %	6.95 %

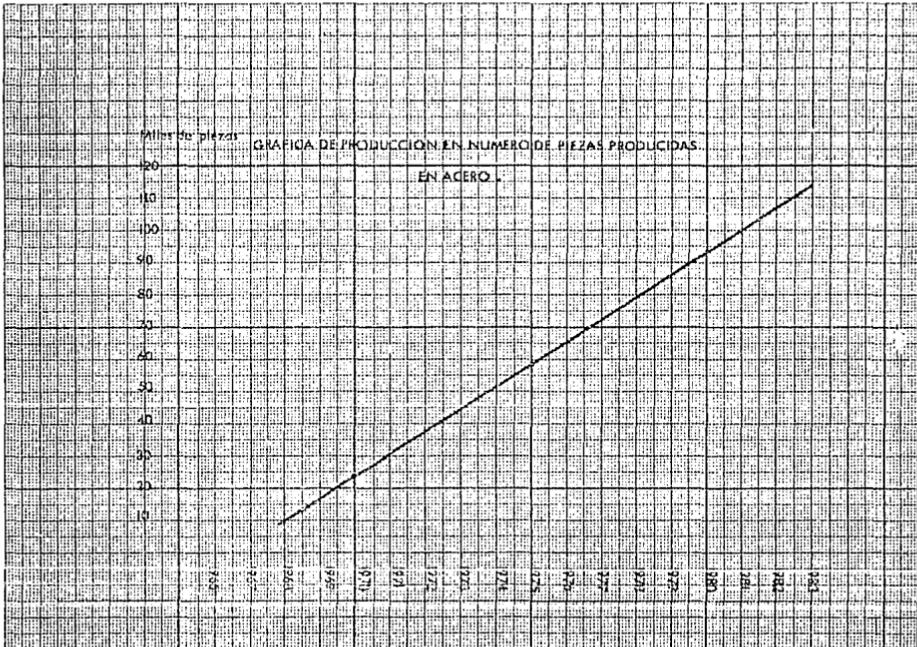
## PRODUCCION DE ACERO POR EMPRESAS .

( México )

	PRODUCCION MENSUAL
1.- SIDERURGICA NACIONAL	6,000 Tons.
2.- FUNDIDORA DE ACEROS TEPEYAC.	6,000 Tons.
3.- FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO	3,000 Tons.
4.- AMSCO MEXICANA	2,000 Tons.
5.- TALLERES UNIVERSALES .	3,000 Tons.
6.- FUNDICIONES MONCLOVA .	3,000 Tons.
7.- OTROS .	7,000 Tons.
PRODUCCION TOTAL MENSUAL .	30,000 Tons.

Milones de Tonos. PRODUCCION DE ACERO ELECTRICO EN MEXICO.





**CAPITULO V .- UBICACION DEL INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA EN LA  
INDUSTRIA SIDERURGICA INTEGRADA Y NO INTEGRADA .**

**A).- INDUSTRIA INTEGRADA .**

El total del personal obrero y empleados de confianza en una Industria Siderúrgica - Integrada , se distribuye de acuerdo a las necesidades , en la siguiente forma :

1).- Obreros	81 %
2).- Empleados * de C.	19 %
TOTAL .....	<u>100 %</u>

\* En el personal de empleados de confianza se involucran : Personal técnico a nivel profesional y no profesional , personal profesional no técnico y empleados auxiliares.

En una empresa integrada en el ramo siderúrgico , el personal administrativo emplea - do se encuentra distribuido bajo las siguientes proporciones :

a ) .- Personal Técnico .*	30 %
( profesional y no - profesional . )	
b ) .- Personal nó técnico **	25 %
( Profesional )	
c ) .- Empleados de C. ***	45 %

\* En el personal técnico se involucran Ingenieros de todas las areas y técnicos no - profesionales de todas las areas . Estos técnicos , en la mayoría de las ocasiones son - especializados en alguna rama , sin llegar a un nivel profesional .

\*\* En el personal nó técnico se incluye a todo profesionista administrativo , como son Contadores , Licenciados , Economistas , Etc.

