

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



EQUIPO Y CONTROL DE PELET PARA B. O. F.

TESIS PROFESIONAL

**PASTRANA VAZQUEZ SERGIO
RAMIREZ AVILA ALBERTO**

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS TESIS 1978

ADQ M. C. 330

~~3304~~

FECHA _____

328

PROG _____



PRESIDENTE: KURT NADLER G.

VOCAL: JOSE CAMPOS CAUDILLO

JURADO ASIGNADO:

SECRETARIO: HUMBERTO MALAGON.

1er. SUPLENTE: ENRIQUE CURIEL REYNA.

2do. SUPLENTE: MARCO ANTONIO CHAMORRO D.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: SIDERURGICA LAZARO CARDENAS
LAS TRUCHAS.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

PASTRANA VAZQUEZ SERGIO

RAMIREZ AVILA ALBERTO.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

ING. JOSE CAMPOS CAUDILLO.

A NUESTROS PADRES:

Con gratitud a su esfuerzo
y apoyo.

A NUESTRAS ESPOSAS:

Por ser factor decisivo en la
culminación de nuestros estudios.

A NUESTROS AMIGOS.

A NUESTROS MAESTROS:

Con especial agradecimiento al
Ing. José Campos Caudillo por-
su dirección y fé.

I GENERALIDADES .

II DESCRIPCION DEL EQUIPO DE LA PLANTA .

- 2.1 INTRODUCCION .
- 2.2 PARRILLA VIAJERA .
- 2.3 CAJAS DE VIENTO .
- 2.4 HORNO DE ENDURECIMIENTO .
- 2.5 ALIMENTACION DE LA PARRILLA VIAJERA .
- 2.6 SISTEMA DE COMBUSTIBLES .
- 2.7 SISTEMA DE QUEMADORES .
- 2.8 SISTEMA DE BANDAS EN LA DESCARGA DE LA PARRILLA .
- 2.9 TRANSPORTE DE PELET PARA B.O.F .

III MODIFICACIONES DEL EQUIPO DE LA PLANTA .

- 3.1 INTRODUCCION .
- 3.2 SISTEMA DE DESCARGA DEL FERRODUCTO .
- 3.3 SISTEMA MARCONA .
- 3.4 ESPESADOR DE CONCENTRADO Y EQUIPO AUXILIAR .
- 3.5 TANQUES AGITADORES Y EQUIPO AUXILIAR .
- 3.6 SISTEMA DE FILTRADO .
- 3.7 CARACTERISTICAS DE MATERIALES PROCESADOS .
- 3.8 ALMACENAMIENTO Y MOLIENDA DE ADITIVOS .
- 3.9 PRINCIPIOS DE OPERACION .

IV CONTROL DE CALIDAD DEL PELET .

- 4.1 INTRODUCCION .
- 4.2 PRUEBA A PULPA DE CONCENTRADO
- 4.3 PRUEBA A LOS ADITIVOS .
- 4.4 PRUEBA A LOS PELET VERDES .
- 4.5 PRUEBA A LOS PELET COCIDOS .
- 4.6 TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS .

V BENEFICIO QUE PROPORCIONA EL PELET
AL PROCESO.

B.O.F.

VI CONCLUSIONES.

TEMA I

GENERALIDADES.

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

En México, la recientemente constituida carrera profesional de Ingeniero Químico Metalúrgico, se encuentra ante amplios campos donde es necesaria su intervención; ya que la investigación no se ha efectuado al ritmo requerido por la industria, así como las dificultades que se presentan en la adquisición de nueva tecnología.

Esto conduce a un análisis de éstos problemas y al desarrollo de la tecnología existente para el aprovechamiento de los recursos a nuestro alcance proporcionando soluciones para vencer dichos obstáculos.

En el presente trabajo se tiene por objeto hacer una descripción de los cambios tecnológicos introducidos en el proceso de aglomeración de mineral de hierro, conocido como peletizado, los cuales permiten una mayor producción de éste material y aseguran la continuidad de el proceso en caso de emergencias.

Así también, mostrar la utilidad de el pelet producido, no solo - el principal elemento constitutivo de la carga de un alto horno, sino - como sustituto parcial de chatarra en la fabricación de acero por el - proceso B.O.F.; dando solución a la escasez del material antes mencionado, aportando al mismo tiempo condiciones favorables para la formación de escoria y reduciendo los tiempos de operación.

Actualmente existe poca información publicada sobre éste tema, por lo que se considera de interés su desarrollo, así como que reportará beneficios para la industria.

PLANTA PELETIZADORA.

GENERALIDADES.

La planta peletizadora de SICARTSA está diseñada para producir 1,850,000 toneladas anuales de pelets, que serán alimentados al Alto Horno como - principal carga junto con el coque y una parte para sustituto de chatarra en el B.O.F.

Los pelets serán formados de diferentes materiales los cuales son:

- 1.- Concentrado de Mineral de Fierro.
- 2.- Caliza.
- 3.- Mezcla de Escorias, escamas de laminación y polvos provenientes del alto horno y de los convertidores de Oxígeno.
- 4.- Cal hidratada.

Estos materiales dan al pelet verde cierta consistencia para soportar - las caídas durante la transportación del mismo. El concentrado del mineral de fierro será suministrado a la planta peletizadora por un ferrouducto desde la planta concentradora. La Pulpa de concentrado tendrá 68% de sólidos en peso, lo cual permite que el concentrado sea manejado con menos dificultad cuando es transportado de largas distancias, como en nuestro caso, en donde, el ferrouducto tendrá una longitud de 26.5 Km. La principal idea para usar la caliza y las escorias es que se producirán pelets auto suficientes para eliminar el cargado de caliza en el alto horno.

El p.H. que se piensa alcanzar en éstos pelets será de 1.3 la basicidad, la cual es una de las necesidades más importantes para tener una buena operación durante la fabricación del arrabio.

La cal hidratada como la bentonita han sido usadas como aglutinantes, la primera ha tenido gran éxito recientemente, y debido a eso, la planta peletizadora de SICARTSA usará cal hidratada en vez de bentonita, la - -

cuál es más barata que la bentonita. Sobre razón para usar cal hidratada es que, la planta calcinadora producirá una considerable cantidad de finos de cal que pueden ser usados por la planta peletizadora después de someterlos a una previa hidratación. Los pelets compuestos de éstos materiales y formados mediante los platos o discos peletizadores son endurecidos al ser alimentados en el horno, en el cuál los pelets alcanzan una resistencia a la compresión del orden de 200 y - 300 Kg/cm². Esta resistencia es óptima para un buen funcionamiento del alto horno y además se obtiene una alta resistencia a la abrasión que permite que los pelets endurecidos puedan ser transportados a través de largas distancias.

Diferentes pruebas son llevadas a cabo para controlar la calidad del pelet para asegurar una buena operación en el alto horno. Las principales pruebas son:

- a) Superficie específica (cm²/g)
- b) Resistencia en verde (Kg/pelet)
- c) Resistencia en seco (Kg/pelet)
- d) Swelling (Hinchazón)
- e) Reducibilidad
- f) Resistencia a la Abrasión (90)
- g) Tamaño de pelet (mm)

Estas pruebas se llevan a cabo ya sea con equipo especial o como en el caso del tamaño del pelet, éste se criba y por la diferencia del peso del producto bueno y el producto bajo de tamaño se sabe el porcentaje de los dos materiales a que se está produciendo muchos finos, se procede a controlar la mezcla y otros factores que puedan provocar esto. En el otro caso, donde el material grande tiene alto porcentaje, el proceso se está realizando correctamente.

Las anteriores pruebas son llamadas pruebas físicas, pero al mismo tiempo se llevan a cabo pruebas químicas que son tan importantes o más que estas.

Las pruebas químicas se hacen sobre los materiales, para saber su composición y así controlar las cantidades que se mezclan para formar el pelet. El análisis químico se lleva a cabo sobre los siguientes materiales.

- a) Concentrados de hierro.
- b) Caliza.
- c) Mezcla de Escorias.
- d) Cal Hidratada.

Las materias primas como las escorias, caliza, polvo, escamas, etc.; - serán tratadas para poder usarlas en una forma más amplia en la planta peletizadora, por ejemplo, la caliza, las escorias, escamas de laminación y polvos secos de alto horno serán molidos para alcanzar una superficie específica (cm^2/g) similar o igual a la del concentrado, esto se hace con el fin de que el pelet tenga las mejores características - tanto en húmedo (verde) como ya cocido. Por otro lado, la cal será hidratada como ya se dijo y se usará como material aglutinante, otro sub-producto, por así decirlo, de la planta peletizadora son los finos que son alimentados en el cribado y son retornados a la sección de molienda para ser adicionados a la mezcla que constituirá los pelets verdes. Factores que influyen en las propiedades de los pelets.

Materias Primas.

Descripción del Proceso.

Metalurgia del Proceso.

Cuando el concentrado en un mineral hematítico ningún cambio químico sucede durante el proceso de endurecimiento dentro del horno, porque el mi

neral presenta su máxima oxidación, por lo tanto, los materiales que se alteran son el Carbonato de Calcio que puede estar contenido en el mineral más el adicionado para alcanzar la basicidad requerida y además en nuestro caso la descomposición del hidróxido de cal como se muestra en las reacciones (1), (2) y (3).

La hematita tiene como fórmula química la siguiente:

(1) $Fe_2 O_3$ que es la máxima oxidación que el fierro presenta.

Descomposición del Carbonato de Calcio.

(2) $CaCO_3 + \text{calor} \rightarrow CaO + CO_2$

Descomposición del Hidróxido de Calcio.

(3) $Ca(OH)_2 + \text{calor} \rightarrow CaO + H_2 O$

Por otra parte, cuando el concentrado es magnético las reacciones que toman lugar durante el endurecimiento son similares con excepción del cambio de la magnetita a hematita, debido a la oxidación que se lleva a cabo dentro del horno.

Factores que influyen sobre las propiedades de los pelets.

Los efectos de estos factores en el proceso de peletizado de minerales de fierro, se reflejan sobre las siguientes características físicas del producto: tamaño, degradación y resistencia a la compresión (ésta última, no interviene dentro del proceso de aceración).

1) TAMAÑO.- Son varios los factores que intervienen en la obtención de un pelet de buena calidad, en lo que respecta a tamaños. Dichos factores se pueden clasificar en dos grupos:

A).- Factores inherentes al material.

B).- Factores dependientes del disco y su operación.

A.- Dentro de éstos factores que influyen en la obtención de un pelet de buen tamaño, tenemos los siguientes:

Tipo de aditivo.- Lógicamente con el cambio de aditivo, hay variaciones en cuanto a tamaños, debido al cambio de propiedades aglomerantes por las características propias de cada aditivo.

Por ciento de aditivo.- Es importante observar que a mayor o menor porcentaje de aditivo en el concentrado, habrá fluctuaciones en el tamaño del pelet. Se ha observado que si se disminuye el porcentaje de aditivo se dificulta la formación de pelets de buen tamaño, siendo en éste caso rugosos, deformes y de poca resistencia.

Superficie específica del mineral (Blaine).- De la finura del mineral dependerá en buena parte la formación de pelets bien aglomerados, de buen tamaño y resistencia. Se ha observado, que con baja superficie específica se obtienen pelets rugosos, mal formados, de poca resistencia y distribución granulométrica desfavorable.

Porcentaje de humedad en el concentrado.- La humedad en el concentrado que deberá peletizarse, es un factor importante en la formación de pelets de buen tamaño, incluso teniendo buen grado Blaine, ni aún agregando un porcentaje elevado de aditivo (considerando al mejor de los aditivos); especialmente si la humedad es alta.

La humedad óptima para el proceso de peletizado está en función de la superficie específica del mineral, es decir, se requerirá una humedad diferente para cada grado Blaine.

Características del Mineral.- Las características Físicas y Químicas influyen directamente en la obtención de pelets de buen tamaño, porque de ellas dependerá que se tenga mayor o menor dificultad para obtener el grado Blaine adecuado para su peletizado.

B.- Factores dependientes del disco y su operación que influyen en la obtención de pelets de buen tamaño son:

punto de alimentación, posición de raspadores, velocidad del disco, inclinación del disco, alimentación ton/hr, localización de la adición de agua.

Punto de alimentación.- El punto de alimentación del mineral al disco es un factor que influye considerablemente en la obtención de pelets de buen tamaño; especialmente en lo que respecta a la obtención de pelets en un rango estrecho de tamaños.

Posición de los raspadores o deflectores.- La posición de los raspadores está íntimamente ligada con el punto de alimentación al disco.

Velocidad del disco.- Es otro factor cuya influencia se pone de manifiesto en los tamaños de pelets. La velocidad influye en el tiempo de retención del material en el disco y a la vez influye en la trayectoria que seguirá el material dentro de él.

Inclinación del disco.- El rango común de operación es entre 45' y 50', esta inclinación influirá en la trayectoria que seguirán las partículas de mineral en el disco y muy especialmente en el tiempo de retención del material en el mismo.

Se ha observado que a mayor inclinación es menor el tiempo de retención y por lo tanto, menores tamaños.

Este factor tiene sus restricciones, ya que si bien inclinando el disco mejoran los tamaños, se corre el riesgo de que los pelets verdes sean rugosos y poco resistentes.

Alimentación ton/hr.- De las toneladas por hora alimentadas al disco, dependerá también el tiempo de retención del material en el disco y con ello la producción de pelets verdes de mayor o menor tamaño. Por regla general a mayor alimentación, menores tamaños de pelets.

No se puede aumentar indefinidamente las toneladas al disco para mejorar el tamaño, ya que se corre el riesgo de que los pelets producto vayan acompañados de finas partículas del mineral (semillas) y que los pelets no resulten bien formados.

Localización de la adición de agua.- De la adición del rocío - de agua dependerá la formación de más semillas, el crecimiento de la ya existente; o el mayor crecimiento de los pelets ya formados. Este es - un factor importante, ya que con la regulación de la adición de agua - está sujeto a la trayectoria que siga el material en cada disco.

La adición de agua está sujeta a la cantidad de humedad con que cuenta el concentrado; en todo caso, siempre es mejor tener un concentrado con menor humedad que con exceso de ésta, ya que en el primer caso se puede corregir el producto agregando agua al disco mientras que en el segundo caso, esto no es posible.

2) DEGRADACION.- La degradación de los pelets depende de los siguientes factores:

- a) Tamaño de los pelets verdes.
- b) Características del material.
- c) Porcentaje de aditivo.
- d) Tipo de aditivo.
- e) Condiciones de cocimiento.

a).- Se ha observado que con pelets verdes y una distribución - granulométrica desfavorable, se obtienen pelets cocidos con una alta de gradación. Esto es una consecuencia del mal acomodamiento de los pelets en la parrilla móvil del horno, que no permite el flujo uniforme de gases para su cocimiento a través de la carga de pelets.

b).- La superficie específica o Blaine, así como la humedad son dos características que influyen en la degradación de los pelets. Una mayor superficie específica permitirá una buena aglomeración y por lo tan-

to una menor degradación. Se ha observado que con bajo grado Blaine se obtienen altas degradaciones; así como también humedades demasiado altas o bajas son causa de altas degradaciones.

c).- De la cantidad de aditivo que se agregue al concentrado dependerá también en gran parte que se tenga alta o baja degradación. El porcentaje de aditivo varía según el tipo de aditivo que se utilice.

d).- Del tipo de aditivo que se utilice dependerá una buena aglomeración, y de la aglomeración que se obtenga, las altas o bajas degradaciones.

e) Los pelets con un buen cocimiento, serán pelets con poca degradación. Este buen cocimiento dependerá del tamaño de los pelets verdes, de la velocidad de la parrilla móvil, de la permeabilidad de la parrilla, el espesor de la cama de protección y de las temperaturas de secado y cocimiento.

3) COMPRESION.- La resistencia de los pelets cocidos dependerá de las características de los pelets, tales como: Blaine, humedad, tipo de aditivo, porcentaje de aditivo, pero muy especialmente de las condiciones de su cocimiento. Indudablemente que un pelet mal cocido será un pelet con poca resistencia.

Características de un pelet de alta calidad.

La calidad de los pelets se determina en base a las siguientes características:

- a) Composición química.
- b) Resistencia a la compresión.
- c) Granulometría.
- d) Reductibilidad.
- e) Resistencia a la abrasión.
- f) Basicidad.

Composición química.- En promedio, un buen pelet para su uso industrial debe tener las siguiente composición:

65%	Fe
5%	SiO ₂
4%	CaO
1.5%	MgO
1.5%	Al ₂ O ₃
0.10%	S máx
0.50%	P máx

Resistencia a la compresión.- Una resistencia aceptable para el uso industrial de los pelets es de 230 Kg/pelet.

Causas de la diferencia de resistencias:

- Diferente estructura química.
- Tratamiento térmico (eficiencia de endurecimiento)
- La forma de los pelets.

Granulometría.- El tamaño de los pelets es importante ya que tienen un gran efecto sobre la permeabilidad en la carga de un alto horno. Este análisis se controla por análisis de criba, siendo el requerido para el uso industrial de 9.3 mm - - - 15 mm.

Reductibilidad.- Es definida como la velocidad de pérdida de oxígeno en una muestra representativa de pelets que se someten a una atmósfera reductora.

El grado de reductibilidad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Por ciento R} = \frac{\text{cantidad de O}_2 \text{ perdido}}{\text{cantidad de O}_2 \text{ comb al min}} 100$$

Resistencia a la abrasión.- La prueba de resistencia a la abrasión en los pelets, se realiza en un tambor rotatorio de 90 cm de diámetro, 45 cm de longitud, el cual trabaja a 24 rpm.

La duración de la prueba es de 200 revoluciones (8' aprox.) al cabo - de los cuales la muestra se hace pasar por mallas de 6.35 mm (1/4") y malla 28. Los pelets tendrán una resistencia a la abrasión aceptable si el material de -28 mallas no excede el 5%.

Basicidad de los pelets.- Estos pueden ser ácidos o básicos dependiendo de la relación:

$$B = \frac{\% \text{ SiO}_2}{\% \text{ CaO}} \cdot \frac{\% \text{ Al}_2\text{O}_3}{\% \text{ MgO}}$$

En la actualidad el P.H. del pelet producido es = 1.

MATERIAS PRIMAS

Las principales materias primas necesarias para la formación de un pelet son:

- A).- Pulpa de concentrado que es el producto que se obtiene de los procesos de molienda, concentración y filtrado, es decir, mineral que ha sufrido una eliminación de material estéril o ganga; su contenido de fierro ha aumentado y se proporciona con las características físicas y químicas de seadas para el proceso de boleado (formación del pelet verde en el disco peletizador y su endurecimiento posterior).

CARACTERISTICAS FISICAS

Finura (Gramulometría)	-	325 mallas	80-82%
Indice de Blaine		1800-1850	cm ² /gr.
Humedad		9-12%	

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Fe	-	67-69%
P	-	0.07% máx.
S	-	0.05% máx.

Ca(OH)₂Al₂O₃SiO₂-5-7% máx total.

B).- Aditivo (s)

- 1).- Bentonita es el aditivo empleado en el proceso de peletizado aprovechando sus propiedades aglomerantes y alta resistencia que proporciona al ser cocida y deshidratada a temperaturas superiores a 400°C (SiO₂ 70% y AL₂O₃ 20%).

C).- Combustible.

Se recalca que la sinterización y la peletización no deben compararse en base a un proceso de operación, dado que el flujo de gases en los sistemas es completamente diferente y en la peletización no se adiciona combustible en el lecho de los pelets como en la sinterización.

El combustible en la peletización tiene la función de proporcionar la temperatura suficiente como para efectuar el cocimiento de los pelets dentro del horno (1320°C)

Por la vasta diversidad y localización de las plantas peletizadoras es necesario que el proceso de cocimiento se adapte al uso del combustible más económico disponible en la localidad.

En operación prácticamente no existe limitación en el uso de combustibles comerciales (gas natural, gas L.P.), carbones pulverizados a una combinación seleccionada.

Con respecto a éstos últimos es conveniente que tengan pocas cenizas y un elevado punto de fusión, especialmente en los sistemas de horno.

DESCRIPCION DEL PROCESO

La función de una planta peletizadora es convertir un pelets de alta calidad la pulpa de concentrados de hierro, independientemente del tipo de mineral a tratar; se logra mediante los siguientes pasos:

A).- Preparación de la Materia Prima.

El fin que se obtiene de la pulpa de concentrados es la humedad requerida para la formación de pelets verdes.

En general el tratamiento de un mineral para obtener la pulpa es independientemente del sistema de peletización usado; así como el tipo de circuito (usado) de molienda, concentración y eliminación de agua están regidos por la dinámica y mineralogía del material a tratar.

Los factores más importantes en la obtención de la pulpa y que afectan la operación de boleado, calidad de los pelets verdes y en algunas formas la calidad final de los pelets es:

La humedad óptima para el proceso y está en función de la superficie específica del mineral, es decir, se requiere de una humedad diferente para cada grado Blaine (F.G.A.)

B).- Adición de aditivos al concentrado húmedo.

Una vez que se tiene la pulpa con la humedad requerida, se procede a adicionar el editivo aglutinante (la bentonita se usó como aglutinante universal, ya que por su estructura reticular de SiO_2 y Al_2O_3 forma una película entre los pequeños granos de mineral.

Una vez logrado lo anterior el producto es descargado debidamente mezclado y homogeneizado en los discos peletizadores.

Existe una interacción de la resistencia de los pelets usados y su contenido de humedad para una superficie específica y diferentes cantidades de bentonita usada.

C).- Boleado (FORMACION DE LOS PELETS VERDES EN DISCOS PELETIZADORES).

El boleado es un proceso de aglomeración de partículas que tienen como finalidad incrementar el tamaño y estandarizar la forma de las

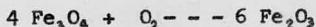
bolas en los discos peletizadores ya que en ellos se realiza la aglomeración del concentrado en producto de forma esférica, denominado pelets verdes, su tamaño composición, granulometría y resistencia.

METALURGIA DEL PROCESO

Se toma como base la reacción de transformación de magnetita a hematita desarrollada durante la calcinación o cocimiento de los pelets en la parrilla u horno.

La magnetita al ser calcinada sufre una reacción de oxidación aumentando 3.45% en peso y disminuyendo su porcentaje de hierro.

La reacción es:



Aumento en peso por concepto de oxidación:

$$\begin{array}{r} 4(231.54) + 32 \rightarrow 6(159.69) \\ 926.164 + 32 \qquad \qquad 958.164 \\ \underline{958.164} \times 100 = 103.455 \text{ ó sea } 3.455\% \\ 926.164 \end{array}$$

Los óxidos de hierro tienen la siguiente composición:

Magnetita	Fe_3O_4	72.36% Fe	27.64% O
Hematita	Fe_2O_3	69.94% Fe	30.06% O

Disminución de porcentaje de hierro:

$$\frac{100}{72.36} = \frac{X}{69.94} \qquad X = 96.66 \% \text{ Fe ó bien } 3.34 \% \text{ en Fe}$$

Consecuentemente por cada 1000 Kg. de hierro concentrado magnético seco se obtendrá el aumento siguiente:

1000 Kg. de concentrado magnético con 69.0 % de Fe.

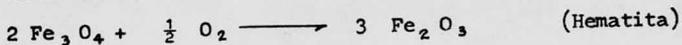
$$1000 \times 103.45 = 1034.55 \text{ Kg.}$$

con una ley:

$$69.0 \times 96.66 = 66.7 \% \text{ Fe.}$$

A continuación se hace el desarrollo físico - químico en base a la reacción para determinar la temperatura crítica de transformación de la magnetita a hematita.

Reacción de transformación de magnetita a hematita.