\*\*\* En el personal Empleado de C. se incluyen ; auxiliares de todas las areas , díbu - jantes , tomadores de tiempo , supervisores , secretarías , Etc.

Considerando al personal técnico como un 100 % , se encontrarán distribuidos de la siguiente forma :

a).- Personal Profesional Técnico ( Ingenieros )	60 %
b).- Personal Técnico ( Especializado )	40 %

El cuadro de ingenieros ( 60 % ) se distribuye según su área bajo la siguiente forma :

a).- Ingenieros Mecánicos Electricistas *	50 %
b).- Ingenieros Químico Metalúrgicos .**	15 %
c).- Ingenieros Industriales .	10 %
d).- Ingenieros Mineros y Metalúrgicos .	10 %
e).- Ingenieros Electrónicos y en Control.	5 %
f).- Ingenieros en fluídos y Térmica .	5 %
g).- Otros Ingenieros ( Geofísicos , Topógrafos , Civiles en Prevención Etc. )	5 %
TOTAL .	100 %

\* Se incluyen tanto Ingenieros Mecánicos como Ingenieros Mecánicos Electricistas e - Ingenieros Electricistas .

\*\* Se involucran tanto Ingenieros Químicos , como Ingenieros Químico-metalurgicos e Ingenieros Metalúrgicos .

DISTRIBUCION PORCENTUAL POR DEPARTAMENTO, DEL INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA INTEGRADA .

1 ).- Beneficio de Mineral y extracción de carbón .	10 %
2 ).- Altos Hornos .	5 %
3 ).- Planta Sinter .	3 %
4 ).- Planta Coquizadora .	5 %
5 ).- Aceración Siemens Martin .	5 %
6 ).- Aceración B.O.F.	2 %
7 ).- Laminación en frío .	5 %
8 ).- Laminación en caliente .	4 %
9 ).- Plantas de Fuerza y Oxígeno .	4 %
10 ).- Perfiles pesados y ligeros .	10 %
11 ).- Departamento de Fundición .	2 %
12 ).- Mantenimiento de la Planta .	10 %
13 ).- Oficinas Administrativas .	35 %
	<hr/>
TOTAL .	100 %

**B).- INDUSTRIA NO INTEGRADA .**

El total del personal obrero y empleados de confianza que labora en una Industria Siderúrgica no Integrada se distribuye de la siguiente forma :

1).- Obreros . 75 %

2).- Empleados de C.\* 25 %

---

T O T A L . 100 %

\* En el personal Empleados de Confianza , se incluye personal técnico profesional , Técnico no profesional y auxiliares .

En una empresa Siderúrgica no Integrada el personal administrativo empleado se encuentra bajo las siguientes proporciones :

a).- Personal Técnico *	15 %
( Profesional y no profesional )	
b).- Personal no técnico **	5 %
( Profesional )	
c).- Empleados Auxiliares . ***	80 %
	<hr/>
T O T A L .	100 %

\* En el personal técnico se incluyen Ingenieros de todas las areas y técnicos de todas las especialidades , sin llegar éstos últimos a nivel profesional .

\*\* El personal no Técnico se refiere al profesionista administrativo ( Licenciados , Contadores , economistas , Etc. )

\*\*\* El personal auxiliar incluye ayudantes en cualquier area , asi como secretarías , jefes de turno , supervisores , tomadores de tiempo Etc.

Considerando al personal Técnico particularmente , se encuentra distribuido bajo las siguientes proporciones :

a).- Personal profesional Técnico ( Ingenieros )	78 %
b).- Personal Técnico ( No profesional )	22 %

El cuadro formado por Ingenieros ( 78 % ) se distribuye segun su area bajo la siguiente forma :

a).- Ingenieros Mecánicos Electricistas *	53 %
b).- Ingenieros Químicos Metalúrgicos .	11 %
c).- Ingenieros Industriales .	34 %
	<hr/>
T O T A L .	100 %

\* Se incluyen tanto Ingenieros Mecánicos , Ingenieros Mecánicos Electricistas e Ingenieros Electricistas .

DISTRIBUCION PORCENTUAL POR DEPARTAMENTO , DEL INGENIERO MECANICO  
ELECTRICISTA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA NO INTEGRADA .

1 ).- Departamento de Fusión .	10 %
2 ).- Departamento de Producción .	26 %
3 ).- Departamento de Programación .	10 %
4 ).- Departamento de Ventas .	5 %
5 ).- Departamento de Ingeniería y Aprovisionamiento .	18 %
6 ).- Departamento de Ingeniería de Planta .	6 %
7 ).- Departamento de Planeación .	5 %
8 ).- Oficinas administrativas y asesoría.	10 %
9 ).- Taller de maquinados .	5 %
10 ).- Control de Calidad y Depto. Metalúrgico .	5 %
<b>TOTAL .</b>	<hr/> 100 %

### C).- CRITICAS .

En observación a la distribución del Ingeniero Mecánico Electricista en la Industria - Siderúrgica , podemos decir que cae sobre sus hombros la gran responsabilidad del progreso de un país , y es por esto que , sobre todas sus actuaciones debe de estar latente el deseo de superación , no solo en el terreno de la ingeniería sino también promover el desarrollo de la calidad humana y la verdadera justicia social .

Los ingenieros no deben ser solamente ejecutores de proyectos o diseñadores de obras y programas plenamente decididos , sino estar concientes y definir su posición filosófica dentro de la sociedad , sin verse influenciados por el proceso de la distribución de la riqueza únicamente . Abarcar no solo la definición literaria de la Ingeniería - la cual nos dice que " Es el arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención , perfeccionamiento o utilización de la técnica industrial en todas sus determinaciones " , ya que la aplicación de la ingeniería en la industria responde a la filosofía que refleja la descripción de ésta , aplicada únicamente a su profesión de hace muchos años , sin embargo en la actualidad se requiere de una verdadera actualización abarcando el sentido humano y social que el presente requiere .

Es necesario que el Ingeniero mecánico electricista se prepare permanentemente sin menospreciar innovaciones tecnológicas avanzadas sin pensar que solo nos corresponde engrandecer el crecimiento tecnológico o la aplicación científica , sino tener cabal conciencia de que cada una de nuestras acciones repercute en el terreno social y en un plano más amplio en la humanidad .

La constante preocupación del Ingeniero Mecánico Electricista , debe ser la actuali-

zación de sus conocimientos para el buen desempeño de su profesión , no conformarse con tener el calificativo de su especialidad , desarrollando con dificultad las labores y responsabilidades que le sean encomendadas .

Aunque no se puede precisar con certeza las funciones específicas y las tareas en el área de producción que desempeña el ingeniero , es innegable que sus conocimientos deben estar dirigidos hacia el progreso y bienestar común sin menospreciar o tratar de divorciar la teoría de la práctica .

La ubicación del Ingeniero Mecánico Electricista en la mayoría de los casos se ve mal enfocada , debido a que nuestra industria siderúrgica se encuentra en su mayoría, carente de personal calificado a nivel técnico subprofesional , esto se puede observar ya que desde años atrás la demanda de la Industria Siderúrgica se ha venido satisfaciendo con las siguientes observaciones :

Muchos Ingenieros Mecánicos Electricistas e inclusive otros profesionales se encuentran realizando trabajos que en realidad deberían ser ejecutados por técnicos de nivel inferior . En algunos casos esto ha significado que dichos ingenieros permanezcan como subempleados y en otros que el entrenamiento y conocimientos formalmente adquiridos en un aula universitaria , les sirva solo para operar con eficacia a nivel de técnicos medios . Redunda esto , en un desperdicio del potencial del ingeniero , lujo que un país como el nuestro no se puede tomar .

La demanda del personal técnico subprofesional se debe cubrir con personal de ciclo preparatorio , vocacional o personal con talento natural y aptitudes mecánicas pero carentes de educación superior formal . Así mismo el propio ingeniero Mecánico Elec-

tricista debe preocuparse por la preparación de este tipo de técnicos , con su misma experiencia elaborar o dictar cursos de capacitación, motivar al personal hacia el autodidactismo Etc. , mientras el principal objetivo del ingeniero debe ser el desempeño de funciones de alto nivel técnico en las cuales se requieren dosis suficientes de conocimientos científicos y prácticos .