1.- Entalpia:

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

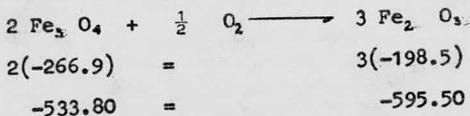
$$\Delta H = \Delta H_{233} - \Delta H_{1533}$$

Temperatura:

$$T_1 = 25^\circ\text{C} + 273 = 298^\circ\text{K}$$

$$T_2 = 1320^\circ\text{C} + 273 = 1593^\circ\text{K}$$

A partir de los calores de formación se tiene (a condiciones normales)



$$\Delta H_{233} = -595.5 + 533.80 = -61.70 \text{ Kcal/mol}$$

Para el cálculo de ΔH se emplea la siguiente fórmula:

$$\Delta H_{1533} = \int_{T_1}^{T_2} cp \cdot dt$$

Desarrollando la ecuación:

$$\Delta H_{1533} = (T_2 - T_1) \left[a + b \frac{T_m - C}{T_1 T_2} \right]$$

Se procede a calcular la capacidad calorífica:

$$Cp = \left[3 \text{ Cp } (\text{Fe}_2 \text{O}_3) \right] - \left[2 \text{ Cp } (\text{Fe}_3 \text{O}_4) + \text{Cp } \frac{1}{2} \text{O}_2 \right]$$

Compuesto:

	a	b	c
3 Fe ₂ O ₃	24.72	16.04 X 10 ⁻³	4.234 X 10 ⁵
2 Fe ₃ O ₄	41.17	18.82 X 10 ⁻³	9.785 X 10 ⁵
$\frac{1}{2}$ O ₂	8.27	0.258 X 10 ⁻³	1.877 X 10 ⁵

Desarrollando lo anterior se tiene:

$$Cp = -12.31 + 10.35 \times 10^{-3} + 7.83 \times 10^5$$

Sustituyendo los siguientes datos de la ecuación anterior:

$$\begin{aligned}
 T_1 &= 298^\circ \text{ K} \\
 T_2 &= 1593^\circ \text{ K} & a &= - 12.31 \\
 T_2 - T_1 &= 1295^\circ \text{ K} \\
 T_m &= 945.5^\circ \text{ K} & b &= - 0.01035 \\
 T_2 - T_1 &= 475 \text{ 000} & c &= + 783 \text{ 000}
 \end{aligned}$$

$$\Delta H_{1593^\circ \text{K}} = 1295 \left[- 12.31 + 9.78 - 1.65 \right]$$

$$\Delta H_{1593^\circ \text{K}} = - 5 \text{ 529 Cal / gr mol.}$$

Entalpia:

$$\Delta H = H_{1593^\circ \text{K}} - H_{298^\circ \text{K}}$$

$$\Delta H = - 61 \text{ 700} - (- 5 \text{ 529.65})$$

$$\Delta H = - 56 \text{ 170 Cal / gr mol}$$

Entropia: S:

Consultando las tablas de la Entropia (S)



$$2 (35) + \frac{1}{2} (49) = 3 (21.5)$$

$$\Delta S = 3 (21.5) - \left[2 (35 + \frac{1}{2} 49) \right]$$

$$\Delta S = - 30 \text{ Cal / gr mol}$$

$$\Delta S = S_{1593} + (-S)$$

$$\Delta S_{1593} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_p}{T} \cdot dt$$

Desarrollando la ecuación:

$$\Delta S_{1593} = a \ln \frac{T_2}{T_1} + b (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} c \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$a = - 12.31$$

$$b = 0.01035$$

$$c = 783 \text{ 000}$$

$$\Delta S_{1593} = - 12.31 \times 2.3 \times \log \frac{1593}{298} + 0.01035 \times 1295 +$$

$$\frac{391 \text{ 500}}{2446,800}$$

$$\Delta S = -7.09 \text{ cal / gr mol } ^\circ \text{ K}$$

$$\Delta S = \Delta S_{238} + (-\Delta S_{1593})$$

$$\Delta S = -30 - 7.09 = -37.09 \text{ cal / gr mol } ^\circ \text{ K}$$

3.- Energía libre de Gibbs:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Incrementada la ecuación $T = \text{cte.}$

$$T = 1593^\circ \text{ K}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Sustituyendo de la ecuación de la energía libre:

$$\Delta G = 56\,170 - 1593 (37.90)$$

$$\Delta G = 29.14 \text{ Cal / gr mol } ^\circ \text{ K}$$

Temperatura de equilibrio:

Temperatura en la cual la reacción de oxidación se encuentra en equilibrio cuando la energía libre es igual a cero:

$$\Delta G = 0$$

SI:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$0 = \Delta H - T\Delta S$$

$$T_{eq} \frac{H}{S} = \frac{56\,170}{37.09} = 1514.42^\circ \text{ K}$$

$$T_{eq} = 1241.42^\circ \text{ K}$$

A la temperatura de 1241.42° K la reacción de oxidación de la magnetita se encuentra en equilibrio, lo que quiere decir que cuando se sobrepasa esta temperatura se desarrolla la reacción de oxidación. La temperatura máxima alcanzada en operación es de $1320 - 1350^\circ \text{ C}$, con lo cual se tiene un excedente de $79 - 109^\circ \text{ C}$, lo que es más que suficiente para que se desarrolle la reacción y como consecuencia se tiene una transformación total de la magnetita a hematita.

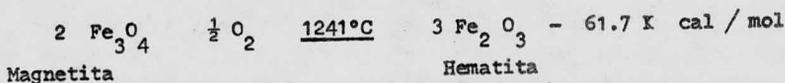
T E M A I I

D E S C R I P C I O N D E L E Q U I P O D E L A P L A N T A

2.1.- INTRODUCCION

El endurecimiento es el proceso mediante el cuál los pelets verdes son tratados a una temperatura de 1280°C para obtener las características físicas y químicas requeridas del producto final para su utilización en el Alto Horno y en el B.O.F., durante éste proceso se llevan a cabo - dos cambios fundamentales en la naturaleza de los pelets que son:

- a) CAMBIO FISICO.- Consiste en la semi-fusión del mineral a 1280°C de temperatura aglomerándose las partículas para obtener un producto con las características físicas requeridas.
- b) CAMBIO QUIMICO.- Se efectúa una reacción química de oxidación a 1241°C en que la magnetita se transforma a hematita, produciéndose gran cantidad de calor.



El proceso se realiza en las máquinas de endurecimiento e incluye varias etapas que son: Secado, precalentamiento, cocimiento o endurecimiento, postcocimiento y enfriamiento. Han sido diseñados varios tipos de máquinas para efectuar este proceso, tratando de mejorarlas cada vez más para lograr un máximo de eficiencia y obtener producto de mejor calidad. Los principales tipos de máquinas de endurecimiento conocidas hasta ahora son las siguientes:

<u>Nombre</u>	<u>Características Principales</u>
1.- Shaft Klin	Flujo descendente.
2.- Mk Kee	Parrilla circular.

3.- Allis Chalmers

Horno rotatorio.

4.- Dwight Lloyd

Parrilla continua.

La planta peletizadora de SICARTSA y su máquina de endurecimiento es - del tipo Dwight Lloyd.

2.2.- PARRILLA VIAJERA.

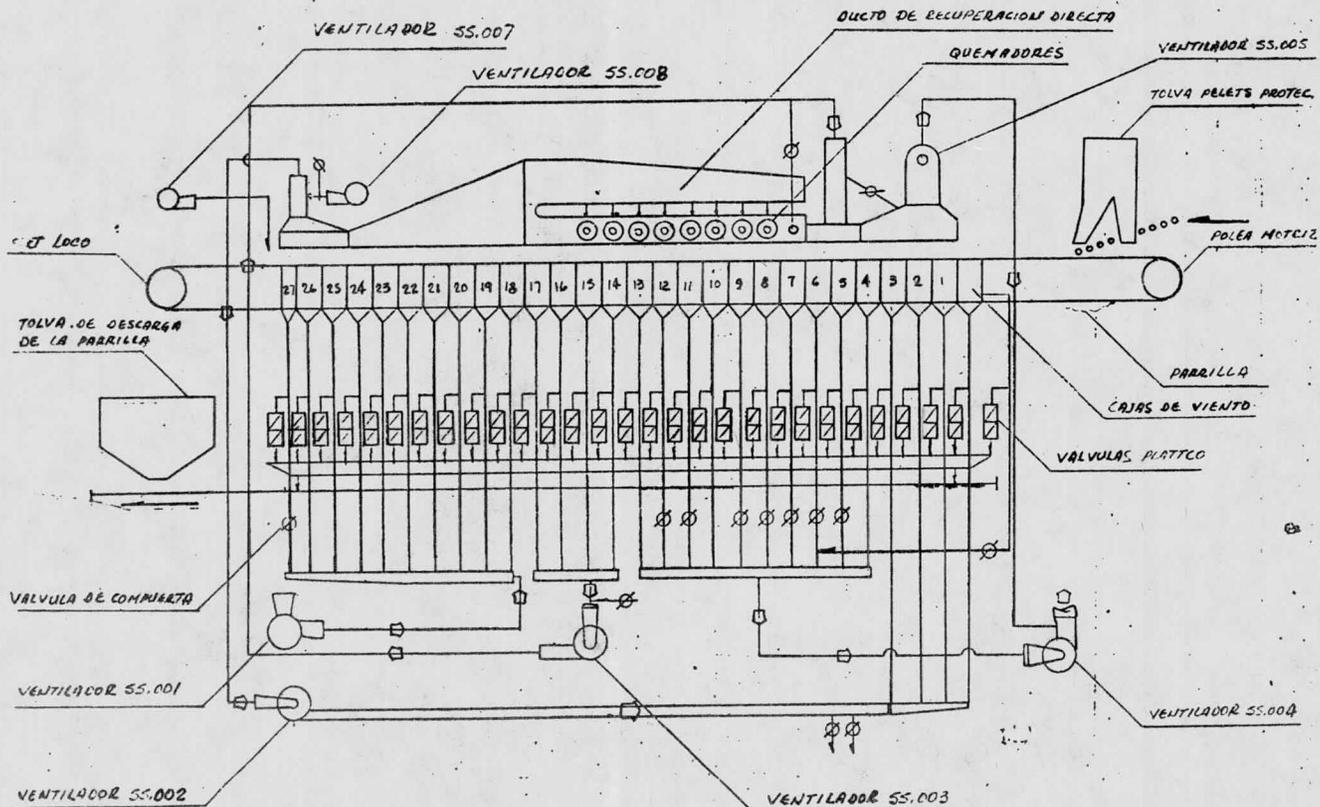
El lecho en donde se depositan los pelets verdes para su cocimiento en la parrilla continua. Esta parrilla está formada por una cadena - sin fin de carros pallet, cuya estructura principal está construida de acero colado y sus laterales superiores así como los barrotes de acero inoxidable, a fin de resistir las altas temperaturas a que son sometidos en el interior del horno; principalmente en la zona de cocimiento.

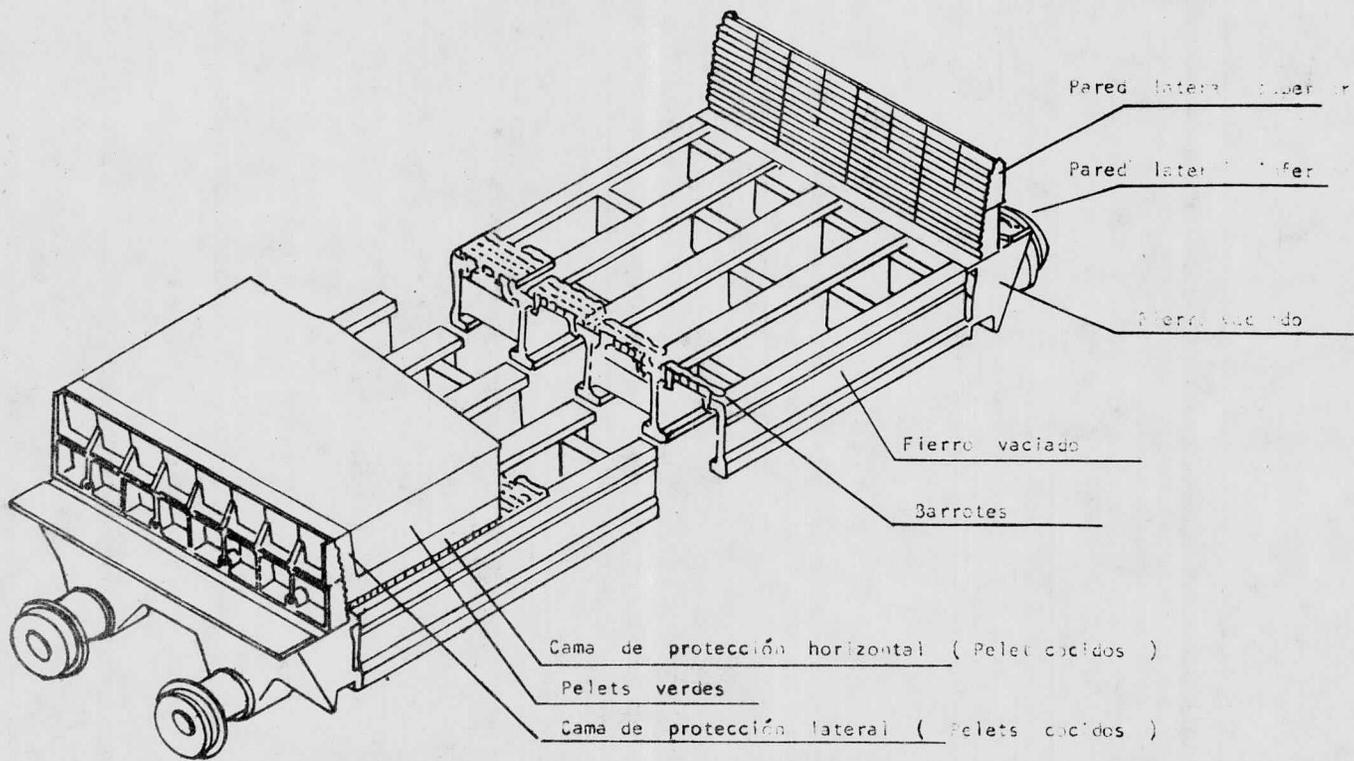
La parrilla está formada por 129 carros pallet de 3.5 mts. de ancho por 1.5 mts . de largo, dando un área total de reacción de 278.25 M2. la estructura de los pallet está ligeramente arqueada a lo ancho, ya que después de una prolongada operación de la planta, esta se deforma debido a la acción del calor del proceso, haciéndose primeramente horizontal y posteriormente se pandea, arqueandose, pero al revés.

Al ocurrir esto último, el pallet deberá ser retirado y volteada la estructura central para obtener nuevamente el arco original y quedar listo para continuar la operación.

Cada pallet tiene cuatro hileras de barrotes, estando formadas cada hilera por 81 barrotes normales y 6 de extremos. Los barrotes y los laterales superiores de los pallet se deforman o se desgastan igualmente en períodos largos de operación y deben reemplazarse periódicamente. En la parte inferior de cada pallet se encuentran colocadas las barras del sellados que se deslizan sobre rieles lubricados por grasa para evitar el escape de gases entre las cajas de viento y pallets, en la parte supe - -

MAQUINA DE ENDURECIMIENTO





PALLET PARA EL HORNO DE PELLETIZACION

rior se encuentran las placas de sello que hacen contacto con los sellos de barras que están colocados a lo largo del horno y sirven para evitar el escape de gas caliente y la entrada de aire del exterior sobre la cama de pallets.

2.3.- CAJAS DE VIENTO.

En la parte inferior del área de reacción de los pallets, se encuentran colocadas 27 cajas de viento, que sirven para distribuir los flujos de aire en las diferentes zonas del horno. Cada una de éstas cajas está equipada con una válvula de doble péndulo, opera por medio de aire comprimido y que permite la descarga de polvo de pelets a la banda transportadora sin que haya escape o entrada de flujos de aire que alteren las variables del proceso.

Las cajas de viento están conectadas por grupos a los ventiladores principales y están distribuidas de la siguiente manera:

<u>Cajas de viento</u>	<u>Función</u>
1 - 4	Secado ascendente presión
5 - 6	Secado descendente succión
7 - 8	Precalentamiento succión
9 - 13	Cocimiento
14 - 16	Cocimiento
17	Post-cocimiento
18 - 24	Enfriamiento primario
25 - 27	Enfriamiento secundario

En estas cajas de viento 5 - 9 - 12 - 13 y 27, están equipadas con válvulas motorizadas que permiten la regularización individual de flujos de aire en esa zona, de acuerdo a los requerimientos del proceso.

Cada caja de viento está provista de juntas de expansión para permitir cambios de expansión térmica entre estas y los ductos, todas las cajas tienen compuertas de inspección.

Las cajas de viento Nos. 5 a 11 están conectadas al sistema multiciclón que sirve para separar las partículas de polvo producidas en esa zona del horno, las que podrían causar abrasión en el motor ventilador.

Bajo la zona de alimentación de pelets verdes se encuentran dos cajas de viento, son registradas como que no conducen flujos de aire para el proceso, sino que sirven para recolectar residuos y como escape - del exceso de aire de la zona de secado ascendente.

Las presiones y las temperaturas existentes en las cajas de viento son registradas en el tablero del cuarto de control.

Entre algunas de las cajas de viento, en las que existen marcadas diferencias de presiones, están colocados unos sellos que consisten en - cuatro placas curvas provistas de contrapesos para evitar el paso de flujos de aire de una caja a otra. Estos sellos están colocados en la siguiente forma:

- 1) Entre cajas de viento 0 - 1
- 2) Entre cajas de viento 4 - 5
- 3) Entre cajas de viento 17 - 18
- 4) En caja de viento 27

Cada caja de viento está provista de puertas pequeñas para inspección.

2.4.- HORNO DE ENDURECIMIENTO.

Sobre esta parrilla viajera de la máquina de endurecimiento, se encuentra localizada las diferentes zonas del horno; estas zonas corresponden a los grupos de cajas de viento colocadas en la parte inferior de

la parrilla. Todas las paredes de las zonas del horno están cubiertas - por diferentes materiales refractarios, según las diferentes temperaturas que se manejan en cada zona.

Las zonas del horno están separadas entre si por paredes de material refractario soportadas por dinteles enfriados por agua.

El proceso de endurecimiento de los pelets, se efectúa en varios pasos, para lo cual la parrilla continua pasa a través de las diferentes zonas del horno desde la alimentación hasta la descarga; estas zonas del horno son las siguientes:

- a) Zona de secado ascendente.
- b) Zona de secado descendente.
- c) Zona de pre-calentamiento.
- d) Zona de cocimiento.
- e) Zona de post-cocimiento.
- f) Zona de enfriamiento primario.
- g) Zona de enfriamiento secundario.

2.4.1.- DESCRIPCION DE LAS ZONAS.

- a) Zona de secado ascendente.

Para el secado de los pelets verdes se utiliza aire caliente de - 230° aproximadamente, proveniente de la zona de enfriamiento secundario, succionado por medio del ventilador e inyectado a presión por la parte inferior de la cama de pelets. La humedad de los pelets verdes del fondo de la cama se evapora y el aire saturado de humedad por encima de la cama de pelets se extrae a la atmósfera por medio del ventilador.

Para evitar condensaciones en esta zona del horno causadas por el exceso de humedad, se permite el paso de ciertas cantidades de gas calien

te de 320°C aproximadamente del ventilador a fin de mantener la temperatura promedio sobre el punto de condensación. Cuando hay exceso de presión en el flujo de aire enviado por el ventilador, éste se expulsa a la atmósfera por medio de las válvulas de mariposa.

b) Zona de secado descendente.

En esta zona del horno se complementa la operación de secado expulsando o ya bien utilizando gases calientes (de 320°C aproximadamente) que son enviados desde la zona de cocimiento y post-cocimiento (cargas de viento Nos. 14, 15, 16 y 17) por el ventilador hasta la zona descendente, en donde el gas es obligado a fluir a través de la cama de pellets de arriba hacia abajo, debido a la succión del ventilador que lo envía al exterior por medio de la chimenea. La temperatura de este gas es controlada por la válvula.

c) Zona de pre-calentamiento.

El precalentamiento de los pellets debe hacerse lenta y gradualmente para permitir un aumento uniforme en la temperatura desde la parte superior a la parte inferior de la cama, a fin de evitar craqueo de los mismos y permitir una buena oxidación de la magnetita. Para efectuar el precalentamiento de los pellets, se utiliza aire caliente de la zona de recuperación directa de 600°C - 700°C de temperatura que es enviado a través de la zona de enfriamiento primario por medio del ventilador. El flujo de aire caliente en la zona de precalentamiento es forzado a fluir a través de la cama de pellets por la succión del ventilador y después de pasarlo por el mismo sistema multiciclón para colectar las partículas de polvo, es enviado a la atmósfera por la chimenea. En esta zona se puede admitir también gas caliente proveniente del ventilador por medio de las válvulas para regular la temperatura de esa zona.

d) Zona de cocimiento.

En esta zona se alcanzan las temperaturas necesarias para el endurecimiento y la oxidación completa de los pelets mediante el calor proporcionado por la combustión de una mezcla de gases de coque y Alto Hornos en los 16 quemadores situados en esta sección del horno.

Para efectuar la combustión de la mezcla de gases se utiliza aire de recuperación directa de 900°C aproximadamente que es conducido por medio de los ductos descendentes a cada una de las cámaras de los quemadores.

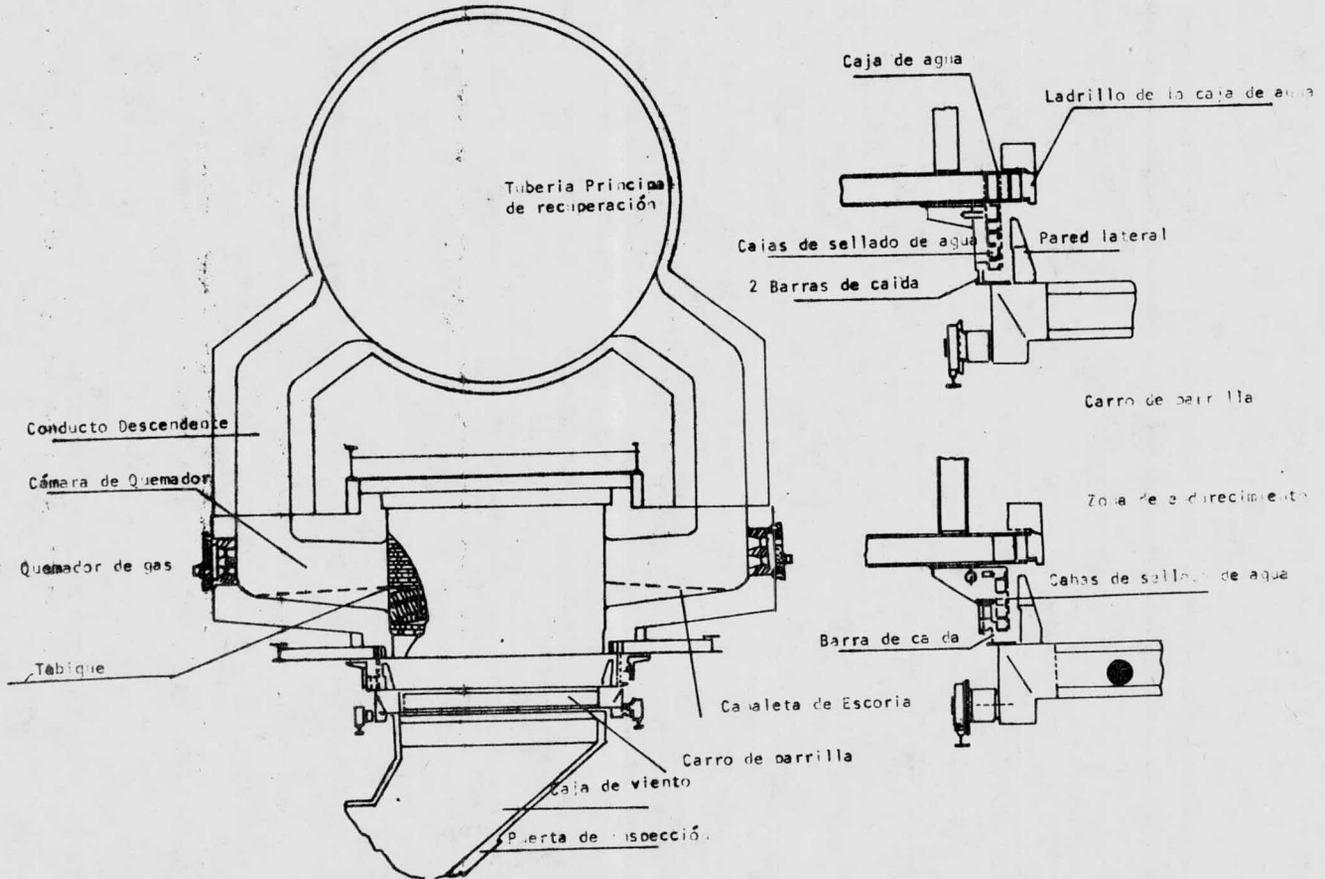
Los gases calientes producto de la combustión pasan a través de la cama de pelets siendo succionados por los ventiladores, a través de las cajas de viento 9 a 13 por el ventilador 55.003, a través de las cajas de viento 14 y 15 los quemadores están dispuestos en forma simétrica ocho en cada lado del horno y el control de las temperaturas es automático. La temperatura de cocimiento está limitada por el punto de fusión del mineral y de los fundentes utilizados, alta basicidad reduce el punto de fusión.

e) Zona de post-cocimiento.