Por lo anterior , el Ingeniero para su correcta ubicación no debe perder de vista la -- marcada diferencia entre el Ingeniero con conocimientos científicos , el técnico , el obrero calificado y el peón . No olvidar que cualquier economía que tienda al desarrollo requiere necesariamente de dos niveles de técnicos : Los de nivel medio y los de nivel superior pero que ambos técnicos por su escasa preparación no pueden en ningún momento remplazar al ingeniero mecánico electricista .

La situación en la mayoría de las Industrias Siderúrgicas es tan confusa , que no es extraño encontrar al Ingeniero Mecánico Electricista desempeñando funciones que no -- son de su competencia y por el contrario , encontraremos también profesionistas con -- mucha autoridad en su disciplina abarcando terrenos que solamente el ingeniero debe -- desempeñar .

Ya es tiempo pues , que el Ingeniero Mecánico Electricista tenga el suficiente celo -- por su profesión dedicándose con integridad profesional al papel para el cual ha acudido a un centro universitario . No sentir tampoco superioridad ante aquel profesionista que con sus conocimientos , pueda conjugar y desarrollar el papel de responsabilidades que dentro de la sociedad nos corresponde . Delimitar responsabilidad con respeto y ética profesional hacia sus colaboradores .

Por otra parte , en la industria siderúrgica actual , el ingeniero debe de estar conciente que la improvisación y el empirismo deben sustituirse por una técnica científica y - conocimientos bien cimentados .

Años atrás en la industria siderúrgica se tenía la creencia que la experiencia de los - años de trabajo y los fracasos del pasado proporcionaban una confianza mayor que los conocimientos adquiridos por un ingeniero dentro de una Universidad . Los ingenieros aún en ocasiones encuentran la resistencia de los empíricos que con su formación en el trabajo desprecian muchas veces los conocimientos de los ingenieros recién egresados , razón por la cual el mismo ingeniero de desubica e invade terrenos que a él no competen .

## CAPITULO VI .- CRITICAS A LA INDUSTRIA SIDERURGICA NACIONAL .

### A.- UBICACION .

Tradicionalmente nuestro país es y ha sido un territorio con suficientes recursos naturales donde la labor conjunta de diversos sectores públicos y privados han hecho posible paulatinamente la explotación y encausamiento de estos recursos y lograr tener productos necesarios para el consumo nacional .

Tal es el caso de la Industria Siderúrgica que como vemos en las estadísticas comparativas ha pasado de un décimo plano a un segundo lugar y en las circunstancias en la que se desenvuelve ésta tiende a ocupar el primer plano cosa que ya se puede afirmar por el auge tan grande que ha verificado en el presente año y las proyecciones previstas para la siguiente década donde juega un papel importante la instalación de la nueva planta " Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas " que contribuirá junto con las demás empresas a incrementar nuestra producción de acero .

La ubicación geográfica de nuestras plantas siderúrgicas es diversa y generalmente obedece a aspectos políticos y económicos .

Es importante hacer notar que la "Siderúrgica Lazaro Cárdenas Las Truchas", contando con una ubicación geográfica excelente tiende a colocarse en el primer plano dentro de la industria siderúrgica nacional en la siguiente década , ya que en dicha empresa

además de su ubicación , se encuentran previstos sus movimientos en :

- a).- Abastecimientos de materias primas .
- b).- Salida de productos elaborados ( Exportación )
- c).- Distribución a los centros de consumo .

Y donde las vías marítimas y fluviales con que contará , son por excelencia el medio más económico de transportación .

En producción , la ubicación de nuestra industria siderúrgica en el plano mundial no es muy alagador como lo demuestran las gráficas comparativas , y nos demanda un esfuerzo conjunto para lograr figuración en el plano mundial .

En América Latina la situación de México es sólida como lo demuestran las estadísticas , ya que únicamente Brasil cuenta con más capacidad instalada y se espera igualarlo en la próxima década .