Para obtener una producción de pelets de calidad uniforme, es necesario que todos los puntos a través de la altura de la cama alcancen la temperatura de cocimiento, la parte inferior de la cama, es la última en alcanzar esta temperatura en la zona de post-cocimiento que es donde se obtienen las más altas temperaturas de los gases del proceso. La temperatura de los gases en las cajas de viento correspondientes a esta zona, indica el grado de cocimiento de los pelets en toda la cama.

También se obtiene en esta zona del horno el inicio de un enfriamiento gradual causado por un flujo de aire de baja temperatura que pasa desde la primera caja de enfriamiento (No. 18), a la última caja de

SECCION TRANSVERSAL DE LA MAQUINA DE
ENDURECIMIENTO



post-cocimiento (No. 17), bajando considerablemente la temperatura de los gases de ésta última. Entonces se toma como guía el buen cocimiento la caja (No. 16) la temperatura.

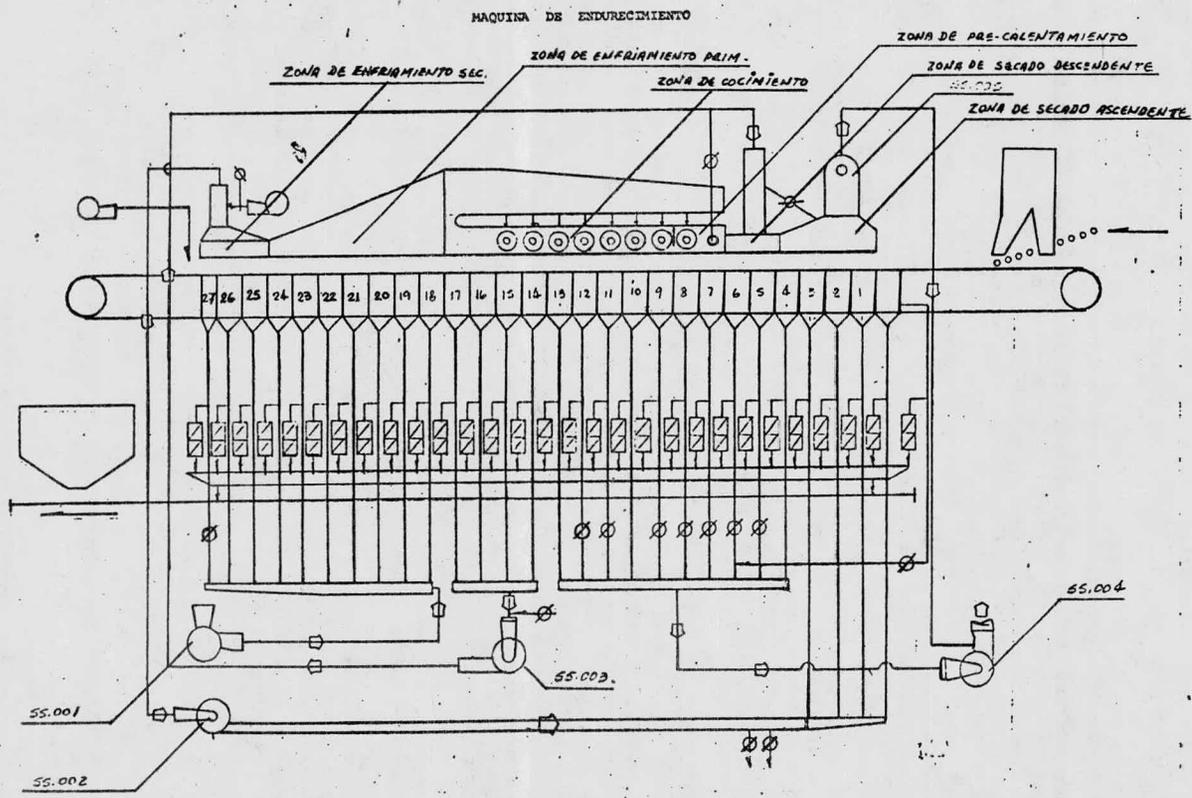
El flujo de gases que circulan a través del viento, estos perfiles servirán únicamente como guía ya que los valores reales serán obtenidos de la práctica.

PERFILES DE TEMPERATURAS

SECCION DEL HORNO	ZONA	TEMPERATURAS (°C) CAJA DE VIENTO
Secado ascendente cajas 1 - 4	55	320
Secado descendente " 5 - 6	320	230 - 240
Pre-calentamiento " 7 y 8	590 - 1010	170 - 210
Cocimiento Caja 9	1210	160
Cocimiento " 10	1250	150
Cocimiento " 11	1270	160
Cocimiento " 12	1280	220
Cocimiento " 13	1280	300
Cocimiento " 14	1280	410
Cocimiento " 15	1280	515
Post-cocimiento " 16	915	575
Post-cocimiento " 17	915	590

PERFILES DE PRESIONES

SECCION DEL HORNO	ZONA	PRESIONES (mmWG) CAJAS DE VIENTO
Secado ascendente	-5	+ 400
Secado descendente	-1 1 -2	- 200
Pre-calentamiento	-2 a -4	- 200 a -400
Cocimiento y post-cocimiento	-2 a -4	- 400



Enfriamiento primario	-5 a -15	- 450
Enfriamiento secundario	-5	- 450

Es importante evitar tener presiones positivas en las zonas de pre-calentamiento y cocimiento para proteger las paredes laterales de los carros pallet y los linteles de la estructura del horno contra sobrecalentamientos.

2.5.- ALIMENTACION A LA PARRILLA VIAJERA

La parrilla viajera se alimenta con pelets cocidos y verdes, los primeros se alimentan en el fondo y las paredes laterales de los carros pallet a fin de proteger estos de las altas temperaturas a que son sometidos durante el proceso. Los pelets cocidos utilizados para este fin, son tomados de la descarga de la parrilla y mediante el sistema de bandas 45.043, 45044 y 45.045, son transportados a la tolva 55.011 desde donde se dosifican a la parrilla. Sobre el lecho formado por los pelets de protección, se recibe la alimentación de pelets verdes, que son distribuidos uniformemente a lo ancho de la parrilla por la criba de rodillos 40.140. En condiciones normales de operación, deben considerarse los siguientes datos:

Altura cama de protección en el fondo	10 cms.
Espesor de protección lateral	7 cms.
Altura cama de pelets verdes	31 cms.

A una velocidad dada de la parrilla, la carga de los pelets verdes puede variar dentro de ciertos límites debido a la diferencia en el peso volumétrico de los mismos; causados por las diferentes características de los materiales mezclados (Composición, química, fineza, etc.) así como la distribución de tamaños, contenido de humedad y compresibilidad de los pelets verdes.

Algunas variaciones tienen lugar también si la altura de la cama de protección es cambiada bajo condiciones normales de operación un incremento en la altura de la cama de protección, significa mayor eficiencia en la protección, de los carros pallet, mejor permeabilidad en toda la cama pero se incrementa el consumo de calor.

Cualquier cambio en la relación entre la altura de la cama de protección y la carga de pelets verdes desbalancea el sistema de endurecimiento (flujos de gases, temperaturas y presiones de cajas de viento, etc.). Cuando esto sucede, las condiciones originales deben ser restablecidas inmediatamente.

2.5.1.- VELOCIDAD DE LA PARRILLA

La velocidad de la parrilla puede ser controlada ya sea manual o automáticamente, dependiendo de las condiciones de operación. Hay tres estaciones desde las cuales la velocidad de la parrilla puede ser controlada:

a) El tablero del cuarto de control.- Desde aquí se puede controlar la velocidad en forma manual o automática. Cuando se trabaja en posición automática, la velocidad es controlada por la alimentación de pelets verdes.

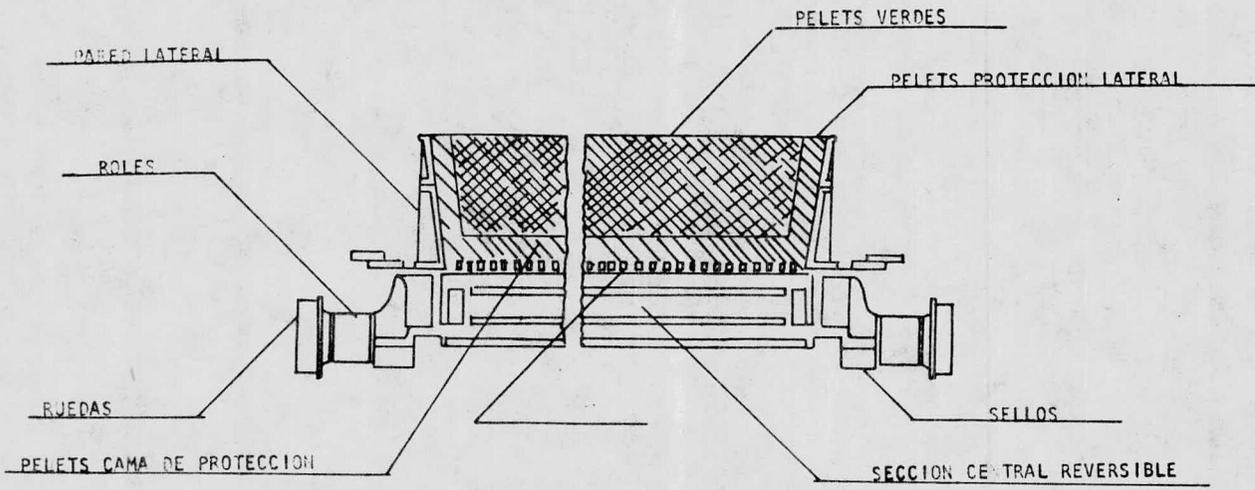
b) La estación localizada cerca del transportador de rodillos.

De aquí se puede controlar la velocidad, solo la posición en el cuarto de control está en manual.

c) En el dispositivo enclavado cerca del sistema motriz, desde donde se pueden alimentar o disminuir la velocidad de la parrilla.

También se puede mover la parrilla por medio de las parrillas colocadas en la sección de cambio de carros pallet, pero únicamente hacia atrás o adelante a baja velocidad. La parrilla puede ser detenida en cualquier momento por cualquiera de las estaciones antes mencionadas.

ALIMENTACION A LA PARRILLA



PELETS VERDES

PARED LATERAL

PELETS PROTECCION LATERAL

ROLES

RUEDAS

SELLOS

PELETS CAMA DE PROTECCION

SECCION CENTRAL REVERSIBLE

De acuerdo a los resultados de algunas pruebas, los pelets deben tener un tiempo de exposición de 25 a 29 minutos, desde el punto de alimentación a la descarga de la parrilla, a un velocidad de 2.0 a 2.4 m/mi para una cama de pelets verdes de 31.0 cms., de altura y un peso volumétrico de 2.1 ton/m³. La velocidad de la parrilla debe ser ajustada siempre de modo que se tenga siempre un llenado de los pelets.

Cuando la alimentación a la parrilla se reduce drásticamente, se reducirá también drásticamente la velocidad de la misma; si está trabajando en automático; cuando esto sucede es recomendable aumentar la altura de la cama de protección, para mantener el rango normal, la velocidad de la parrilla tan pronto como sea posible.

Para una producción y cantidades de gas dados, los valores de las presiones y succiones en las cajas de viento dependen de la buena o mala permeabilidad de la cama de los pelets de protección.

Una baja permeabilidad de la cama de pelets puede ser causada por una mala distribución del tamaño de los pelets verdes o por deformación de los pelets húmedos durante la alimentación en el secado descendente, produciendo altas succiones y presiones en las cajas de viento, siendo éste último una práctica anormal de operación a lo largo de la parrilla puede haber variaciones en la permeabilidad de la cama, lo cual puede alterar el sistema de flujo de gases, forzando los abanicos a un mayor consumo de potencia de tal modo que es deseable siempre tener una permeabilidad buena y uniforme durante todo el proceso.

2.5.2.- SISTEMA DE VENTILADORES

El proceso en la máquina de endurecimiento es efectuado por la acción de flujos de aire son originados por la operación de cinco ventiladores de proceso cuya función y características principales son des--

critas:

Ventiladores de proceso.

- a) 55.001 Ventilador de aire de enfriamiento.
- b) 55.002 Ventilador de aire para secado ascendente.
- c) 55.003 Ventilador de recuperación de aire caliente.
- d) 55.004 Ventilador de extracción de aire de cajas de viento.
- e) 55.005 Ventilador de extracción de aire de secado ascendente.
Ventilador de aire de enfriamiento.

La función de este ventilador es succionar aire del medio ambiente e inyectarlo a presión en sentido ascendente a las dos zonas de enfriamiento del horno. La abertura de los alabes de este ventilador controla la presión en la zona de combustión.

Este ventilador es del tipo axial de un paso de aspas que producen la mayor parte de la presión estática en el impulsor y solamente una pequeña parte en la unidad guía y el difusor colocados atrás del impulsor. El ángulo de incidencia en las aspas del impulsor se ajusta por medio de un sistema hidráulico; de modo que es posible realizar distintas condiciones de operación, controlando el volumen de aire de enfriamiento. Las chumaceras del impulsor son lubricadas y enfriadas por un baño de aceite circulante, durante la operación del ventilador el suministro de aceite es efectuado por medio de la bomba principal de engranes, contándose además con una bomba auxiliar para usarse en caso de falla de la primera. El sistema incluye también termómetros para medir la temperatura en las chumaceras y un medidor de flujo para el aceite, además de un silenciador en la entrada del ducto para reducir el ruido que produce el ventilador.

En el sistema del ventilador se requiere aceite de alta y baja presión de acuerdo a lo siguiente:

Cuando la velocidad del rotor del ventilador aumenta a su máximo normal, la bomba mecánica de aceite suministra la cantidad de presión - necesaria y la bomba eléctrica se desconecta automáticamente. Cuando se para el motor, debe trabajar de nuevo la bomba eléctrica por un tiempo aproximadamente de 40 minutos, a fin de mantener las chumaceras frías.

El sistema de lubricación es enfriado con agua. Estos ventiladores son del tipo radial de entrada doble, de un escalón, equipados con una paleta de guía de entrada que permite la regulación del proceso. El rotor del ventilador está montado en la flecha soportada por dos chumaceras, este rotor se compone de un disco central y dos discos exteriores reforzados por anillos forjados. Las paletas curvas del rotor quedan sol dadas en el espacio entre los discos y están protegidas por placas de - desgaste.

Existen instalados termómetros para vigilar la temperatura de las chumaceras de cada ventilador y además tienen también medidores de flujo para el aceite de lubricación.

c) Ventilador de recuperación de aire caliente de las cajas de - viento.

De las cajas de viento Nos. 14 a 17 se succiona el aire caliente - por medio de este ventilador y lo envía a presión a las zonas de secado descendentes y de pre-calentamiento. El ventilador de tipo radial gira a velocidad constante y el volumen de aire es regulado por la abertura de - los alabes de admisión. La abertura de los alabes de este ventilador en - operación, esta controlado por el punto fijo de la temperatura promedio de las cajas de viento Nos. 15, 16, y 17; de modo que, un incremento en la - temperatura de los gases antes de entrar al ventilador debe ser mantenida constante y debe reducirse para protección del mismo; el control de esta - temperatura es mantenido por la admisión de aire atmosférico por medio de la válvula de control automático.

Ventilador de extracción de aire de cajas de viento.

El ventilador extrae gases de desecho de las cajas de viento - Nos. 5 a 13, para enviarlos a la atmósfera a través de la chimenea. Los gases de desecho antes de llegar al ventilador son pasados al sistema - multiciclón, en donde es eliminado el polvo que arrastran, para evitar la abrasión en el rotor del ventilador, este ventilador es también de - tipo radial.

El punto fijo para el control de la abertura de los alabes en - este ventilador es la temperatura de la caja de viento No. 11 un incremento en las temperaturas de dicha caja de viento producirá el cierre de los alabes.

Ventilador de extracción de aire de las zonas de secado.

Ascendente.

Este ventilador succiona el aire utilizado en la zona de secado ascendente y lo envía a la atmósfera a través de la chimenea. El punto - fijo seleccionado para la succión en la zona de secado ascendente contro la la abertura de los alabes de este ventilador. Un incremento en la suc ción produce el cierre de los alabes.

El ventilador es de tipo axial de un solo paso, instalado en posición vertical y accionado por un engranaje único instalado en el cono difusor. El ventilador está equipado con un alabe directriz en la entrada con el cual se puede controlar el proceso; también tiene alabes intercam biables en posición fija situados atrás del impulsor para estabilizar el flujo de aire. Las aspas del impulsor están atornilladas para permitir su cambio en caso de desgaste. La transmisión de engranes está lubricada por aceite suministrado por la bomba principal y enfriado por agua, también - tiene este ventilador una bomba auxiliar para lubricación con aceite y - termómetros para medir temperatura en las chumaceras y un medidor de flujo.

Además de los ventiladores principales descritos anteriormente, hay otros tres ventiladores auxiliares y son:

55.006 Ventilador del sello de la caja de viento.

Este ventilador sirve para impulsar aire atmosférico a las cajas de viento de la zona de mayores temperaturas (14 a 17) en casos de emergencia.

Volumen de aire	1000 Nm ³ / min.
Temperatura	25°C
Presión estática	75 mm WG
Velocidad del impulsor	1200 r.p.m.
Motor	22 Kw.

55.007 Ventilador de aire para sellado de las zonas de enfriamiento.

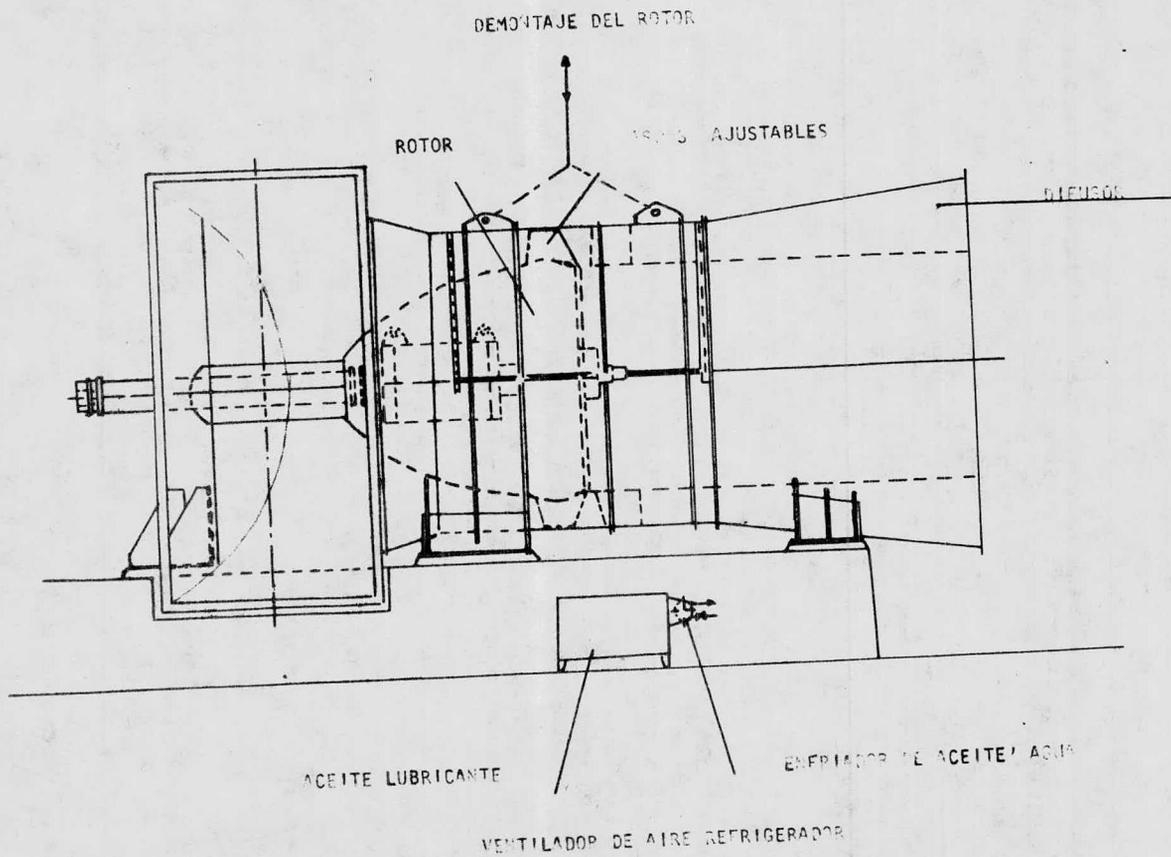
El ventilador 55.007 proporciona el flujo de aire necesario para impedir las fugas de aire entre los sellos de placas del horno y la parte superior de los carros pallet en las zonas primarias y secundarias de enfriamiento del horno.

El aire utilizado es tomado de la atmósfera.

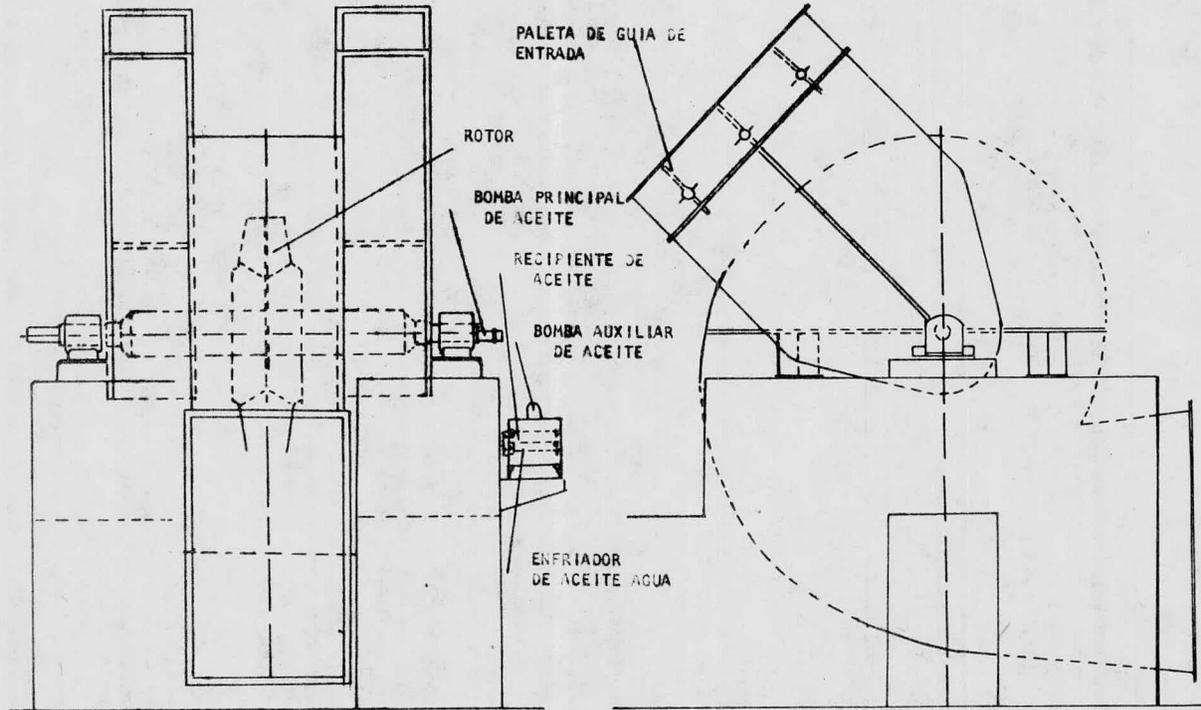
Volumen de aire	400 Nm ³ / min.
Temperatura	25°C
Presión estática	75 mm WG
Velocidad del impulsor	1800 r.p.m.
Motor	11 Kw.

Condiciones normales de operación.

Los alabes de los ventiladores así como las compuertas de las válvulas de admisión o escape de aire deben ser ajustadas de modo que las temperaturas y presiones en las zonas y en las cajas de viento sean mantenidas para procurar una operación normal. Los siguientes datos son una guía para las presiones y temperaturas de los ventiladores:



VENTILADOR DE SECAO ASCENDENTE



VENTILADOR	TEMPERATURA (°C)	PRESION mm WG
55.001	25	450
55.002	300	450
55.003	320	500
55.004	200	450
55.004	70	50

Los ventiladores que operan con flujos de aire caliente, están di señados para trabajar con las siguientes temperaturas máximas absolutas, con las cuales pueden trabajar en periodos de tiempo cortos sin daños pa ra los ventiladores.

2.5.3.- SECUENCIA

Los ventiladores principales del proceso no están conectados en - secuencia uno con respecto al otro, de modo que pueden ser arrancados o - parados independientemente; pero si, cada ventilador tiene su propia se- cuencia de arranque y no puede funcionar a menos que sean cumplidas las condiciones particulares para su arranque:

2.5.4.- CONDICIONES PARA ARRANCAR EL VENTILADOR.

- 1.- Arrancar la bomba auxiliar de aceite.
- 2.- La bomba auxiliar debe proporcionar el flujo y presión mínimos requeridos.
- 3.- La temperatura del embobinado del motor debe ser inferior al punto prefijado del disparo.
- 4.- El contacto de protección diferencial del motor debe estar cerrado.
- 5.- Las temperaturas de las chumaceras del motor y del ventila dor deben estar abajo del punto prefijado.
- 6.- El relevador de bajo voltaje debe estar cerrado.

- 7.- El relevador de sobre-corriente debe estar cerrado.
- 8.- El arrancador debe estar en posición de arranque.
- 9.- Los alabes deben estar completamente cerrados.
- 10.- Los anillos de deslizamiento deben estar cerrados.
- 11.- La temperatura del líquido del arrancador debe estar abajo del punto prefijado de disparo.

Cuando las condiciones anteriores son cumplidas entonces el ventilador puede arrancarse. Cuando el ventilador se para o la presión del aceite falla, entonces arrancar automáticamente la bomba auxiliar y parará después de un tiempo preseleccionado de 2 horas aproximadamente, cuando el ventilador para los alabes cierra automáticamente.

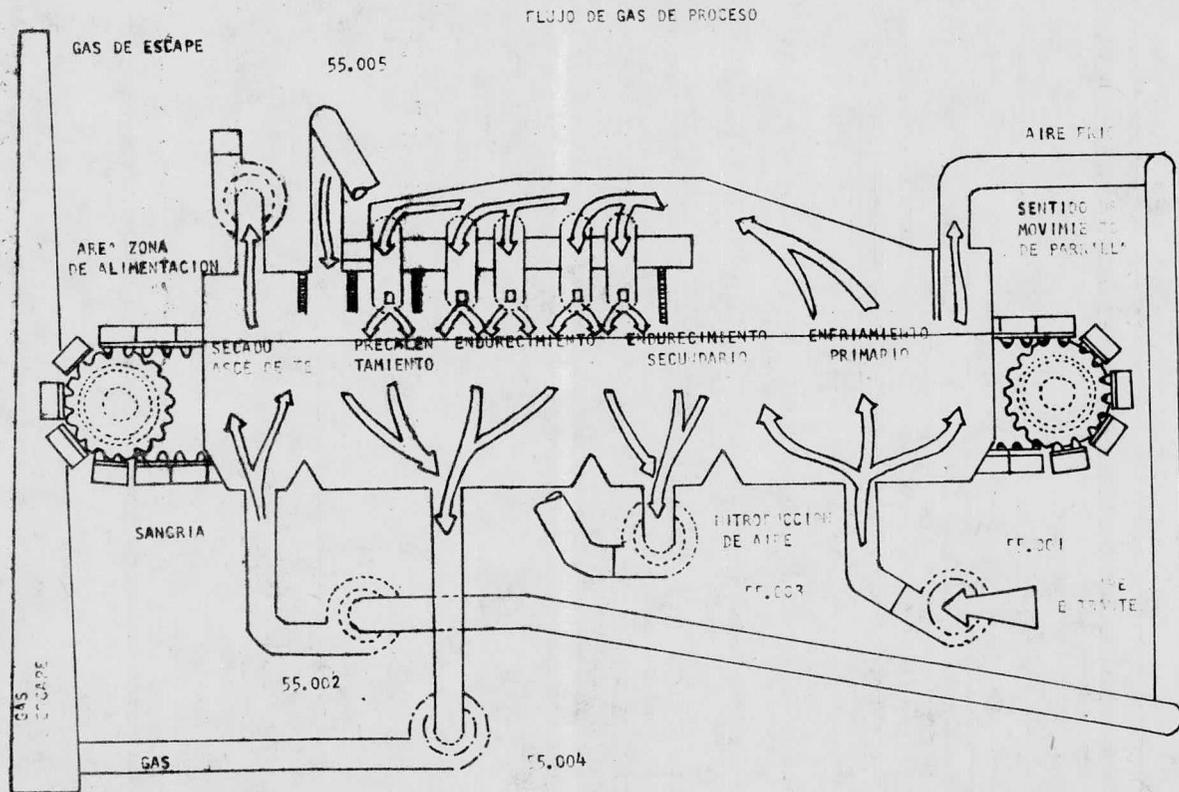
Si durante la operación del ventilador se presenta alguna de las siguientes condiciones, entonces este parará:

- 1.- Altas vibraciones.
- 2.- Bajo voltaje.
- 3.- Sobre corriente.
- 4.- Alta temperatura en las chumaceras del motor.
- 5.- Alta temperatura en las chumaceras del ventilador.
- 6.- Alta temperatura en el embobinado del motor.

Los indicadores de temperatura están equipados con dos contactos el primero dá una alarma, de modo que el operador puede checar la razón y el segundo parará el motor.

NOTAS:

- 1.- El ventilador 55.006, no puede ser arrancado cuando el ventilador 55.003 está en operación.
- 2.- El arranque del ventilador 55.003 cerrará automáticamente la compuerta del ventilador 55.006



3.- El arranque del ventilador 55.006, abrirá automáticamente la compuerta después de un retraso de tiempo prefijado.

4.- El arranque del ventilador 55.006, cerrará automáticamente la compuerta de la válvula del ventilador 55.003

2.6.- SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Los quemadores de la zona de combustión del horno son alimentados - por medio de una mezcla de gas de Alto Horno y gas de coque. Ambos gases son suministrados individualmente por medio de tuberías desde las plantas donde son producidos hasta la planta peletizadora donde son mezclados de modo de ajustar a un valor calorífico preseleccionado de 2,500 Kcal.

2.6.1.- GAS DE ALTO HORNO

La línea de gas empieza en la válvula de cierre principal con palanca, esta palanca es usada solamente en reparaciones grandes para asegurar una cierre hermético de 100% en la tubería de gas de alto horno.

El gas de alto horno tiene poder calorífico de 720 Kcal / Nm³ y - es suministrado con una presión de 350 mm WG; esta presión es indicada - por un instrumento (PIA - 5302) con alarma de baja presión. Cuando la presión de entrada es baja, el ventilador para automáticamente con silenciador y compensador adelante y atrás, no debe ser arrancado, está instalado un regulador de temperatura con alarma para alta cuando éste último caso - se presenta, se parará automáticamente el ventilador 50.015 por seguridad.

Si no hay flujo de gas, el ventilador tenderá a calentarse, pero es protegido contra sobrecalentamiento al aparecer al alarma de alta temperatura parándose automáticamente. También están instalados en esta línea un indicador de presión (5315) y un registrador de flujo (FRQA 5304) con -

alarma de bajo flujo, éste último envía una señal al controlador de la mezcla de gases de Alto Horno-Coque (FRC - 5305); si el registrador indica flujo mínimo, entonces cerrará la válvula de cierre de acción rápida 50.032. Durante el arranque, un retardador puenteará esta condición hasta normalizarse el flujo de gas.

Antes de la entrada de este gas al mezclador de gases, está instalado un indicador de presión (PI-5312). Está instalado un desfogue para ventilar la tubería y hay también válvulas para drenaje de la tubería y del ventilador 50.015.

2.6.2.- GAS DE COQUE

La tubería de gas de coque se divide en dos líneas, cada una equipada con válvula de cierre con palanca. Antes de las válvulas hay un indicador de presión (PIA - 5310) con alarma de baja presión.

El gas de coque tiene un poder calorífico de 4200 Kcal / Nm³ y se requiere a una presión de 350 mm WG. Si la presión de entrada es baja no podrán arrancarse los ventiladores auxiliares 50.014 M 1 y 50.014 M 2 instalados en cada línea de este gas. Con estas dos líneas es posible establecer un By - Pass, pero en operaciones normales con gas de Alto Horno ambos ventiladores deben funcionar. Las válvulas deben estar dispuestas de tal manera, que el lado de descarga del ventilador 50.014 M 1 es conectado al lado de la succión del ventilador 50.014 M 2 adelante de estos dos ventiladores, las dos líneas se juntan para formar una sola. En esta línea se encuentra instalado un regulador de temperatura (TCO - 5331) con alarma de alta temperatura, cuando se tiene esta última condición, los dos ventiladores se pararán automáticamente como medida de seguridad.

A continuación hay un indicador de presión (P 1 - 5314) y un registrador de flujo de alarma de bajo flujo que envía una señal al contro-

lador proporcional, el cual controla la cantidad de gas de coque según los requerimientos del valor calorífico de la mezcla de gases, éste último recibe también la señal de flujo mínimo, lo cual hace cerrar la - válvula de cierre rápido 50.003. Durante el arranque un retardador de tiempo puntea esta condición hasta que se establece el flujo normal.

Hay válvulas instaladas para drenar las líneas de gas y los ven- tiladores, también existen conexiones para nitrógeno en ambas líneas - de gas de Alto Horno y Coque.

2.6.3.- MEZCLA DE GASES

Ambas líneas de gases de Alto Horno y de Coque entran al mezcla- dor (50.024) en donde es posible obtener una mezcla óptima de los gases. Después del mezclador existe un regulador de presión (PRC - 5321) que - controla la presión y el flujo de la mezcla de gases enviando a los que- madores.

A continuación esta instalado para el control calorífico de la mezcla de gases, una unidad. Quemando una pequeña cantidad de este gas se determina el valor calorífico de la mezcla, y se controla comparándo lo con el valor preestablecido de 2500 Kcal / Nm³, si existe alguna va- riación comparado con el punto fijo, esta unidad enviará una señal de - registro regulador de la línea de gas de coque a fin de ajustar el valor calorífico requerido.

Después de la unidad de control calorífico hay un indicador de - presión (PIA - 5002) con alarma de baja presión, el cual está ajustado a un valor prefijado, y si la presión es inferior a este valor, cerrará - automáticamente la válvula de seguridad principal 50.030 a continuación hay un indicador de flujo con alarma baja.

Si el flujo llega al valor mínimo preestablecido, se cerrará la válvula principal de seguridad 50.030. Durante el arranque, un retardador de tiempo (TM - 5303) punteará esta condición hasta normalizar el flujo de la mezcla de gases a los quemadores.

La válvula de seguridad 50.030 es la última unidad de seguridad instalada en la línea antes de que esta se divida en dos. Esta válvula la trabaja neumáticamente y puede ser operada desde el cuarto de control.

2.6.4.- SUMINISTRO DE GAS A LOS QUEMADORES.

Desde la línea principal de gas se ramifican varias líneas para alimentar separadamente cada sub-zona en ambos lados de la zona de combustión del horno; esto significa que cada ramal alimenta a 1, 2 ó 3 quemadores. En las tuberías secundarias a cada quemador hay una válvula de compuerta para interrumpir el flujo si es necesario, después de estas válvulas, están instalados los siguientes aparatos:

1.- ZONA B: Válvulas de seguridad con reposición manual.

ZONAS I, II, III: Válvulas de mariposa con asiento hermético.

2.- Válvulas de paso (reguladora de gas)

3.- Indicador de presión.

4.- Válvula manual limitadora del orificio.

5.- Grifo de bola.

La válvula de seguridad con reposición manual y la válvula de mariposa con asiento hermético (ambas con la misma función) cierran inmediatamente y automáticamente cuando durante el encendido de los quemadores no se cumplen las condiciones de seguridad establecidas.

Durante la operación cualquier falla cerrará estas válvulas automáticamente y después de la falla se tendrán que restablecer localmente en forma manual en las líneas a ambos lados del horno.

La válvula de paso (reguladora de gas) controla el flujo de cada quemador según las cantidades de calor requeridas en las zonas de pre-- calentamiento y cocimiento; estas válvulas son operadas por un actuador Fisher, después de esta válvula, están instalados una válvula manual li mitadora de orificio y un frido de bola.

Los quemadores están divididos en varias zonas:

ZONA B.- Consta de dos quemadores de gas controlados por una válvula ajustable de aire que controla el flujo de gas según la temperatura requerida de la zona.

ZONA I y II.- Consta de 4 quemadores de gas.

ZONA III.- Consta de 6 quemadores.

Cada zona de quemadores es controlada por una válvula ajustable - de aire.

2.6.5.- SISTEMA DE GAS PROPANO.

El sistema de gas propano para los quemadores piloto es suminis trado de cualquiera de las dos baterías de cuatro botellas de gas cada una, los cuales están conectadas a una válvula automática de cambio si la presión del gas de la batería en operación baja hasta un valor míni- mo predeterminado, se indicará una alarma y la válvula cambiará a la batería en Stand - By. La alarma tendrá que ser reestablecida después lo- calmente.

Este sistema de suministro de gas está equipado con:

1 Válvula de cierre manual en cada línea.

1 Filtro de cada línea.

1 Indicador de presión con alarma mínima.

1 Válvula reductora de presión.

1 Válvula solenoide de tres vías.

1 Válvula de seguridad.

La línea principal de alimentación de gas se divide en dos líneas cada una instalada en cada lado de la zona de combustión, todos los quemadores tienen el mismo sistema de gas para los pilotos como sigue:

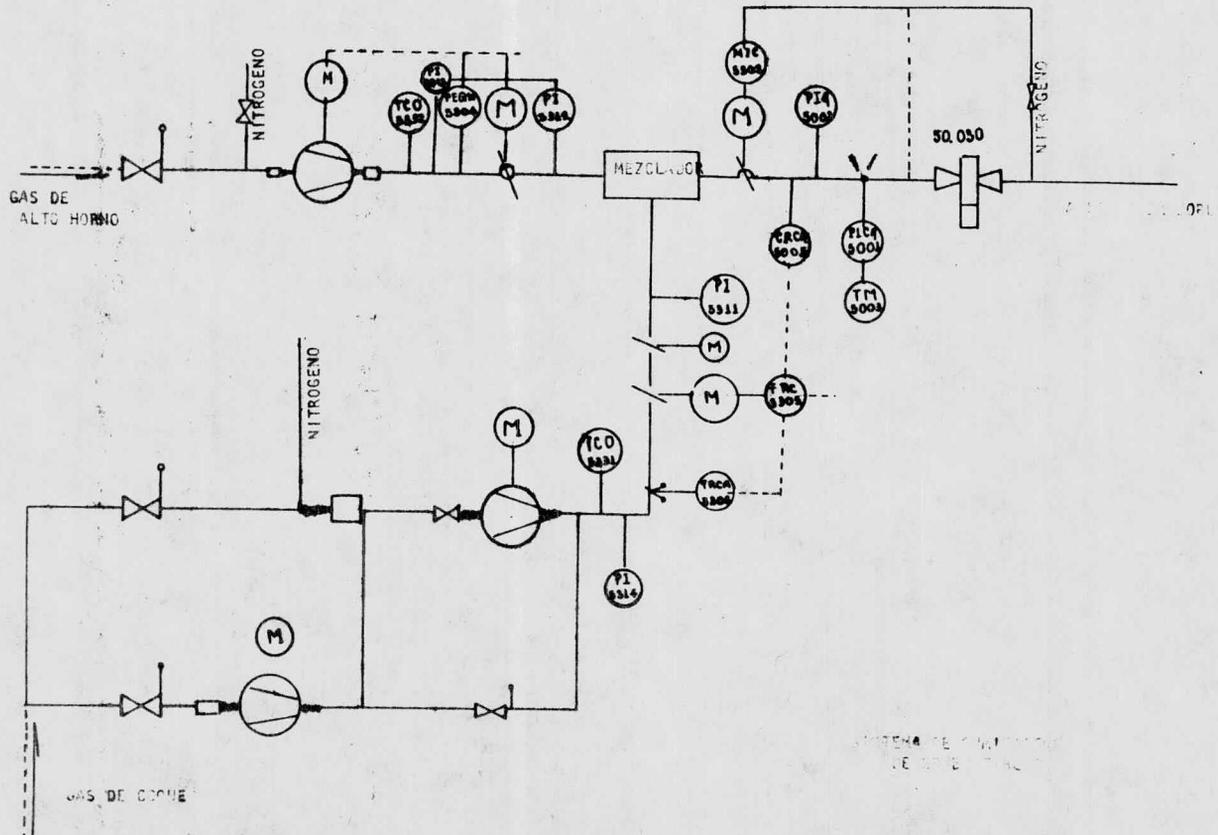
- 1 Válvula de cierre manual.
- 1 Regulador de presión con ventilador de alivio.
- 1 Regulador para control cero con balanceador de conexión tubular.
- 1 Mezclador de aire - gas.
- 1 Quemador piloto.

Este sistema también incluye un pulsador de contacto momentaneo para ignición de gas, un transformador y un cable para conectar el electrodo.

2.7.- SISTEMA DE QUEMADORES

Las zonas de precalentamiento y de combustión tienen 16 quemadores los cuales están colocados ocho a cada lado del horno, situados de tal forma que están en la misma dirección uno frente a otro, hay dos cámaras de combustión (una de cada lado) en la zona de precalentamiento y 14 cámaras (siete en cada lado) en la zona de cocimiento.

La línea principal de gas de 900 mm diámetro se divide en dos líneas cada una de las cuales alimenta a las tuberías individuales de los quemadores en ambos lados de la máquina de endurecimiento, los quemadores son del tipo de inspiración propia marca North American. Para controlar las etapas del proceso de endurecimiento y lograr al mismo tiempo cierto grado de flexibilidad, el horno está dividido en varias sub-zonas cada una con control de temperatura independiente, la siguiente tabla muestra la forma en que están formadas las sub-zonas, la capacidad de los quemadores



SISTEMA DE CONTROL DE GASES
 DE ALTO HORNO

y las temperaturas previstas en cada sub-zona del horno.

GRUPO DE QUEMADORES	ZONA PRINCIPAL	SUB-ZONA	TAMAÑO DEL QUEMADOR BTU/Hr X 10 ⁶
a) B	Pre-calentamiento	B	2 X 10
b) 1 - 2	Combustión I	I	4 X 20
c) 3 - 5	Combustión II	II	6 X 20
d) 6 - 7	Combustión III	III	4 X 8
CONTINUACION	TEMPERATURA (°C)	CONTROLADO POR TERMOPAR	
a)	1010	TRCA 5101	
b)	1210	TRCA 5103	
c)	1250	TRCA 5106	
d)	1280	TRCA 5111	

Las cuatro sub-zonas del horno (B, I, II, III), son controladas por un sistema de medición y control de temperatura independiente. El número de quemadores en cada una de las sub-zonas es diferente, pero el diseño básico del Lay Out de control de cada uno de los quemadores es similar. En los siguientes párrafos se describe el sistema de operación del Lay Out de control, y para evitar confusiones, la explicación se refiere a un quemador específico de un grupo en particular.

Cada quemador está colocado bajo la línea central (en el extremo exterior de cada cámara de combustión en el punto donde coincidan la cámara sirve como mezclador y caja de combustión del ducto descendente).

El ensamble básico de un quemador consiste de tres componentes - principales.

- a) El quemador de gas propiamente dicho.
- b) El quemador piloto de gas.
- c) El bloque de refractario.

Quemador de gas.- Consta de las siguientes partes:

- 1.- El cuerpo principal.
- 2.- El tubo interno de gas y boquilla.
- 3.- El tubo de aire, deflectores fijos y boquilla.
- 4.- La placa posterior.

Quemador piloto de gas.- Consta de las siguientes partes:

- 1.- El tubo principal de aire - gas.
- 2.- La punta piloto - boquilla.
- 3.- El electrodo central con soportes de cerámica.

El bloque de refractario.- Consta de dos partes principales.

- 1.- La placa posterior revestida de material refractario.
- 2.- El bloque del quemador, con dos cámaras una colocada bajo la otra, la cámara colocada en la parte inferior sirve para el quemador y el piloto.

Todos los quemadores son de los llamados de inspiración propia por medio de los quemadores se añade gas combustible al aire caliente que llega por los ductos descendentes, ya esta mezcla se suministra aire frío (aire primario) del ventilador, este es alimentado al quemador alrededor de la tubería de gas combustible dirigido de tal manera que se produzca una buena mezcla entre este aire, el gas combustible y el aire de recuperación directa de los ductos descendentes parte del aire de recuperación es aspirado a través de la cámara superior en el bloque del quemador y sale por la cámara inferior alrededor del conducto debido a la acción de inspiración del gas y el aire primario en el venturi formado en la cámara inferior.

2.7.1.- CONDICIONES DE OPERACION EN LOS QUEMADORES

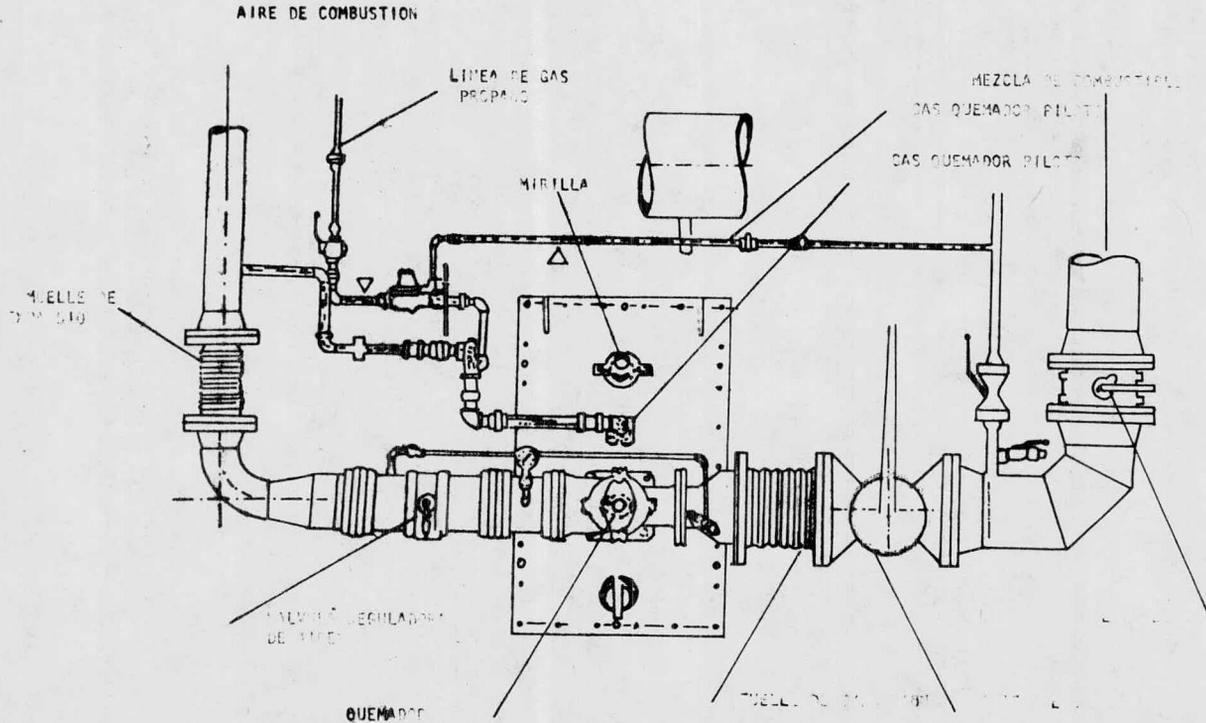
El equipo del sistema de quemadores es suministrado por una compañía, de modo que los indicadores de presión dan los valores en onza.