#### B ) .- SISTEMAS .

Los sistemas con que cuenta la Industria Siderúrgica Nacional desde el punto de vista equipo , puede compararse con los más modernos que existen en países altamente industrializados . Es pertinente citar que entre los sistemas que se tienen destacan :

1 .- Moderno sistema de aglomeración de finos para transformarlos en pellets , donde el proceso de horno rotatorio ( primero en el mundo ) y de discos boleadores de fabricación Estadounidense permite controlar automáticamente la producción .

2.- La planta de aceración B.O.F. y el alto horno más grande de México que se localizan en Altos Hornos de México , son equipos modernos y de fabricación Alemana DEMAG , con una técnica similar a la Japonesa .

3.- Las modernas instalaciones de aglomeración de finos en sinter cuyo -

proceso es 100% automático y controlado desde una sola cabina de mando , equipa -  
randose como el más moderno en su tipo . ( AHMSA )

4.- Plantas de colada continua y laminación , cuyos equipos son eficien  
tes y modernos .

Se encuentran en proceso de ampliación la siderúrgica No. 2 " Altos Hornos de Méxi  
co, S.A. " y en proceso de integración " Siderúrgica Lázaro Cárdenas Las Truchas "   
las cuales constarán con sistemas 100 % automatizados y de asesoría inglesa ( British-  
Steel Co. ) En este asesoramiento por parte de Alemania , Francia , Italia , Japón -  
y la propia Inglaterra se definió en favor de ésta última por ser más apropiado al desa  
rrollo y participación de nuestros técnicos en el proyecto .

En el caso AHMSA , en sus ampliaciones ha participado la tecnología Alemana ( KO-  
PPERS ) , la Francesa ( DELATRE LEVIVIER ) y en parte el asesoramiento Estadounideno  
se .

En relación a los equipos que se instalarán en el proyecto de ampliación AHMSA , --  
Siderúrgica No. 2 , se tiene en primer lugar que para equipo e instalación del alto -  
horno ; taller de aceración , B.O.F. , taller de colada continua , equipo de almace-  
namiento y manejo de materiales ; intervendrá la Cia. Inglesa ( D.A.I. ) . Para la --  
instalación de la planta coquizadora será la Cia. Alemana ( KOPPERS ) . Para la ins -  
talación de la laminadora en frío intervendrá la tecnología Estadounidense . Tenien -  
do también tecnología Japonesa en menor escala .

C).- CAPACIDAD .

Hasta el momento nuestra capacidad siderúrgica no ha sido autosuficiente para los con  
sumos del país , aunque se ha logrado pasar de un lugar 25º a un 23º en el plano mun-

dial .

Es elogioso que durante el año de 1973 , la industria mexicana operó en un mercado - que presionó permanentemente las capacidades de producción de todas las plantas del país .

El consumo aparente expresado en térmicos de lingote fué de 4.78 millones de Tons.- lo que significó un incremento de 16 % en relación con las producciones pasadas de 4.12 millones .

La tendencia dinámica que caracterizó a la demanda de acero en el país , determinó que las plantas industriales operaran sus instalaciones a su capacidad máxima disponible .

La producción de materiales siderúrgicos básicos fueron de 4.69 millones de toneladas de acero en lingote mayor en un 6 % que la de 1972 . De 2.77 millones de toneladas de arrabio mayor en un 4 % que el año anterior .

Dentro de las condiciones generales mencionadas , la industria del acero continúa de sarrollando sus proyectos para aumentar su capacidad de producción de acuerdo con - los estudios y autorizaciones de la Comisión coordinadora de la Industria Siderúrgica. Se estima tál como se ha mencionado en gráficas que para 1976 , la capacidad instala da será de 9.8 millones de toneladas y en 1980 de 11.6 millones .

En las estadísticas de producción ha sido reseñada la capacidad instalada por industria y que en su conjunto forman casi 6 millones de toneladas .

#### D).- PERSPECTIVAS .

Las perspectivas para la producción de acero en México son alagadoras . La caracte - rística del actual régimen de gobierno de adoptar medidas concretas para afrontar ne-

cesidades manifiestas , se robustece con la aprobación de las ampliaciones y nuevos - proyectos que bajo la política de intercambio de ideas y de suma de esfuerzos , es una respuesta a los problemas de México .