- 1.- Presión de gas antes de la válvula de paso máxima.
3 PSI (2100 mm WG) para consumo máximo de los quemadores instalados.
- 2.- Presión de entrada del aire de combustión 28.051 (1230 - mm WG)
- 3.- Presión de entrada del aire de combustión en la válvula de paso 30 PSI (2.1 Kp/cm²)
- 4.- Presión de la válvula ajustable de la cámara de combustión para flama larga 16.051 (704 mm WG)
- 5.- Presión de la válvula ajustable de la cámara de combustión para flama corta 2/3 051 (29.3 mm WG)
- 6.- Presión de aire de impulso 24-32 051 (1050 - 1400 mm WG)

2.7.2.- AIRE DE IMPULSO

El aire de impulso es suministrado por los ventiladores de combustión 50.005 y 50.006 en la línea de aire de impulso, están instalados dos filtros para impurezas, uno de los cuales está en Stand - By, la tubería principal de aire de impulso se ramifica en dos líneas una para cada lado del horno. Líneas secundarias son conectadas a las válvulas ajustables de regulación de aire y al relay proporcionador, la presión en la válvula ajustable de regulación de aire es graduada a valor máximo de 30 PSI (2.1 Kp/cm²) y cierta presión mínima puede ser ajustada mediante el orificio de sangría antes de la válvula de aire ajustable. La válvula de aire ajustable enviará una señal de presión variable al relay proporcionador, dependiendo del impulso recibido del controlador de temperatura, el cual controla el aire de instrumentos conducido a la válvula de paso (válvula reguladora de gas). Un circuito de aire de impulso para cada zona es conducido por encima del horno para alimentar el regulador proporcionador

SISTEMA DE QUEMADORA



del otro lado.

2.7.3.- AIRE DE INSTRUMENTOS

El aire de instrumentos es suministrado a ambos lados del horno para las válvulas de paso (válvulas reguladoras de gas) y las válvulas de mariposa de asiento hermético.

La línea de aire de instrumentos es conectada a la línea del compresor y el aire es limpiado en un condensador de aire. Después del recipiente de aire existe una válvula reguladora de presión que controla la presión del aire del instrumento a 2.5 Kp/cm²., antes de este regulador, existe un controlador con alarma baja.

2.7.4.- AIRE DE COMBUSTION

El aire de combustión es suministrado por cualquiera de los dos ventiladores 50.003 y 50.004 que tienen una capacidad de 19300 Nm³ / Hr y proporciona una presión de 1440 mm WG. Tiene cada uno una válvula motorizada 50.005 y 50.006 respectivamente, cuando un ventilador está en operación, el otro permanece en Stand - By. La línea principal del aire de combustión se divide en dos líneas principales de alimentación una para el lado derecho y otra para el lado izquierdo del horno. En la línea principal están instalados un indicador de presión con alarma baja un medidor de flujo y una válvula motorizada para ajuste de presión. Desde las líneas principales de alimentación, parten líneas secundarias hacia el quemador de gas, en cada una de estas tuberías están instalados una válvula limitadora de orificio y un indicador de presión. Un tubo pequeño conecta estas tuberías secundarias con cada uno de los quemadores piloto con una válvula de cierre, el aire entra en el mezclador aire-gas y la -

mezcla pasa al quemador piloto para ignición.

2.7.5.- DETECTORES ULTRAVIOLETA DE FLAMA

Estos instrumentos están instalados para vigilar la flama, después de la ignición del gas, una señal dada por el detector ultravioleta de flama enciende lamparas piloto individuales para cada quemador en el diagrama mimico del cuarto de control, en caso de falla de la flama la lampara correspondiente en el panel luminoso, indicaría luz parpadeante, pero no se interrumpe el paso de gas a los quemadores; entonces el operador debe tomar acción inmediata para volver a encender el quemador correspondiente o apagarlo.

Un pequeño flujo de aire es requerido para el detector de flama para evitar depósitos de polvo y para enfriamiento, lo cual cegaría al detector; enviando una señal incorrecta al cuarto de control. Con este fin se encuentra un tubo pequeño con válvula de cierre a la tubería secundaria de aire de combustión que conduce al quemador.

2.7.6.- PURGA DE TUBERIA DE GAS

Los sistemas de tubería de gas deben ser purgados como medida de seguridad, para evitar la formación de mezclas explosivas cuando se hacen reparaciones en los mismos para ello se deben utilizar gases cuyo contenido de oxígeno sea menor de 4% en volumen; por ejemplo; Nitrógeno, en el sistema de tuberías hay puntos de alimentación de nitrógeno y puntos para tomas de muestras debidamente localizados.

Antes de la admisión de nitrógeno, las válvulas del ventilador correspondientes deberán ser abiertas para evitar presiones demasiado altas en las tuberías de gas. Las presiones máximas para las secciones in-

dividuales de las tuberías, están tabuladas y son los valores obligatorios para las pruebas de hermeticidad a la presión, después del montaje o de trabajos de reparación.

Las purgas con nitrógeno se continúan hasta comprobar por medio de análisis de gas que la concentración total de las partículas combustibles sea inferior al 1.5 % en volumen.

Después de efectuada la purga, la carga de gas combustible se debe efectuar análogamente a la alimentación de nitrógeno, esto significa que se hará por secciones y con las mismas aberturas de ventilación.

La carga de gas combustible terminará cuando los reportes de análisis de gases demuestre que todas las tuberías han sido llenadas con gas combustible y que el contenido de oxígeno en las mismas sea inferior al 4 % en volumen, a fin de evitar la formación de mezclas explosivas, por regla general, deben ser cumplidas las condiciones locales de seguridad.

2.7.7.- SISTEMA DE RECOLECCION DE POLVOS EN LA PLANTA PELETIZADORA

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

En la mayoría de las operaciones en que se manejan materiales sólidos secos, éstos son susceptibles de producir polvos, ya sea por sus características físicas de fineza o de degradación.

El control de estos polvos es de primordial importancia, debido a que por ser partículas muy finas, quedan suspendidas en el aire y son muy perjudiciales tanto porque contribuyen a contaminar el medio ambiente, como porque deterioran los equipos que se encuentren expuestos a la acción de éstos, causando abrasión o atascamiento. Adicional a esto, los polvos causan suciedad en las áreas donde se depositan y la limpieza se

dificulta. Por otra parte, económicamente se tienen pérdidas considerables por ser de difícil recuperación.

Por lo anterior, en la planta peletizadora se cuenta con equipo moderno para el control de polvos y será de gran importancia mantenerlo en condiciones óptimas de funcionamiento.

2.7.8.- ZONAS DE CONTROL DE POLVOS

Con objeto de mantener limpio el medio ambiente proteger los equipos de partículas sólidas y recuperar los materiales en forma eficiente, es preciso determinar primero las zonas de producción de polvos las características de estos polvos, el manejo y su uso posterior a la recuperación.

En la planta peletizadora los materiales que originan la producción de polvos, básicamente la mezcla de materiales que se usan como aditivos y los pelets cocidos que durante su manejo se degradan y producen pequeñas partículas compuestas principalmente de óxido de hierro por lo cual es muy conveniente que se recuperen.

Las zonas de la planta identificadas como fuente de producción de polvos en las que se cuenta con equipos especiales para su recuperación son las siguientes:

- 1.- Tolvas de almacenamiento de aditivos y caliza antes de moler en el área de molienda en seco tolvas 20.021, 20.031 y 20.011
- 2.- Descarga del molino de bolas 30.001.
- 3.- Tolvas de almacenamiento de aditivos de cal hidratada después de la molienda. Área de mezclado tolvas 40.066, 40.065 40.067.

- 4.- Tolva de pelets de protección 55.011. En la máquina de endurecimiento.
- 5.- Descarga de la parrilla viajera sobre tolva 55.012. En la máquina de endurecimiento.
- 6.- Estación de cribado, sobre la criba vibratoria 45.042*
- 7.- Cajas de viento de la 5 a la 11
- 8.- Polvos recolectados del piso.

2.7.9.- FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE DESEMPOLVADO

1.- Colector de polvo "plenum - pulse", utilizados en las tolvas 20.021 y 20.031 para almacenamiento de la mezcla de materiales miscelaneos y 20.011 para almacenar caliza antes de la operación de molienda. Estos colectores (20.045, 20.050 y 20.055) eliminan el polvo que se produce al ser descargados los materiales en las tolvas mencionadas anteriormente. Por medio de un ventilador es succionado el aire cargado de polvo del colector y pasa a través de la tela filtrante, donde el polvo es retenido en la cara exterior de la bolsa.

Cada bolsa está soportada en su interior por una jaula de alambre el aire limpio se desplaza en el interior de la bolsa hacia la abertura que se encuentra en la parte superior de la cámara plena que recibe el aire procedente de cada una de las bolsas y lo descarga a través de una válvula de aire, ya sea a un múltiple de descarga o directamente a la atmósfera.

En la cara exterior de la bolsa se forma una película de polvo que debe ser removida periódicamente por la introducción de aire a alta presión que al expandirse llena la cámara del aire y va hacia abajo por las bolsas. Esta carga de aire expande las bolsas, lo que hace que se

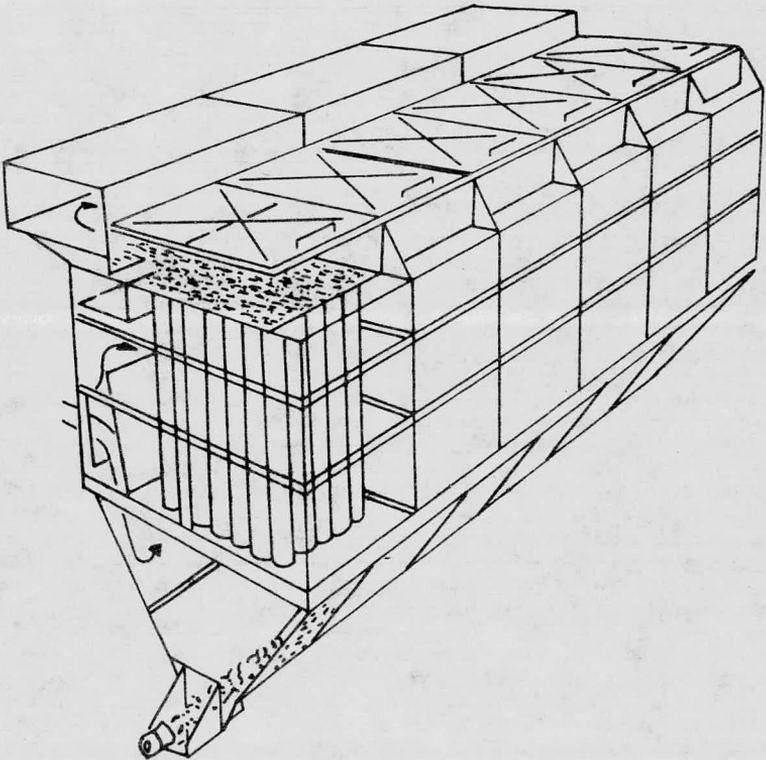
desprenda la película de polvo que se ha acumulado en la cara exterior de las bolsas un lapso de dos segundos es suficiente para que el polvo desprendido baje hacia la tolva: después de ese tiempo la válvula principal vuelve abrirse, el ciclo de limpieza toma cerca de tres segundos así pues, la zona en limpieza solo está momentáneamente fuera de operación.

EQUIPO DE DESEMPOLVADO EN LA DESCARGA DEL MOLINO 30.001

La depuración de gases originados en la operación de molienda - en seco, se efectúa en dos etapas; una depuración primaria por medio de un sistema de ciclones y depuración secundaria en un sistema de filtros de bolsas tubulares.

Depuración primaria.- El gas cargado de polvo introducido tangencialmente a los ciclones conectados en paralelo por medio de una tubería en la cámara de separación del ciclón, se produce una corriente rotativa de la cual las partículas de polvo son centrifugas hacia la pared del ciclón. Junto a la corriente de gas descendente, el polvo recorre una trayectoria helicoidal para caer en el cono de donde es evacuado a través de un órgano de extracción de polvo. Después de una inversión, la corriente de gas depurado sube en un movimiento espiral para llegar al tubo central de salida de gas, desde donde es expulsado y conducido para su depuración posterior a una unidad de desempolvado de alto rendimiento.

Depuración secundaria.- Esta depuración es efectuada por medio de un filtro de bolsas tubulares, cuyo funcionamiento es el siguiente: los gases sucios entran por la cámara de separación inicial, en donde golpean sobre las placas y las partículas grandes son separadas y caen a la tolva. Los gases con polvo residual son conducidos a la cámara de gases sucios.



Los filtros de bolsas tubulares, soportados por jaulas de alambre son ajustados por la puerta superior.

Durante la operación, los filtros de bolsas son arrastrados sobre la jaula de soporte formando una estrella debido a la caída de presión - a través de filtro, fabricado normalmente de fieltro. El gas limpio pasa a continuación a través del inyector a la cámara de gas limpio y después es enviado a la atmósfera debido a la succión del ventilador 30.080 vía chimenea 30.077.

2.7.10.- CARACTERISTICAS DEL COLECTOR

Colectores de polvo en las tolvas para almacenamiento de aditivos después de la molienda (40.066 y 40.065) y la tolva para cal hidratada (40.067).

Estas tolvas tienen equipo de purificación de aire similar al usado en las tolvas 20.011, 20.021 y 20.031.

Colector de polvos 80.020 en la tolva para pelets de protección (55.011) de la parrilla viajera. En esta zona de control, al igual que en las zonas 5 y 6, se tienen como equipos de desempolvado, lavadores - Duconn cuyo funcionamiento es similar en las tres unidades, el rozamiento de los pelets unos con otros durante su transporte de las bandas, así como las caídas que sufren al pasar de una banda a otra o descargar en las bandas y de allí a las tolvas, producen gran cantidad de polvo. Este polvo es colectado mediante la succión efectuada por el ventilador del desempolvador y conducido hasta el cuerpo principal del mismo, donde por medio de espreas se lavan los gases con agua y los polvos son conducidos hasta recipientes desde donde se bombean en forma de pulpa hasta el espesador.

El despolvador 80.020 instalado cerca de la tolva 55.011, colecta el polvo de los siguientes puntos.

a) Descarga de la banda	45.044
b) Descarga de la banda	45.045
c) Carga de la banda	45.045
d) Tolva para pelet de <u>protección</u>	
ción	55.011

El polvo colectado por esta unidad en forma de pulpa fluye al tanque agitador 80.009 y es bombeado al espesador por la bomba 80.001. Capacidad del lavador 80.020 20,000 m³ / hr.

Colector de polvos 80.030 colocado sobre la tolva 55.012 en la descarga de la parrilla viajera. Esta unidad colecta polvos de los siguientes puntos.

- a) Descarga de la parrilla viajera, parte superior.
- b) Descarga de la parrilla viajera, parte inferior.

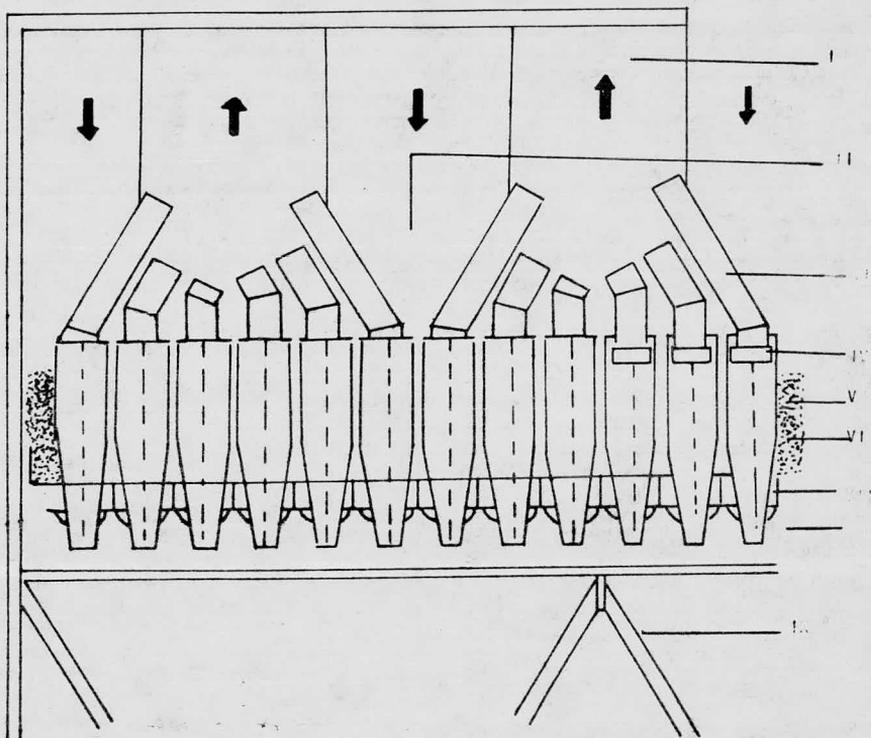
El polvo colectado por esta unidad cae en forma de lodo directamente a la caja 80.031 y de ahí se envía al espesador por medio de la bomba 80.032.

Capacidad del lavador 80.030 115,000 m³ / hr.

Colector de polvos 80.040 colocado en la estación de la criba vibratoria 45.042

PUNTOS DE COLECCION DE POLVOS

a) Descarga de la banda	45.049
b) Descarga de la banda	45.043
c) Descarga de la criba a la banda	45.049
d) Descarga de la criba a la banda	45.047
e) Descarga de la criba a la banda	45.043
f) Descarga de la banda 45.047 a tolva	45.048
g) Carga de la banda	45.051



"MULTICLON"

- I DUCTO GAS LIMPIO
- II DUCTO GAS BRUDO
- III TUBO GAS LIMPIO
- IV CORONA DE ALABES
- V TUBO SEPARADOR
- VI RELLENO DE ARENA
- VII LIMPIA DE SOPORTE
- VIII CIERRE DE LEVA
- IX TOLVA DE POLVO

- h) Carga de la banda 45.044
- i) Dos puntos en la criba 45.042

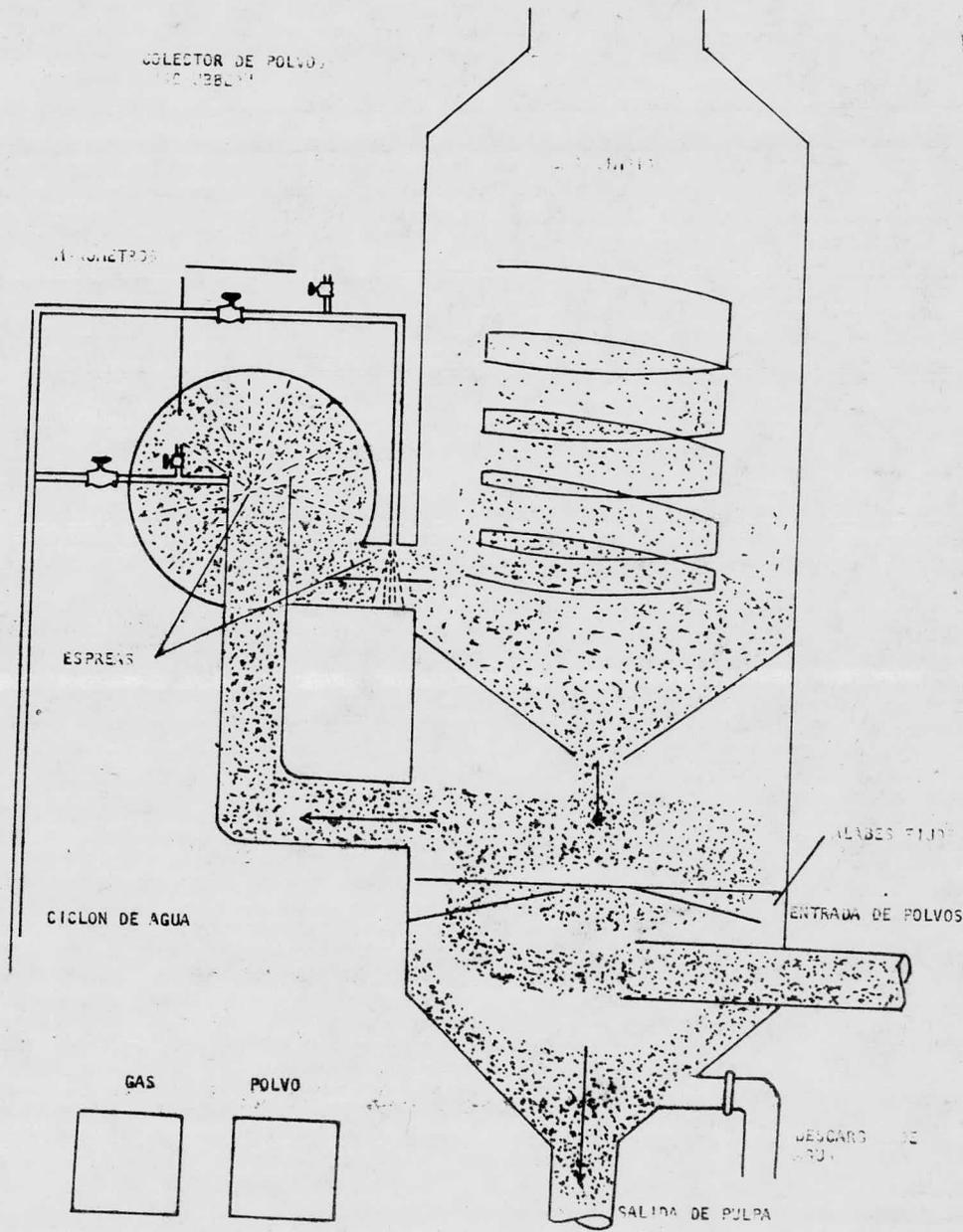
La pulpa del despolvador 80.040 es enviada a la caja 80.031 - por la bomba 80.042 y de ahí se envía al espesador junto con la pulpa del despolvador 80.030 por medio de la bomba 60.032.

Capacidad del espesador 115,000 m³ / hr.

Polvo colectado en las cajas de viento SA - 11 por medio del sistema multiciclón. En esta parte del horno de endurecimiento se produce una gran cantidad de polvo que es succionado por el ventilador - 55.004, el flujo de gases y polvos antes de llegar al ventilador, se hacen pasar por un sistema. De ciclones pequeños, llamados multiciclón (80.001) para separar los polvos de los gases y evitar que puedan causar abrasión en las partes móviles del abanico y también la contaminación del medio ambiente, ya que estos gases son enviados a la atmósfera por la chimenea. Una vez separados, las partículas de polvo del gas son descargadas del multiciclón por medio de las válvulas plattco 80.002 a 80.007 y depositadas sobre el transportador de cadena 80.008 que las - lleva al tanque de repulpeo 80.009, en donde por medio de agua y agitación se forma una pulpa que se envía al tanque espesador con la bomba 80.001 para reprocesarla.

Colector de polvos del piso (80.043).- A pesar de tener un buen control sobre los principales puntos de producción de polvos, es posible que haya esporádicamente acumulaciones de polvo sobre pisos, pasillos y sobre los equipos. A fin de evitar acumulaciones en los puntos antes mencionados, se podrá efectuar limpieza por medio del equipo de vacío 80.043, este sistema consiste en un compresor 80.044 y el absorbedor de polvos 80.043

COLECTOR DE POLVO
NO. 1000000



Los polvos colectados son descargados por una válvula plattco 80.043.1 al transportador de cadena 80.008 y repulsados en el tanque agitador 80.009 para que éste último envíe al espesador junto con el polvo colectado por el multiciclón.

TEMA I I I

MODIFICACIONES DEL EQUIPO DE LA PLANTA

3.1.- INTRODUCCION

Dentro del área de la planta peletizadora se encuentra la recepción, manejo, almacenamiento y filtrado de la pulpa que los podemos - considerar como los primeros pasos del proceso de peletización. En esta parte de la planta básicamente se llevan a cabo las siguientes funciones:

- a) Recepción y Almacenamiento.
- b) Asentamiento y decantación.
- c) Agitación.
- d) Filtración.

Cada uno de estos puntos son necesarios para la recuperación del concentrado contenido en la pulpa, debido a que las partículas de mineral de fierro concentrado deben tener un tamaño específico, regido - por las características propias del proceso de fabricación de pelets, son procesados en humedo. Esto es hacer una suspensión formada por - agua y partículas de mineral (pulpa), para tener una mayor facilidad en su manejo. La cantidad de agua que forma esta pulpa es enviada desde la planta concentradora a la peletizadora por medio del ferroaducto.

Al llegar la pulpa a la planta, el exceso de agua contenida debe eliminarse, como una de las operaciones previas del proceso, y esto se logra por medio del asentamiento y decantación (espesamiento).

El principio es muy sencillo; el material como pulpa es vaciado - a un recipiente, donde las partículas pesadas se asientan en el fondo del recipiente y el agua se separa, teniendo facilidad de decantarla - por medio de un rebase o derrame. Así de esta manera el concentrado que esta en el fondo del recipiente tendrá una menor cantidad de agua de - que la originalmente tenía.

La eliminación de agua estará en relación directa a la velocidad de asentamiento de las partículas y al porcentaje de sólidos contenidos en la pulpa, esto es, hay partículas que se asientan lentamente y otra rápidamente, y esto depende del tamaño de las partículas y la densidad de la misma. La pulpa debe ser enviada para la operación de agitación para esto, la pulpa es descargada por abajo del recipiente espesador, y por medio de bombas de lodos, es enviada a los tanques agitadores, donde se homogeniza la pulpa que se desea filtrar para obtener una alimentación de características constantes, para la sección de filtrado. Posteriormente a la agitación y homogenización se efectúa la operación de filtración. Aquí se va a eliminar la mayor cantidad de agua posible.

3.2.- SISTEMA DE DESCARGA DEL FERRODUCTO

La función del ferroduto consiste en transportar el mineral de hierro en forma de suspensión desde la planta concentradora, localizada en la misma parte donde está la mina (aproximadamente 60 mts. sobre el nivel del mar), hasta la planta peletizadora, que se encuentra dentro del complejo siderúrgico.

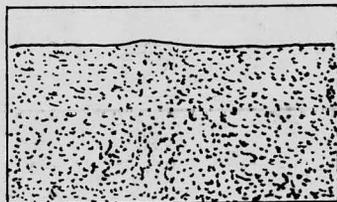
DATOS CARACTERISTICOS

Longitud	26 Km aprox.	
Diámetro exterior	273 mm	
Espesor	1 er Km.	7.7 mm*
	2 do - 9° Km	7.1 mm
	Resto	6.35 mm

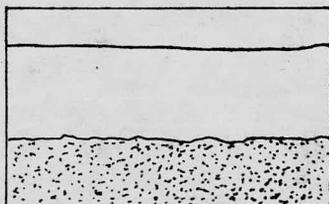
Capacidad nominal: 440 Ton/hr. para un 63% de sólidos máximo.

REQUERIMIENTOS DE VELOCIDAD

% Sólidos	Gravedad específica	Velocidad Mínima M/seg.
55	1.78	1.5



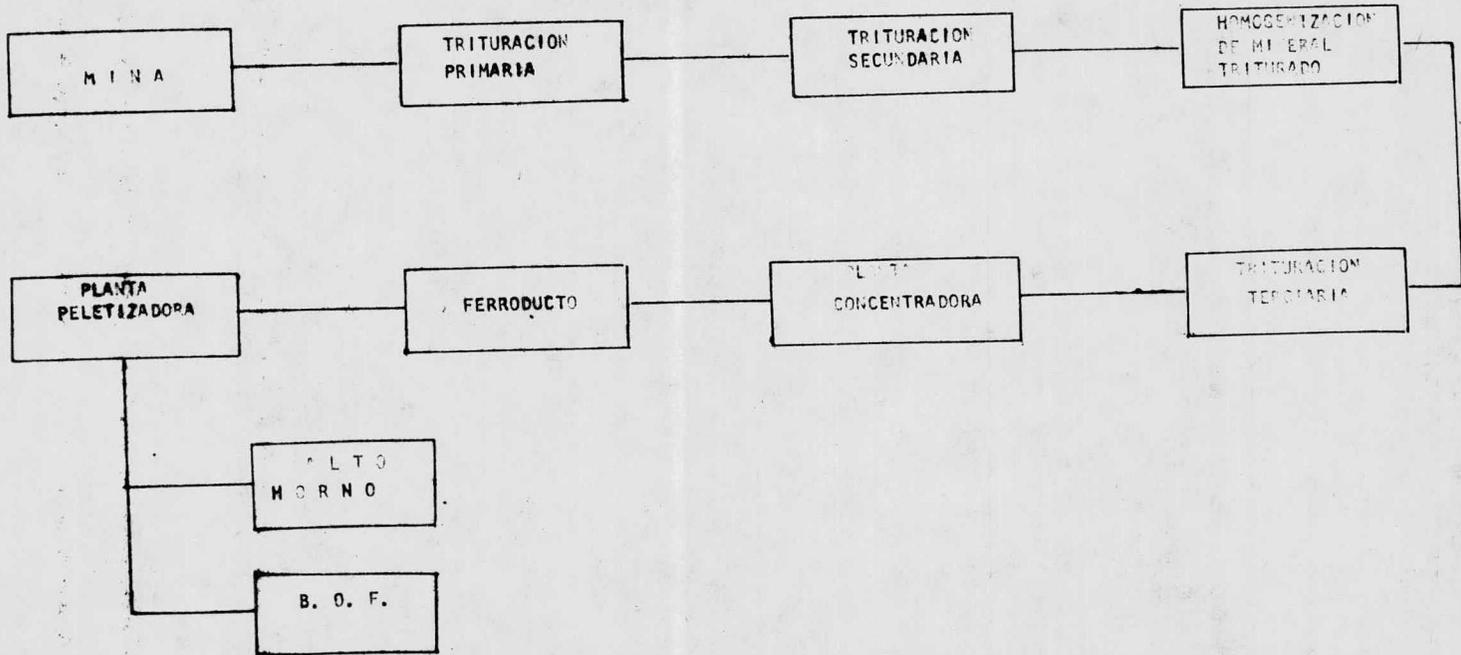
SÓLIDOS EN
SUSPENSIÓN



AGUA

SÓLIDOS
ASENTADOS

RECORRIDO DEL MINERAL DE HIERRO
DESDE LA MINA HASTA LA PLANTA PELETIZADORA



60	1.92	1.65
65	2.08	2.34 (fuera del rango normal)

La velocidad del flujo se mantiene dentro del rango, controlando la velocidad de la bombas principales por medio de dispositivos variadores de velocidad, se tiene el peligro de que haya asentamiento en la tubería.

CARACTERISTICAS DEL CONCENTRADO

QUIMICAS

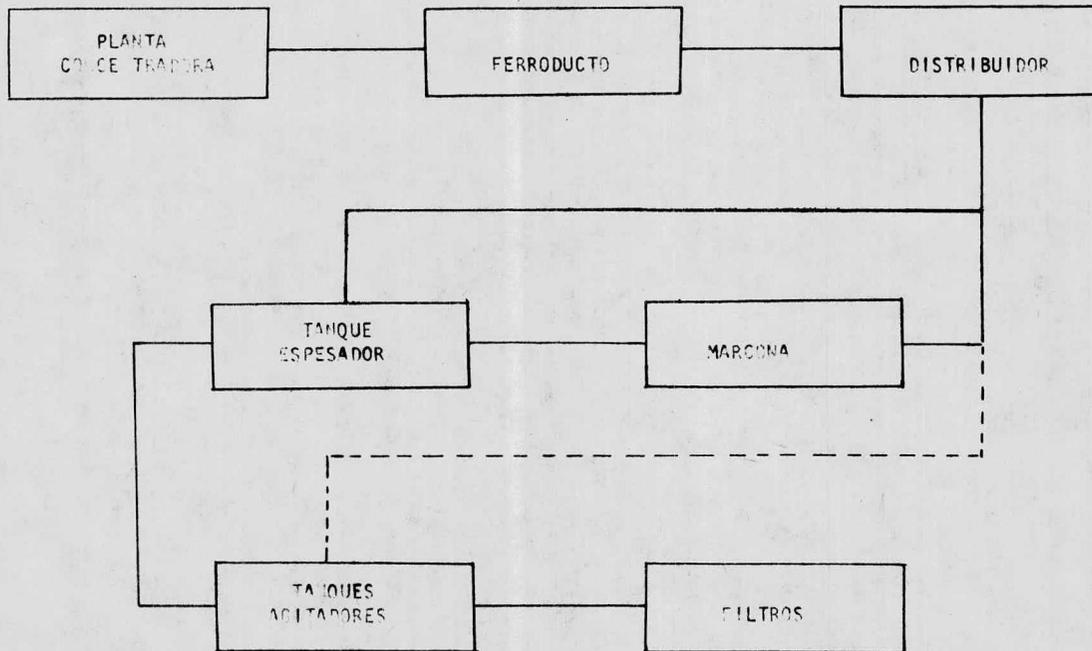
Fe	P	S	Ganga
68%	0.03%	0.1%	5.5% máximo.

FISICAS

Mallas	Porcentajes
- 100	Trazas
- 150	2% máximo
- 200	5 - 10%
- 325	15 - 25%
- 325	75 - 85%
Indice Blaine	1400 - 1800 gr/cm ²

La pulpa suministrada de la planta concentradora, descarga a la caja distribuidora 40.002, a través de esta caja distribuidora móvil - se puede alimentar la pulpa directamente al distribuidor móvil 40.015, que alimenta los tanques agitadores, y en su operación normal, el tanque espesador, otra posibilidad de almacenaje de pulpa, es el tanque - marcona. Esta caja distribuidora móvil, recoge también la pulpa de retorno de los diferentes puntos de la planta, como el sistema selector de polvos, así como los finos provenientes de aceración.

RECORRIDO DE LA PULPA DESDE LA CONCENTRADORA
HASTA EL AREA DE FILTROS



También se cuenta con un depósito para coleccionar el agua y la pulpa derramadas del tanque colector, así como una bomba sumergible 40.001.4 para mandarla de nuevo al marcona. Esta bomba tiene estas características:

CAPACIDAD	22 m ³ / hr.
ALTURA DE BOM.	30 Mt.

3.3.- SISTEMA MARCONA

El marcona es un sistema de emergencia, de almacenamiento y suministro de pulpa. Está instalado adyacente al tanque espesador y se utiliza cuando la pulpa quede en la tubería sin poder ser almacenada en el espesador, ni en los tanques agitadores. También cuando la planta concentradora no puede suministrar pulpa, el concentrado contenido en el marcona puede repulparse y así evitar parar la operación de la planta el marcona es un tanque circular cuyo fondo tiene una forma cónica.

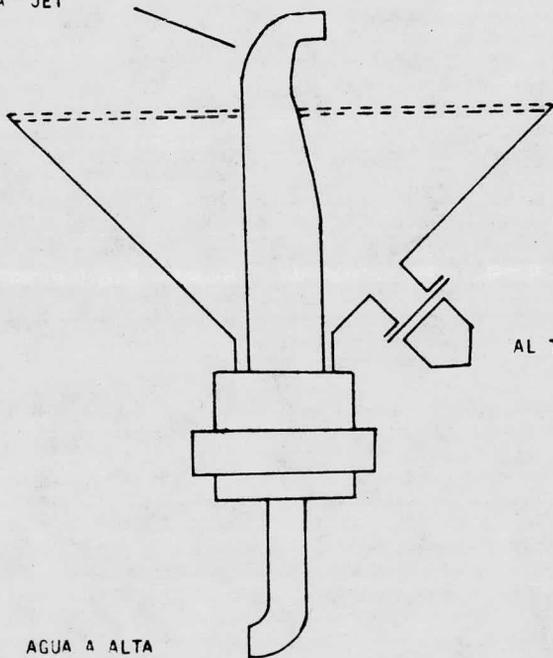
En su parte central se encuentra instalado un dispositivo llamado marcona Jet. Este marcona Jet, tiene forma de boquilla y a través de esta es impulsada agua a alta presión, la boquilla gira sobre su eje y de esta manera repulparamos el concentrado, para suministro de agua a alta presión para el sistema del marcona Jet se cuenta con una bomba de alta presión de las siguientes características:

CAPACIDAD	98 m ³ / hr.
ALTURA DE BOM.	246 m aproximadamente.

El concentrado repulpado descarga en un tanque colector 40.001.10 en esta descarga se tiene una válvula manual que permite el paso de la pulpa, también se puede controlar el flujo de la descarga con esta válvula; a este tanque colector se encuentra conectada, una bomba de lodos

SISTEMA MARCONA JET

MARCONA JET



AL TANQUE RECEPTOR
DE PULPA

AGUA A ALTA
PRESION

40.001.2, que envía la pulpa al tanque espesador 40.003, con las siguientes características:

CAPACIDAD	200 m ³ / hr.
ALTURA DE BOMBEO	15.5 Mt.

3.4.- ESPEADOR DE CONCENTRADO Y EQUIPO AUXILIAR

El espesador de concentrado es un tanque donde descarga la pulpa proveniente de la caja 40.002 el espesador es un tanque circular de concreto que al igual que el marcona, el fondo es de forma cónica la descarga se encuentra en el centro del tanque.

En el centro del espesador se encuentra una flecha vertical, que en su parte inferior tiene montados cuatro brazos de rastrillo, dos cortos y dos largos, esta flecha cuenta con un dispositivo motriz para el movimiento circular a los rastrillos. Los rastrillos están equipados también, con un dispositivo de elevación, que en caso de sobrecarga la cual es indicada por un medidor de torque, es accionado para elevar los rastrillos. Con este dispositivo existe mayor elasticidad en cuanto a la cantidad de material que se maneja.

La función del espesador es aumentar la densidad del concentrado por medio de la eliminación de agua, esto se logra por la diferencia de peso de los componentes, agua y mineral; y por ser este último el más pesado, tiende a asentarse cuando se encuentra en forma de pulpa.

DATOS DEL ESPEADOR

Diámetro	32.86 m
Altura de las paredes	2.5 m
Marca	Dorr Oliver.

RANGO DE AUMENTACION.- Aprox. 393.5 m³ / hr. de pulpa (total) incluye -
aprox. 388 m³ / hr. de pulpa procedente de la -
planta concentradora, con un contenido de sólidos
de aproximadamente 451 Ton/ hr.

Descarga interior	167 m ³ / hr. aprox.
Contenido de sólidos	1354 gr / lt - 65%
Descarga superior	261 m ³ / hr. de agua de proceso.

El espesador al eliminar agua, sube el porciento de sólidos, al 60% que es la cantidad que contiene la pulpa que se alimentará con un 65% que es el contenido de sólidos que va a los filtros. El agua que se elimina - (agua de sobre flujo) debe estar siempre clara. Se debe cuidar que el espesador esté funcionando continuamente, aun cuando el resto de la planta este parada. Durante la operación hay que observar regularmente el torque indicado en el panel de control, cuando el torque exceda de un valor, previamente calibrado en el indicador, se dará una alarma y el mecanismo de rastrillo será levantado automáticamente. Los accionamientos motriz y de elevación del espesador, están conectados a la planta de emergencia.

Bombeo de concentrados. - En la descarga del espesador se encuentran colocados tres bombas de pulpa 40.005, 40.006 y 40.007, que se utilizan para transportar la pulpa del tanque espesador a la caja distribuidora móvil 40.015, de estas tres bombas una está en operación y dos en reserva. La densidad de la pulpa descargada es controlada automáticamente por medidores de densidad radiactivos que influyen en la velocidad de estas bombas, las velocidades de las bombas pueden ser reguladas manual o automáticamente. Cuando se quiera tener una operación automática, se selecciona la densidad requerida desde el cuanto de control. La velocidad de la bomba de operación se ajusta automáticamente cuando se mantiene una densidad conti

nua, estas bombas tienen las siguientes características:

Tamaño de bomba	8" x 6"
Capacidad	168 m ³ / hr.
Densidad de la pulpa	2.08 Kg / lt.
Altura de bombeo	30 m
Marca	Denver.
Tipo	SRL-C

3.5.- TANQUES AGITADORES Y EQUIPO AUXILIAR

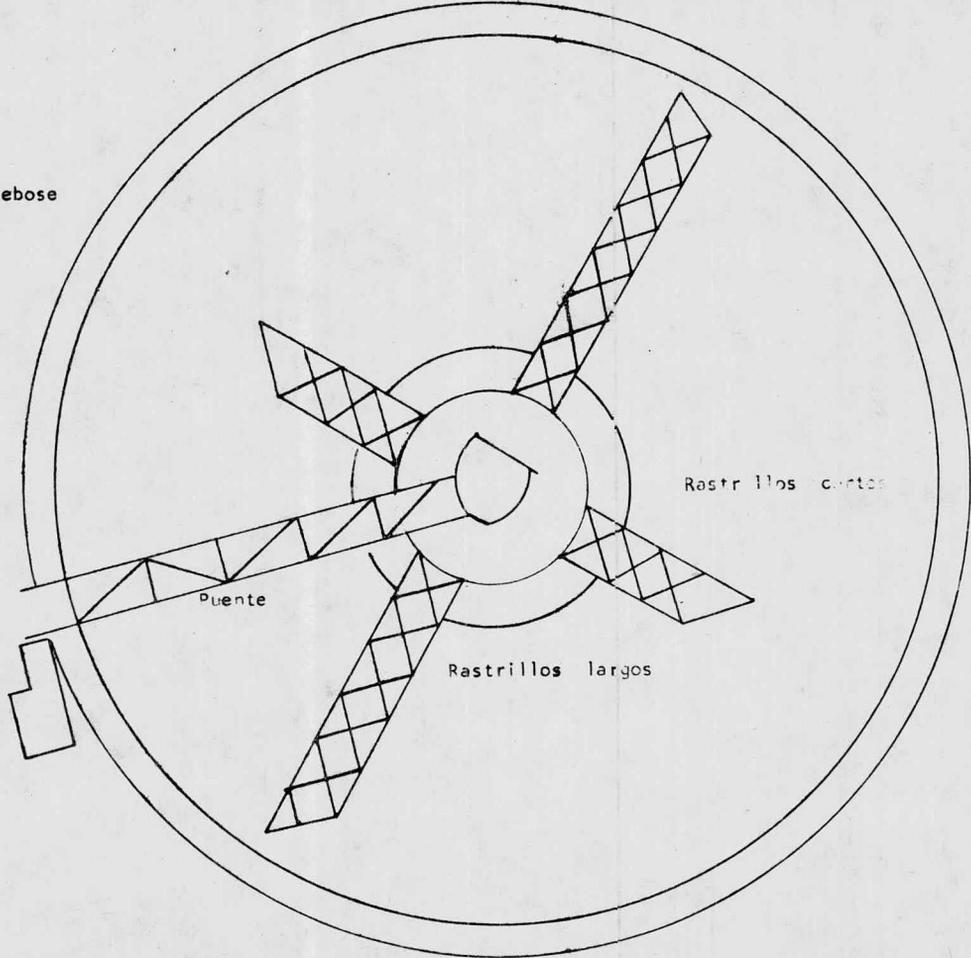
Las bombas de pulpa 40.006, 40.005 y 40.007, que se encuentran en operación mandarán la pulpa a la caja distribuidora 40.015 colocada encima de los tanques agitadores a los que alimenta. La caja tiene un volumen aproximado de 3 m³, este distribuidor, consiste en un recipiente soldado, tipo caja, reforzado con ángulos de acero, tiene unos canales de salida, los cuales parten la carga a donde se requiera.

El distribuidor es movido desde el cuarto de control, a tres diferentes posiciones, indicados por switch limit, dependiendo de las condiciones de operación, de modo que se pueda cargar la pulpa directamente a cualquiera de los tanques, o de volver en circuito cerrado al espesador, cuando las características de la pulpa no sean adecuadas a las necesidades del proceso (65% de sólidos aproximadamente) Los tanques agitadores 40.011 y 40.012 reciben la pulpa de caja 40.015. La función de los tanques agitadores es mantener las partículas de mineral en suspensión de tal manera que la pulpa se conserve siempre homogénea.

El tanque agitador es un cilindro metálico, provisto de un sistema de agitación, compuesto de un motor, reductor, flecha y propela. La propela es de acero y recubierta de hule, es regla general que la propela en

Canal de Rebose

TANQUE ESPESADOR



Puente

Rastrillos cortos

Rastrillos largos

la mayoría de los tanques agitadores, este a $1/3$ de la altura total - respecto al fondo.

El sistema de transmisión de los tanques agitadores está conectada a la planta de emergencia, las bombas componen el sistema de dosificación a los filtros, ya que de acuerdo a las indicaciones de densidad de los densímetros dependerá la velocidad y la adición de agua, la velocidad de estas bombas, se regula manualmente desde la plataforma de servicio de los filtros. Las bombas de revestimiento de hule.

DATOS DE LAS BOMBAS

Tamaño de la bomba	8" x 6"
Capacidad	197.4 m ³ / hr.
Densidad de la pulpa transportada	2.09 Kg / lt.
Altura de bombeo	32.8 mt.
Marca	Denver.

3.6.- SISTEMA DE FILTRADO

La pulpa descargada de los tanques agitadores e impelida por las - bombas de pulpa 40.016 y 40.018 alimentan a la caja distribuidora 40.020 instalada por arriba de los filtros. El distribuidor 40.020 tiene una - descarga superior que permite el retorno de la pulpa sobrante, al tanque espesador o a los tanques agitadores este distribuidor puede alimentar a cualquiera de los filtros de disco 40.021, 40.022, 40.024. Esta caja tiene un volumen aproximadamente de 22 m³.

La función de los filtros de disco es separar el agua de la pulpa quedando el concentado.

Los discos de los filtros tienen la siguiente característica:

No. de disco	10
No. de sectores por disco	10
Diámetro del disco	2.7 Mts.
Area de filtrado	102 m ²
Capacidad	90 Ton/hr. de sólidos aproximadamen <u>te</u> .
Velocidad de giro	Variable.

El principio de operación de los filtros es el siguiente, la pulpa alimentada al recipiente de filtrado es mantenida en suspensión por un - agitador de aspas, el cual es impulsado por un motor con esto obtenemos una torta de filtrado uniforme. Los discos giran en el sentido de la descarga, de modo que el entrar estos a la pulpa en agitación, la fuerza de succión desarrollada por una bomba de vacío, atrae a la pulpa a la tela del filtrado, en la que pasa el agua, y los sólidos quedan pegados en la superficie de la tela, formándose así la torta de concentrado. La succión sigue actuando sobre la torta, de modo que desde que sale del nivel de la pulpa hasta que descarga, se va disminuyendo el contenido de agua en la torta formada, cuando llega el sector a la zona de descarga, se acciona una válvula, que abre el orificio de entrada de aire a presión y cierra la de succión o vacío por medio de una interconexión de una válvula solenoide y de un microswitch. Al entrar el aire a presión al sector se in-fla la saca y la torta se separa de la tela.