Todo lo expuesto en cuanto a capacidad y futuras ampliaciones hace contemplar un - panorama muy optimista .

En conclusión como perspectivas se encuentran los proyectos siguientes :

- 1.- Ampliación Siderúrgica No. 2 Altos Hornos de México, S.A.
- 2.- Proyecto " Lázaro Cárdenas Las Truchas "
- 3.- Consorcio Minero Benito Juárez -Peña Colorada " .

Así mismo la participación de México tanto técnica , financiera y económicamente - estará presente en la instalación de la empresa siderúrgica " Altos Hornos de Centro- américa " .

## CAPITULO VII.- CONCLUSIONES .

Al examinar nuestro aparato productivo siderúrgico , vemos la preponderancia que cobra esta rama como uno de los elementos claves en la economía del país y a sus Ingenieros y técnicos como piezas importantes que contribuyen a levantar , sostener e impulsar este aparato .

La situación que presenta la siderurgia es muy alogadora si se cumple con lo proyectado y con sus planes de expansión y sobre todo si su crecimiento no es en forma aislada sino en el contexto de los planes del desarrollo nacional .

Existe la necesidad imperante del aumento de producción en el sector siderúrgico para incrementar nuestro producto interno bruto ; así lo demuestra la creación de la comisión coordinadora de la Industria Siderúrgica , la que coadyuvará a hacer más intensa la participación de este sector en el órgano productivo del país .

Nuestra producción actual ( 6 millones de toneladas anuales ) no compete , tampoco abastece el consumo nacional , lo que hace más imperiosa la necesidad de elaborar planes de desarrollo y expansión ( 10 millones de Tons. para el año de 1977 ) .

Por lo mismo se debe también intensificar la búsqueda , exploración y explotación de aquellos recursos naturales que sirvan de insumo a la industria siderúrgica ; emplear la mano de obra sin prejuicios de la aplicación de tecnologías avanzadas que puedan contribuir hacia la autosuficiencia , y posteriormente concurrir permanentemente a los

mercados externos con el producto del acero nacional .

Observando las necesidades anteriores la Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica se ha propuesto los siguientes objetivos :

- a).- Formulación de programas de desarrollo en la Industria Siderúrgica.
- b).- Asesorar al Ejecutivo Federal en la formulación de proyectos .
- c).- Asistir a las empresas de participación estatal en los trabajos de investigación ( Instituto de Investigación Siderúrgica .)
- d).- Promover el desarrollo de una tecnología adecuada a nuestro país.

Necesariamente y sin lugar a dudas , es de preocupación constante las condiciones - humanas que subsisten en todos los programas propuestos , ya que la Industria Siderúrgica requiere de personal altamente capacitado para hacer frente no solo a los procesos descritos y planteados , sino para las transformaciones tecnológicas que se habrán de adoptar en el futuro .

La necesidad de vigilar , dada la tecnología disponible y por disponer , de las plantas y sus ingenieros a fin de aprovechar de manera óptima los recursos nacionales es necesaria .

Esta perspectiva futura , hace al Ingeniero Mecánico Electricista indispensable en la optimización y búsqueda de estos recursos por lo que toma un lugar preponderante dentro del sector siderúrgico .

En la presente tesis hemos tratado de exponer la situación correspondiente al Ingeniero Mecánico Electricista , haciendo ver la gran tarea de responsabilidad que le corresponde dentro de la Industria Siderúrgica y es de suponerse en cualquier tipo de industria en la que desempeñe su profesión , debe de tener latente el deseo de superación-

profesional , ya que la preparación de éste debe de estar predispuesta para lograr la verdadera independencia tecnológica de nuestro país .

Crear una tecnología propia en nuestra patria , es una de las grandes tareas que corresponde al Ingeniero Mecánico Electricista y a la que debe de acudir con una conciencia plena de capacidad y responsabilidad científica . Solo así podremos romper las cadenas que aún nos atan a tecnologías extranjeras , de la misma manera se hará patente la capacidad del mexicano para valerse por sí mismo .

El mismo Ingeniero debe de pugnar y ganarse el lugar que tan orgullosamente le corresponde en la Industria Siderúrgica , luchar sin complejos ni limitaciones que muchas veces se presentan en su camino .

Es tiempo que el Ingeniero tome cada vez con más firmeza el papel que se le confiere . Es ahora en esta época cuando se tiene que equiparar y poner a prueba sus conocimientos al luchar en contraposición con la naturaleza , ya que es ésta la que actualmente niega sus recursos a la mano del hombre .

Hemos tratado de analizar el lugar que ocupa actualmente el Ingeniero Mecánico Electricista dentro de cada departamento en la Industria Siderúrgica , y podemos concluir que no obstante nuestros aumentos de producción y crecimiento no se debe caer en un estado de conformismo , dentro de esta industria que está siendo actualmente -- una gran esperanza para México.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- THE MAKING SHAPING AND TREATING OF STEEL . HAROLD E. Mc. GANNON E.E.U.U. 1964.
- 2.- TECNOLOGIA DE LOS ACEROS . J. Ma. LASHERAS E.
- 3.- PROCESOS DE FABRICACION . MYRON L. BEGEMAN AND. B.H. AMSTED .
- 4.- MEEHANITE METAL CORPORATION VOL. I Y II No. 690 CUPOLA . MEEHANITE E.E.U.U. 1965
- 5.- PUBLICACIONES DE LA I REUNION BIENAL 1974 MEXICO, D.F. MEXICO, D.F. 1974
- 6.- PUBLICACIONES DEL IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE LA IND. — SIDERURGICA ILAFA - 1964 BRASIL 1964 .
- 7.- REVISTA TECNICA PARA LA INDUS - MEXICO, D.F. 1974  
TRIA DE LA FUNDICION No. 167
- 8.- REVISTAS MENSUALES EL INFORMA- MEXICO, D.F. 1971/75  
DOR ."ALTOS HORNOS DE MEXICO S.A. " 1971 o 1975
- 9.- REVISTA BIMESTRAL MEXICO, D.F. 1970/ 75  
AHMSA-AVANTE . 1970-1974  
ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A.

- 10.- MANUAL DE OPERACION  
ALTO HORNO.  
ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A.  
1973 MEXICO, D.F.  
1973.
- 11.- ANUARIO AHMSA ' 73  
ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. MEXICO, D.F.  
1973.
- 12.- INFORME ANUAL  
CONSEJO ADMINISTRACION AHMSA  
1973 MEXICO, D.F.  
ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. 1973.
- 13.- PUBLICACIONES EN CIFRAS  
DEPTO. ECONOMIA AHMSA  
ALTOS HORNOS DE MEXICO, S.A. MEXICO, D.F.  
1974.
- 14.- MANUAL DE HORNOS ELECTRICOS FHASA  
FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO, S.A. ING. JORGE ZUGARRAMURDI  
1971.
- 15.- BOLETIN TECNICO DEL INSTITUTO  
LATINOAMERICANO DEL FIERRO Y  
DEL ACERO No. 1 SEP. - 1974 MEXICO, D.F.  
1974.
- 16.- MANUAL DE CONTROL DE CALIDAD  
FHASA.  
FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO,S.A. ING. JORGE ZUGARRAMURDI  
1970
- 17.- PUBLICACIONES MENSUALES DE LA  
REVISTA "HIERRO Y ACERO" DE LA  
CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA  
DEL HIERRO Y DEL ACERO. MEXICO, D.F.  
70/74.
- 18.- MANUAL OPERACION ACERACION  
B. O. F.  
1974 MEXICO, D.F.  
ALTOS HORNOS DE MEXICO,S.A. 1974.

- 19.- TECNOLOGIA DE LA FUNDICION DOCTOR EN INGENIERIA  
EDOARDO CAPELLO
- 20.- REVISTA INFORMACION GRUPO ACERO HYLSA MEXICO, D.F.  
1971.
- 21.- MODERN REFRACTORY PRACTICE. HARBISON-WALKER  
REFRACTORIES CO.  
E.E.U.U.
- 22.- COMBUSTIBLES Y REFRACTARIOS J. D. GILCHRIST  
E.E.U.U.
- 23.- TECNOLOGIA DE LOS MATERIALES . J.MA. LASHERAS E.  
ESPAÑA .