A lo largo del recipiente del filtrado en su parte superior, se encuentra el eje central por medio del cual se comunica a los sectores el vacío y la presión de aire además de soportar los sectores y formar - los discos. Este eje está comunicado con los sectores por medio de orificios y pequeños tubos donde se inserta el sector y las barras que suje--tan a los sectores. El vacío correcto en los filtros debe ser observado

cuidadosamente por los operarios, la velocidad de giro de los discos - puede ser regulada manualmente, esto influye en el control de la producción y en la humedad de la torta de filtrado.

Para generar el vacío necesario se cuenta con una bomba de vacío para cada filtro 40.037, 40.038, 40.039, 40.040, de las siguientes características.

Capacidad	17,000 m ³ /hr.
Vacío	85 a 88% aproximadamente.
Consumo de agua	42 m ³ /hr.
Marcona	Elmo.

Para generar el aire comprimido que se utiliza para desprender la torta de filtrado, se tiene un sistema compresor de aire, formado por - dos compresores, 40.049 y 40.050, uno de ellos trabajando y otro de reserva. Cada compresor es de las siguientes características.

Capacidad	2550 m ³ /hr.
Presión	3.0 - 3.5 Kg/cm ²

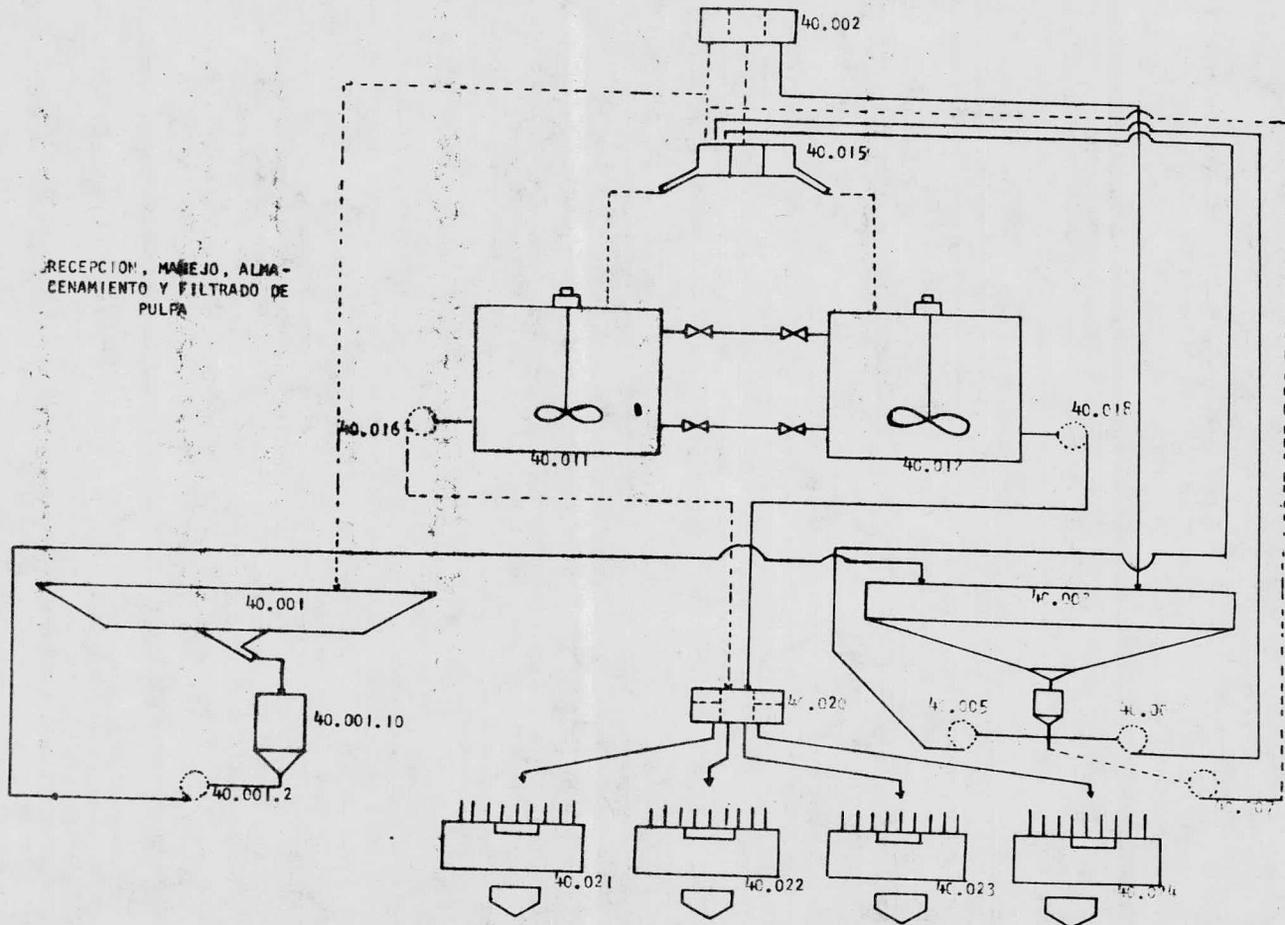
Cada compresor está equipado con un enfriador de agua y dispositivo autoregulator de presión.

3.7.- CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PROCESADOS

Las materias primas que serán procesadas constituyen un 17.6% del pelet. Y se desglosan en la forma siguiente:

Escoria de Aceración	17.5 %
Escoria de Alto Horno	35.0 %
Finos de pelet	18.5 %
Escamas de laminación	7.0 %
Polvos de Alto Horno y aceración	8.0 %
Caliza	7.0 %

RECEPCION, MANEJO, ALMACENAMIENTO Y FILTRADO DE PULPA



Calhidra 7.0 %

Los tamaños que se alimentarán al molino en aditivos y caliza
0 - 20 mm.

Los aditivos son una mezcla de homogeneidad del material recircu-
lado y subproductos de las plantas de aceración es uno de los principa-
les fuentes de abastecimiento. Junto con la cal libre, la cal hidratada
y caliza son los que regulan la basicidad del pelet.

Características principales y nomenclatura de los equipos:

Tolva para caliza 20.011 equipada con celdas
pesadoras capacidad 150 m3.

Dos bandas dosificadoras
pesadoras para caliza 20.014
Rango de capacidad 9.5 Ton/hr. c-u
Máxima capacidad 15 Ton/hr. c-u

Dos tolvas de almacenamiento
de aditivo 20.021
equipada con celdas pesadoras 20.031
Capacidad 200 m3 c-u

Dos bandas dosificadoras pe-
sadoras para aditivos 20.024 y 20.034
Rango de capacidad 43 Ton/hr. c-u
Máxima capacidad 80 Ton/hr. c-u

Una banda transportadora
ascendente 20.041
centros (rodillo a rodillo) 52.3 mts.
Ancho 800 mm
velocidad de la banda 1 mt/seg.
Motor 7.5 Kw. 55.

Un molino de bolas para molienda en seco

(Dos compartimientos del molino)

Diámetro del molino	4.0 mts.
Largo del molino	9.5 mts.
Largo del primer compartimiento	3.0 mts.
Largo del segundo compartimiento	6.5 mts.
Rango de alimentación	48 ton/hr.
Tamaño del grano de descarga	80% - 90 micron
Manejo del molino	1 Ht motor 2400 Kw 900 rpm.
Largo del segundo compartimiento	6.5 mts.
Rango de alimentación	48 ton/hr.
Máximo rango de alimentación	75 ton/hr.
Tamaño del grano de alimentación	0 - 20 mm
Tamaño del grano de descarga	80% - 90 micron
Manejo del molino	1 Ht motor 2400 Kw 900 rpm. (hight-T)
Manejo auxiliar del molino	1 LT motor 55 Kw 1200 rpm (low T)
Transmisión de energía	Motor-cople flexible - unida la caja al <u>reduc</u> tor, cople flexible que une al piñón con la co- rona.
Carga de bolas	Aproximadamente 30% de relleno
Primer compartimiento	Bolas 3" aproximadamente 12 t

Primer compartimiento	Bolas 2 $\frac{1}{2}$ " aproximadamente 12 t
" " "	Bolas 2" aproximadamente <u>24 t</u> 48 t
Segundo compartimiento	Bolas 1 $\frac{1}{2}$ " aproximadamente 24 t
" " "	Bolas 1 1/4" aproximadamente 24 t
" " "	Bolas 1" aproximadamente <u>48 t</u>
Total	96 t

30.011 Generador de aire caliente.

Ventilador del aire de combustión

Ventilador del aire de dilusión Mezcla de gas de coque y Alto Horno.
Aproximadamente 2500 Kcal/Nm³
Aproximadamente 3.6 millones - Kcal/h.

Motor del ventilador del aire de combustión. Motor del ventilador de aire de dilusión

7.5 Kw, 1800 rpm.
15 Kw, 1800 rpm.

30.020 Una criba vibratoria para cribar el material de la carga del molino - 3 mm.

capacidad

75 ton/hr.

largo

2400 mm

ancho

1200 mm

motor

5.5. Kw, 1800 rpm.

- 30.040 Transportador neumático para
la transportación del aditivo
molido
- capacidad 75 ton/hr.
- largo 13.6 mts.
- ancho 250 mm
- motor para el ventilador 2.2. Kw, 3440 rpm
- 30.045 Elevador de cangilones para
transportar los finos molidos
arriba de las tolvas de aditivos
- capacidad 75 ton/hr.
- centros (largo) 37.9 mts.
- ancho 400 mm
- velocidad 0.37 m/seg.
- equipado con un cople fluido para
arranque del motor 11 Kw, 1800 rpm.
- 30.046 Transportador neumático instalado
encima de las tolvas de aditivos
molidos
- capacidad 75 ton/hr.
- longitud 15.3 mts.
- ancho 250 mm
- motor del ventilador 2.2 Kw, 1800 rpm.
- 30.021 Dos ciclones
- 30.022 Para el desempolvado, primario de
los gases que salen a la atmósfera
- Diámetro del ciclón 2000 mm
- Longitud del ciclón aproximadamente 7500 mm

- 30.070 Un filtro de bolsas, para desem
 polvado final de los gases.
 Incluyendo tornillos sin fin y 30.071 / 30.072
 registro de doble péndulos para 30.073 / 30.074
 la descarga del polvo.
 Superficie de filtración 400 m2
 No. de bolsas 350
 Volumen de aire a desempolvar 65,000 Nm3 / hr.
- 30.075 Compresor para producir el aire de
 limpiado para el filtro de bolsas.
 capacidad aproximadamente 165 Nm3/hr.
 presión 5 a 6 atm. ef.
- 30.080 Ventilador para gases que salen
 a la atmósfera
 capacidad 72,730 m3 / hr.
 aspiración 400 mm CA, a 120° C.
 motor 185 Kw, 1800 rpm.
- 40.073 Mezclador Lodige
- 40.074 Capacidad nominal 337,6 Ton/hr.
 capacidad de diseño máxima 420 Ton/hr. c/u
 diámetro 1850 mm
 longitud 5000 mm
 motor 400 Kw.
- Descripción del principio y datos de diseño
 Manejo de la torta de filtración, dosificación de aditivos y fi-
 nos reciclados de la planta metalúrgica.
- 40.062 Banda de transporte horizontal
 dispuesta debajo de los filtros de vacío.
 capacidad de transporte nominal. 274.9 Ton/hr.

	capacidad de diseño, máxima	450.ton/hr.
	distancia entre ejes	57.3 mts.
	velocidad de la banda	0.33 a 1.05 m/seg regulable.
	ancho	1200 mm
	motor	22 Kw.
	velocidad régimen del motor	600 a 1800 rpm.
40.063	Banda pesadora	
	capacidad de diseño	334 Ton/hr.
40.064	Banda de transporte ascendente.	
	capacidad nominal	337.6 Ton/hr.
	capacidad de diseño	540 Ton/hr.
	distancia entre ejes	33 mts.
	velocidad de la banda	1.3 m/seg
	ancho	1000 mts.
	motor	37 Kw.
40.065	Dos tolvas para aditivos molidos	
40.066	Encima de la banda de transporte 40.064, equipada de un sistema de control de nivel mediante celdas de carga.	
	Tolva 40.065	volumen 255 m3
	tolva 40.066	volumen 200 m3
	Las salidas de las tolvas son cerradas mediante una compuerta.	
40.068	Dos básculas dosificadoras con esclusas de	
40.069	Ruedas celulares.	
	para regular la descarga de la tolva de finos reciclados y cargas de la banda	40.064
	capacidad de diseño	70 Ton/hr. c/u.
	rango de regulación	1.10

40.067 Una tolva para cal hidratada con dos salidas.

Encima de la banda de transporte 40.064, equipadas con un sistema de control de nivel mediante células de carga y con una unidad desempolvada.

Parte cilíndrica	5.5 m de diámetro
	3.0 m de altura
Salidas cónicas	2.75 m de diámetro
	c/u reducido a un diámetro de 1 m con 6.5 m de altura
Volumen útil	90 m ³ .

Las salidas cónicas son cerrables mediante una compuerta

40.070 Transportador - Pesador - Dosificador.

40.071 Para regular la descarga de la tolva de cal hidratada y cargar la banda de transporte 40.064

capacidad de diseño	7 ton/hr. c/u
rango de regulación	1.10

40.072 Banda de transporte horizontal

capacidad nominal	337.6 ton/hr.
capacidad de diseño	540 ton/hr.
distancia entre ejes	2.7 m
velocidad de la banda	1.3 m/seg.
ancho	1000 mm
motor	3.7 Kw.

40.073 Mezclador lodige

40.074 Capacidad nominal	337.6 ton/hr.
capacidad de diseño	420 ton/hr. c/u
diámetro	1850 mm
longitud	5000 mm
motor (de A.T.)	400 Kw (298.4 HP)

40.075	Transportador ascendente.	
	capacidad nominal	337.6 ton/hr.
	capacidad de diseño máxima	540 ton/hr.
	distancia entre ejes	13.5 mts.
	velocidad de banda	1.3 m/seg.
	anchura	1000 mm
	motor	15 Kw.
40.076	Transportador ascendente	
	capacidad nominal	337.6 ton/hr.
	capacidad de diseño máxima	540 ton/hr.
	distancia entre ejes	75 mts.
	velocidad de banda	1.3 m/seg.
	ancho	1000 mm
	motor	55 Kw.
40.077	Transportador ascendente	
	capacidad nominal	337.6 ton/hr.
	capacidad de diseño máxima	540 ton/hr.
	distancia entre ejes	15.5 mts.
	velocidad de la banda	1.3 m/seg.
	ancho	1000 mm
	motor	15 Kw.
40.078	Transportador ascendente	
	capacidad nominal	337.6 ton/hr.
	capacidad de diseño máxima	540 ton/hr.
	distancia entre ejes	16 mts.
	velocidad de la banda	1.3 m/seg.
	ancho	1000 mm
	motor	15 Kw.

40.083	Banda de transporte ascendente (reversible)	
	capacidad nominal	337.6 ton/hr.
	capacidad de diseño máxima	540 ton/hr.
	distancia entre ejes	14.5 mts.
	velocidad de la banda	1.3 m/seg.
	ancho	1000 mm
	motor	11 Kw.
40.087	Banda de transporte horizontal (reversible)	
	capacidad nominal	337.6 ton/hr.
	capacidad de diseño máxima	540 ton/hr.
	distancia entre ejes	9.5 mts.
	velocidad de la banda	1.3 m/seg.
	ancho	1000 mm
	motor	5.5 Kw.

3.8.- ALMACENAMIENTO Y MOLIENDA ADITIVOS

Los materiales que se usan como aditivos en el pelet (escorias, - finos de pelets, escamas de laminación, caliza, etc.,) previamente homogeneizados, son recibidos de almacenados en las tolvas 20.021, 20.031 y 20.011, que se encuentran en la sección molida. De estas tolvas el material es alimentado al molino mediante 4 dosificadores 20.024, 20.034, - 20.014 y 20.015 que regulan la cantidad de material que será molido y posteriormente mezclado.

La molienda que se lleva a cabo en esta sección consiste en dos pasos, los cuales, tienen dos objetivos. El primero es romper las partículas que presentan madurez, especialmente la escoria de aceración. Esta - primera molienda se lleva a cabo en el primer compartimiento del molino 30.001 a un tamaño de un milímetro usando un tercio del volumen total de

trabajo del molino y un diámetro de bola de 3", 2", $1\frac{1}{2}$ " y 2".

El segundo paso lleva a cabo el siguiente objetivo que consiste en moler el material hasta 325 mallas o 45 usando el resto del volumen de trabajo del molino y un tamaño de bola $1\frac{1}{2}$ ", $1\frac{1}{4}$ ", y 1". La carga total de bolas es de 48 toneladas para el primer paso y 96 toneladas para el segundo.

El circuito de molienda es abierto, teniendo una criba (30.020) a la descarga, que separa las partículas de arriba de 3 mm, las cuales son eliminadas del circuito. La molienda es seca y para evitar la humedad se tiene un sistema generador de aire caliente (30.011) acoplado al molino. Junto a la compuerta de alimentación, el cual consume gas mezclado, este aire se hace pasar a través del molino para mantener seca la carga. Después de haber privado el producto éste es transportado mediante un sistema neumático 30.040 hasta un elevador de cangilones 30.045 que eleva el material hasta depositarlo a otro transportador neumático 40.046 que distribuyen el material en las tolvas de aditivos molidos 40.065 y 40.066 para después dosificarlos sobre el concentrado que ha sido filtrado mediante los alimentadores 40.068 y 40.069.

Tamaño de alimentación.- Cuando el material alimentado, al molino es mayor al que se debe alimentar, se obtendrá un producto mayor al que se debe tener, porque el tiempo, revoluciones y carga de bolas del molino están diseñados para aceptar un tamaño predeterminado de 0 - 20 mm o sea que, alimentado un tamaño de 50 mm por ejemplo, se tendrá en menos tiempo y un tamaño de bolsas inadecuado para obtener el tamaño requerido en la descarga y por lo consiguiente menor producción.

Carga de alimentación.- La carga alimentada al molino debe ser constante y debe estar dentro del rango de la capacidad, para la cual el molino fue diseñada, en caso de que la carga de alimentación esté arriba

de lo diseñado, se corre el riesgo de sobrealimentar el molino y a su vez se provoca que el producto salga más grande y la producción baja.

Tipo de material.- Cuando el material alimentado al molino varía en su dureza o en la cantidad de partículas se tendrá una descarga diferente, debido a que el material duro no se podrá moler ni tampoco las partículas metálicas en la escoria de operación, en éste caso se reportará esta anomalía para que se entreguen materiales más convenientes para molienda y además evitar desgastes demasiados severos en las laines y bolas del molino.

Revolución del molino.- Las revoluciones como la alimentación deberán mantenerse constantes y sin cambios, para que los problemas que se presenten sean indentificados rápidamente y evitar variaciones en el tamaño de las descargas.

Tamaño de bolas.- Inicialmente se trabajará con las indicaciones de los fabricantes del molino y posteriormente con datos más exactos se harán los cambios de bolas. Los períodos convenientes para también evitar la producción de tamaños fuera de especificación en la descarga. La falta de carga de bolas hace que se tenga una molienda deficiente y una producción baja.

Humedad del material.- El operador se asegura que la humedad del material a moler sea eliminada dentro del molino en su totalidad, para que la eficiencia de la molienda no baje, al tener un exceso de humedad en el material éste se pega en las laines y en las bolas por lo que, el impacto de éstas con las partículas a moler no es eficiente para romperlas y molerlas.

Mezclado.

a) Calibración del equipo pesador. La operación de dosificación de aditivos y cal hidratada es sumamente crítica, porque la dosifica---

ción errónea de éstos materiales sobre el concentrado proveniente de los filtros provocaría un pelet de análisis incorrecto, por lo que, se tiene que supervisar y checar constantemente la buena operación y calibración del equipo dosificador pesador.

b) Limpieza de los mezcladores. Al cambiar un mezclador ya sea por falla o por otra causa, se limpiará lo más pronto posible para evitar incrustaciones que a la larga son muy difíciles de quitar. Manteniendo limpios los mezcladores las aspas y motores tendrán menos esfuerzo y más duración de operación lo cual reduce el costo que se tiene de mantenimiento y operación.

Mezclado de aditivos y concentrado.

La banda 40.074 pasa bajo las tolvas de aditivos molidos y cal hidratada (40.065, 40.066 y 40.067), la cual transporta el material - filtrado de concentrado que contiene 9 a 10.54 de humedad. Los aditivos y la cal hidratada se dosifican sobre el concentrado mediante los alimentadores 40.068, 40.069, 40.070 y 40.071, esta dosificación hace que el contenido de humedad baje en caso de que la humedad sea muy baja se tiene la posibilidad de incrementar en el paso siguiente que es el mezclado. Aquí el material es enérgicamente agitado para que los aditivos sean distribuidos homogéneamente, en todo lo que es el concentrado, la adición de agua, se hace directamente en los mezcladores manualmente - (en caso necesario). Se tienen dos mezcladores 40.063 y 40.064 que trabajan uno operando y otro como reserva en caso de reparación del otro.

Ya mezclado el concentrado con los aditivos y teniendo las características de humedad adecuadas, se transporta la mezcla hasta las tolvas de almacenamiento mediante las transportadoras 40.075, 40.076, 40.077, 40.078, 40.083 y 40.087.

Los transportadores 40.083 y 40.087 son reversibles con el fin

de alimentar dos puntos o sea que, el 40.083 alimenta el transportador 40.087 y la tolva 40.084 y el 40.087 alimenta las tolvas 40.085 y 40.086

Principales principios de operación.

En la operación de molienda y mezclado se deben considerar principalmente los siguientes puntos.

1) Molienda.

- a) Tamaño de alimentación.
- b) Carga de alimentación tone/hrs.
- c) Tipo de material.
- d) Revoluciones del molino.
- e) Tamaño de bolas.
- f) Humedad del material.

TEORIA DEL BOLEO

- a) Como se forma los pelets.
- b) Mecanismo de la formación de los pelets verdes.
 - 1.- Período de formación de núcleos
 - 2.- Período de transición.
 - 3.- Período de crecimiento.
 - 3.a.- Crecimiento por asimilación.
 - 3.b.- Crecimiento por recubrimiento.

Los factores que influyen sobre la formación de pelets.

- a) Características físico-químicas del mineral.
- b) Tipo de aditivo.
- c) Porcentaje de aditivo.
- d) Superficie específica del mineral.
(G. Blaine)
- e) Porcentaje de humedad en el concentrado.
- f) Características del mineral.

3.9.- PRINCIPIOS DE OPERACION

a) OPERACION DE LOS DISCOS PELETIZADORES

Descripción de la operación siguiendo el flujo del material.

Si el punto de alimentación se acerca hacia el centro del disco se produce un promedio alto de pelets verdes pequeños, si el punto de alimentación se aleja del centro del disco, se produce un promedio de pelets grandes, de acuerdo con esto se puede establecer el punto adecuado de alimentación dependiendo del tamaño del pelet que se requiera.

Inclinación del disco.

Con baja inclinación (respecto al horizontal) la cantidad de material en el disco es mayor, debido a que aumenta el tiempo de retención. La inclinación óptima debe estar de acuerdo a la velocidad del disco y balanceando las otras constantes. Se recomienda una inclinación del disco entre $47 - 48^\circ$

Al cambiar la inclinación del disco, cambia también su posición de descarga.

Velocidad de rotación del disco.

Los discos están equipados con una transmisión de bandas trapezoidales ("U") y cuatro poleas intercambiables que permiten ajustar el disco a las velocidades requeridas. El cambio de velocidad y el cambio de inclinación son factores que determinan el tiempo de retención.

Adición de agua.

Para preparar pelets verdes con propiedades satisfactorias, el agua para el disco se adiciona por medio de espreas finas que la descargan atomizada, por lo tanto éstas deben estar bien dirigidas sobre el área del disco en la cual se forman las semillas o núcleos.

Justamente encima del área de alimentación hacia la orilla, puesto que si se agrega más agua al centro del disco, se producen pelets muy gran

des y agregando esta agua junto a la zona de descarga, se forman terrones. También un humedecimiento en exceso produce terrones.

3.9.1.- TEORIA DEL BOLEO

El desarrollo inicial de la peletización fue impulsada ante el temor de una escasez de reservas de mineral de hierro que obligó a incorporar minerales de baja ley cuyo tratamiento producía concentrados demasiado finos para ser sinterizados.

El descubrimiento posterior de grandes reservas de mineral de hierro, alejó el temor sobre el abastecimiento de esta materia prima - mientras tanto el proceso de peletización demostraba sus ventajas no solo para minerales de baja ley, sino en general para entregar un producto con alto contenido de "Fe", del orden de 65 % de ley y de cualidades aptas para el Alto Horno. La facilidad de poder tratar material muy fino con un menor consumo de combustible impulsó la aplicación del peletizado.

La aptitud del pelet para alimentación del Alto Horno es debida - principalmente a:

- 1) Su forma esférica y su estrecho rango de tamaño de una carga capaz de ser regularmente distribuida a través de la cuba del horno; reduciendo las canalizaciones y aumentando el contacto gas - sólidos.
- 2) Los pelets son de composición química homogénea con alto % de Fe en estado oxidado, esto junto a su porosidad los hace químicamente reducibles.

La única desventaja de los pelets es que sean normalmente ácidos, ya que la producción de pelets autofundentes sería en algunos casos económicamente incosteable por invo-

lucrar costos de transporte de caliza, por lo tanto la peletización sería más cara y tendría menos % de "Fe" y sería susceptible a la meteorización; esto se refiere a la formación de pelets con minerales europeos de baja ley y no considerando las recientes experiencias de las plantas modernas como las de CVRD de Tubarao, que tiene una capacidad de 5×10^6 toneladas de pelets al año, de alta ley en "Fe" y con aglomerantes de calhidra de los que se agrega hasta un 2 %.

En otras plantas peletizadoras podrían obtenerse concentrados de alta ley de hierro y abastecimiento económico conveniente de caliza en comparación con bentonita, todo dependiendo de las condiciones locales. En la práctica actual el uso combinado de pelets acidos y sinter incluiría todo el fundente necesario para la carga total no siendo necesario agregar caliza al Alto Horno como al B.O.F.

La aglomeración de minerales de "Fe" no solo permite el aprovechamiento de los finos, sino que además ha posibilitado incrementar sustancias de producción unitaria a menor costo.

Los procesos de aglomeración mismos involucran compresión de fenómenos de transferencia de calor y masa, dinámica de fluidos y fenómenos físicos - químicos, en tanto que una correcta apreciación de las propiedades de los productos requiere un conocimiento de las técnicas mineralógicas. En cuanto al diseño, operación y control de las plantas y corresponde a varias especialidades de la ingeniería, por lo tanto podemos decir que la aglomeración es una actividad multidisciplinaria demandando la preocupación coordinada de científicos e ingenieros.

3.9.2.- COMO SE FORMAN LOS PELETS

Ha habido una gran falta de teoría sobre el proceso de formación de los pelets, por lo tanto se le ha dedicado un extenso trabajo a este

campo, en la división de procesos minerales. Al formarse las bolas co-
cidas, el fenómeno capilar produce las fuerzas de unión de las parti-
culas de mineral. Las fuerzas capilares dependen de la superficie es-
pecífica del mineral y de su aglutinante y el agua, por lo tanto la
superficie específica (G.B.) del mineral es un factor decisivo para la
formación de pelets, después del aglomerado húmedo de las partículas,
los enlaces de Van Der Waals las mantienen juntas estos enlaces tienen
una fuerza máxima para una distancia entre partículas de unos 4 \AA , pe-
ro son débiles a distancias de por ejemplo 100 \AA .

Los enlaces tienen una fuerza máxima y los enlaces Van Der - -
Waals dependen por lo tanto de la computación del material sólido, dan-
do la máxima fuerza para una mayor compactación. Tanto en el G. Blaine
como en el grado compacto tienen una gran influencia sobre la fuerza -
del pelet verde.

3.9.3.- MECANISMO DE LA FORMACION DE LOS PELETS VERDES.

La formación de los pelets tiene gran dependencia con el conte-
nido de humedad, cuando éste es bajo, el material alimentado se adhiere
a la superficie del disco o tambor peletizador y cuando es desalojado de
ahí tiende a deslizarse antes de rodar, con algo de agua, pero siempre -
bajo el % mínimo requerido, la velocidad peletizadora es baja, con forma-
ción de pelets grandes y débiles, ya que el agua está irregularmente dis-
tribuida con partes más secas que el promedio. Hay un rango crítico de
humedad dentro de el cual se forman pelets adecuadamente fuertes, esta -
humedad aconsejada es de 10 % de agua en el concentrado para producir un
pelet bien compacto.

Cuando la humedad es menor la peletización es lenta y los pelets
verdes tienden a ser quebradizos e inadecuados para ser endurecidos con

una humedad mayor del rango mencionado, el boleado es mucho más rápido pero los pelets producidos tienden a ser más plásticos y deformables en el proceso siguiente. La humedad crítica del boleado es importante para iniciar la formación de los núcleos, sin los que el proceso no puede avanzar.

Tales núcleos están casi saturados de agua, con un ligero exceso de ella la superficie que le imparte un cierto grado de plasticidad superficial. Esto capacita una deformación parcial cuando dos núcleos chocan. De acuerdo con el tiempo de permanencia de los pelets en el equipo peletizador, se tendrá que ellos pasarán primero por un período de formación de núcleos, luego por una etapa de transición y finalmente por un período de crecimiento de los pelets.

3.9.4.- PERIODO DE FORMACION DE NUCLEOS

Esta formación se debe a la energía superficial asociada inicialmente con una delgada película de agua que rodea a las partículas.

Cuando las partículas se ponen en contacto, las películas acuosas coalescen. Al rodarse forman agregados muy porosos de partículas mantenidas y unidas por los anillos lenticulares de agua en el punto de contacto de las partículas. Después de un corto período de reacondicionamiento y compactación parcial de las partículas, estos agregados forman pequeños núcleos esféricos y estables.

3.9.5.- PERIODO DE TRANSICION

El núcleo es compactado por un rodamiento de las partículas, disminuyendo el volumen intersticial vacío y quedando los espacios capilares de agua. Esto es saturado. Las fuerzas de los capilares atraen entre sí

las partículas, lo que junto a la acción rodante del equipo peletizador hacen más denso el núcleo.

La superficie es todavía muy plástica, por eso se tiene crecimiento por simple coalescencia de núcleos, formándose granos mayores por lo que en esta etapa el rango de tamaño es amplio.

3.9.6.- PERIODO DE CRECIMIENTO DE LOS PELETS

El crecimiento de los pelets puede verificarse por medio de dos mecanismos:

a) Crecimiento por asimilación, esto ocurre cuando no se agrega material fresco de alimentación. Los pelets pequeños son fragmentados por los mayores, estos fragmentos se adhieren en la superficie de los pelets grandes por la acción rodante, creciendo más éstos.

A mayor disparidad de tamaños, mayor será la tendencia a fragmentar los pelets pequeños. Mientras más grande es un pelet, mayor es su capacidad para crecer.

b) Crecimiento por recubrimiento, esto ocurre cuando se tiene la abundancia de alimentación nueva al equipo peletizador. Inicialmente los núcleos y gránulos se forman por coalescencia pero el crecimiento sigue luego por recubrimiento de capas del material alimentado, pocos pelets sufren fragmentación, posiblemente por el efecto amortiguador del material alimentado. Con esto se producirían pelets verdes de rango de tamaños más estrechos que en el crecimiento por asimilación.

Uno de los principales objetivos de la peletización de minerales de hierro, es lograr un estrecho rango de tamaño, esto sugiere que conviene más el sistema de disco o bien que debe agregarse alimentación en va

rios puntos a lo largo del eje del tambor.

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE LA FORMACION DE PELET

Los factores que influyen en la formación y propiedades de los pelets, se clasifican en dos categorías:

CARACTERISTICAS FISICO - QUIMICAS DEL MINERAL

a) Tipo de aditivo.- Cuando hay un cambio de ditivo, ligicamente hay variación en el tamaño de pelet, debido al cambio de las propiedades de aglomerante, por las características propias del tipo de aditivo.

b) Porcentaje de aditivo.- Es muy importante observar que a mayor o menor porcentaje se dificulta la formación de buenos pelets sien do en este caso rugosos, deformes, de poca resistencia y de distribución granulométrica desfavorable.

c) Superficie específica del mineral (Grado Blaine),- El grado blaine es una medida de la finura del mineral, de la cual dependerá en gran parte, la formación de los pelets bien aglomerados, de buen tamaño y buena resistencia.

d) Porcentaje de humedad en el concentrado.- La humedad en el con centrado que deberá ser peletizado, es un factor decisivo en la formación de buenos pelets, es importante hacer notar que si no se tiene un buen control en la humedad, no es posible obtener buenos tamaños de pelet aunque se tenga un buen grado blaine y aún agregando un porcentaje eleva do de aditivo siendo este el mejor de los aditivos, especialmente si la humedad es alta. La humedad óptima se deberá determinar en función de la superficie específica de los minerales de hierro tal parece que oscila - entre 9.5 - 10 % de agua.

e) Características del mineral.- Las características físicas y quí

micas del mineral, influyen indirectamente en la obtención de buenos pelets, porque de las características de dicho mineral dependerá que se tenga mayor o menor dificultad para obtener el grado blaine adecuado para su boleado.

3.9.7.- FACTORES DEPENDIENTES DEL DISEÑO Y OPERACION DEL EQUIPO

PELETIZADOR (DISCOS DE BOLEO)

a) Altura de bordo.- Cada disco tiene diseñado un bordo. En el fondo, los discos tienen un forro en toda el área de una malla de acero para facilitar la adherencia de una capa de concentrado, necesaria para la formación de los pelets.

La propiedad de adherencia de esta capa afecta el volumen útil del disco, pero puede ser neutralizado moviendo las posiciones de los raspadores del fondo y del bordo así como el ángulo de inclinación y la velocidad de rotación del disco y junto con el diámetro de éste nos dá el tiempo de permanencia que es muy grande, los pelets verdes resaltarán muy grandes.

b) Posición de los raspadores.- Los discos están equipados con cinco raspadores para el piso, y un raspador estacionario para el bordo. Los raspadores del piso están colocados de tal forma que cubran toda el área de trabajo del disco, pero los que más se desgastan son los más cercanos al bordo por esta área la más cargada. Cuando la abrasión desgasta la parte inferior de los raspadores se producen escalones en la capa, que obstruyen la acción rodadora del material y los pelets en el disco. Por esta razón, los raspadores deberán cambiarse cada que se observen los escalones en el disco.

c) Área de alimentación.- El lugar de alimentación al disco está opuesto a la descarga de los pelets verdes. Esto puede variar - 5° cuando se cambia la posición del desintegrador.

d) Como influyen los factores en la formación del pelet.- La operación de los discos se considera más un arte que una técnica, lo que sucede realmente es que no se conoce a fondo cual es la influencia real de los factores que afectan este proceso y además que al variar uno de éstos, los demás necesariamente permanecen constantes, por ejemplo:

G. Blaine contenido de ganga y humedad.

Cuando hay un cambio cualquiera que éste sea el producto de los discos o sea los pelets verdes cambian principalmente en lo que respecta a tamaño, resistencia y porosidad.

La porosidad es el volumen de huecos en el pelet con relación al volumen total y está determinado por:

- 1.- El tamaño de la partícula.
- 2.- Distribución del tamaño
- 3.- Grado Blaine.
- 4.- Proceso de aglomeración.

La porosidad será menor si las fuerzas mecánicas son grandes.

La altura de la caída y el diámetro del disco son los factores más importantes que influyen en la porosidad del pelet cocido, siendo esta factor determinante en el proceso de aceración. El pelet se va formando invariablemente mediante el rodamiento de tal manera que la forma esférica siempre se conserva, dependiendo sobre todo de la humedad del mineral grado blaine y uso del aditivo.

El tamaño de los pelets crece cuando:

- 1.- Existe un exceso de humedad.
- 2.- Baja la inclinación del disco (respecto a la horizontal)
- 3.- Mayor tiempo de retención.
- 4.- Menor capacidad y mineral grueso.

Todos estos factores están ligados entre si, ya que sus efectos no pueden ser independientes.

Se ha encontrado también que a medida que el diámetro del disco aumenta, la porosidad disminuye y el pelet al secarse y cocerse explota por no tener suficientes poros para el escape del vapor de agua, por tal motivo sería necesario usar discos pequeños para la producción de pelets verdes de buena porosidad. Pero debido a las necesidades de grandes tonelajes, se provoca por medio de los raspadores y reflectores, un tiempo de retención menor para tener altas porosidades.

3.9.8.- OPERACION DE LOS DISCOS PELETIZADORES

Descripción de la operación siguiendo el flujo del material.

El material mezclado (concentrado, calhira y aditivos) se deposita en las tolvas de almacenamiento (40.084, 40.085 y 40.086) que tiene una capacidad de 37 m³ c/u.

El llenado de éstas tolvas se hace mediante un sistema de bandas arriba descritas, siendo gobernadas por una celdas de carga para controlar el nivel de las mismas. La descarga del material de las tolvas se hace con ayuda de un vibrador colocado en la parte inferior de cada tolva, siendo éste controlado por medio de un dosificador (p.ejem. 40.088) de velocidad variable.

Cada disco peletizador (p.ejem. 40.094) de un diámetro de 7.5 m., se carga por la parte superior del mismo, mediante una dosificadora - - (p.ejem. 40.088); a la carga de ésta se encuentra un desintegrador de terrones (p. ejem. 40.091) la función de éste es desintegrar las partículas grandes formados del material mezclado y distribuido en el disco.

El dosificador y el desintegrador son ajustados manualmente para proveer la mejor alimentación del área del disco y así obtener buena producción de pelets verdes.

Los pelets son formados en el disco, con simultanea y variable adición de agua. La inclinación y la velocidad de los discos son variables y se seleccionan localmente durante las pruebas con carga de acuerdo con las propiedades de la mezcla, diámetro deseado de los pelets y rango de alimentación.

Los pelets verdes producidos se descargan sobre la banda reversible (40.129), haciendo posible el transporte del producto del disco cuando está fuera de especificación a un recipiente mediante la banda 40.145 y la banda reversible 40.146 y si se requiere este material se puede mandar el mezclador, haciendo el cambio de dirección de la banda 40.146 para que lo descargue a la banda recolectora de la -torta de los filtros (40.062) y lo envíe a los mezcladores.

3.9.9.- TRANSPORTACION Y CRIBADO DE PELETS VERDES

Cuando el producto del disco reuna la especificación requerida entonces la banda reversible 40.129 cambia la dirección y transfiere - los pelets verdes a la banda colectora 40.137 siendo esta equipada con rodillos locos inclinados corriendo a baja velocidad para asegurar un manejo uniforme de los pelets verdes.

Bajo esta banda se encuentra la banda pesadora 40.148 que pesa la cantidad total del producto de los discos peletizadores.

La descarga de la banda 40.137 cae sobre la banda oscilatoria 40.139 la cual asegura una distribución uniforme del producto de los - discos sobre todo lo ancho del transportador de rodillos 40.140

El número de oscilación de la banda es variable y se puede ajustar mediante un sistema hidráulico, según sea necesario y tomando en - cuenta la velocidad de alimentación y el perfil de la capa de pelets - verdes en la banda alimentadora.

CIRCUITO DE PELETTIZACION

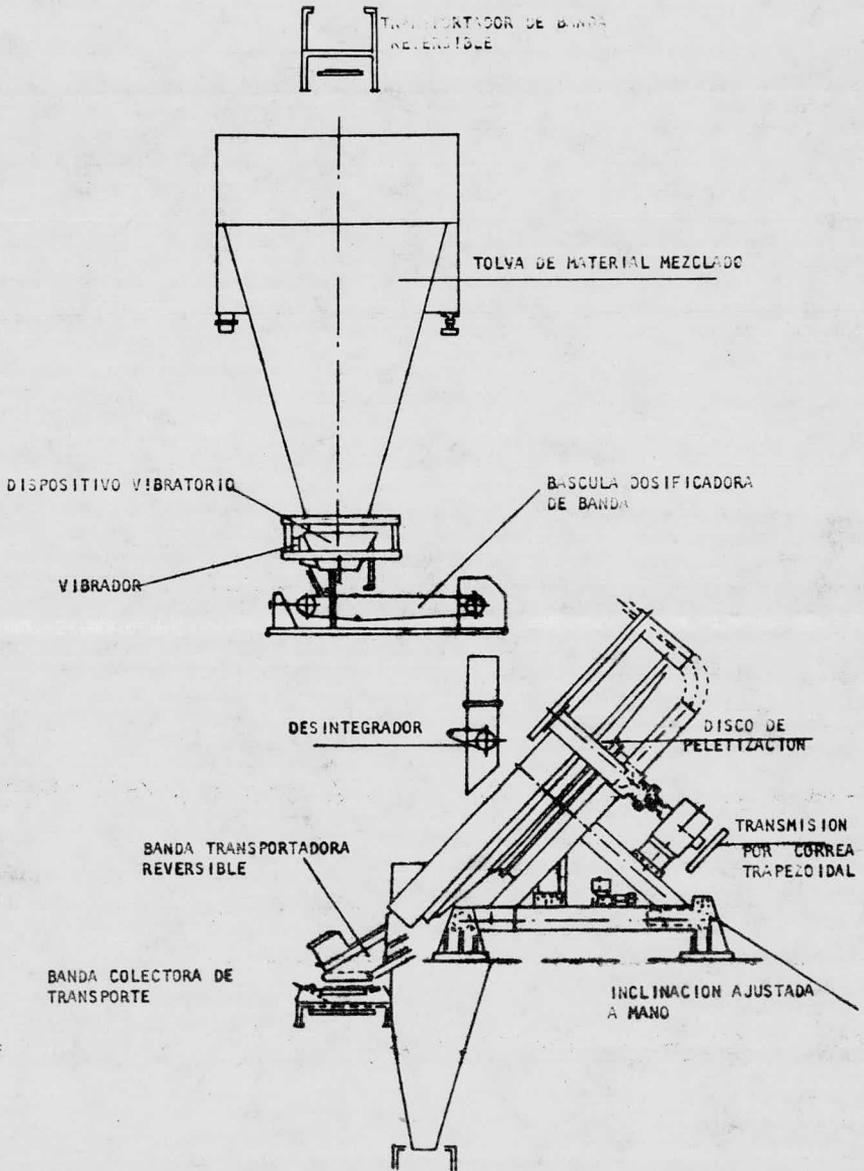
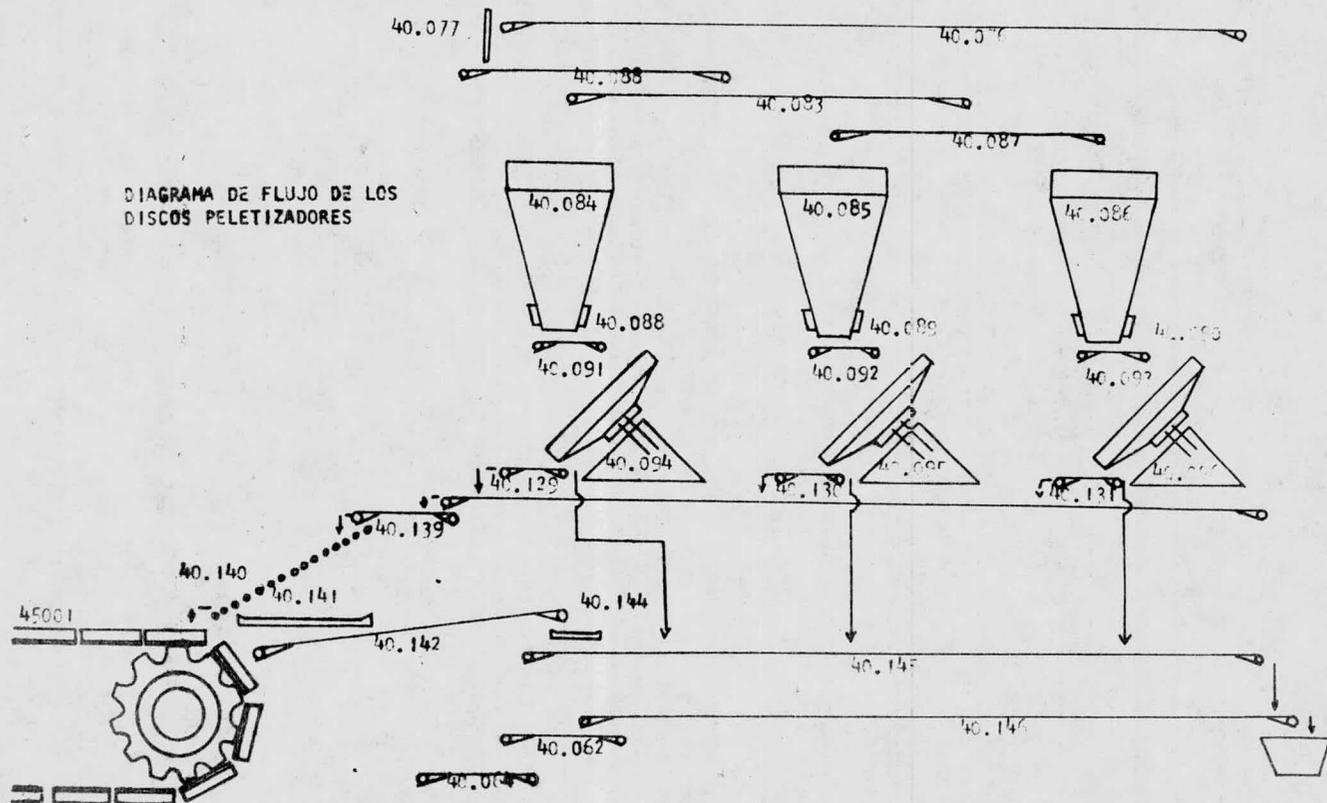


DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS DISCOS PELETIZADORES



El pelet verde de bajo tamaño (- 6 mm) se criba al pasar sobre el transportador de rodillos 40.140 y caé sobre la banda 40.141 colocada abajo y transversalmente del transportador de rodillos, recoge - este pelet de bajo tamaño y lo transfiere a la banda 40.142, ésta a su vez lo descarga a la banda 40.144 y finalmente a la banda 40.145 para que después siga su curso de reproceso.

A bajo de la banda 40.142 se encuentra instalada una banda pesadora 40.143, la cual pesa la cantidad de pelets de bajo tamaño. La cantidad efectiva de pelets verdes alimentados a la máquina de endurecimiento será la diferencia que resulte entre las cantidades que detecten las bandas pesadoras.

T E M A IV

C O N T R O L D E C A L I D A D D E L P E L E T

4.1.- INTRODUCCION

El concentrado llega a la planta peletizadora en forma de pulpa a la cual se requiere controlar su:

- 1.- Densidad
- 2.- Granulometría.
- 3.- Superficie específica.
- 4.- Composición Química.

Los aditivos que son agregados al concentrado después de filtrado son diferentes tipos, finos de acería, escorias procedentes del Alto Horn^o, escamas de laminación, caliza, calhidra, cal y pelets de bajo tamaño molidos. De estos aditivos se requiere controlar; Grado de molienda, superficie específica, composición química y densidad en el caso de los finos de acería que llegan en forma de pulpa.

Las propiedades físicas de los pelets verdes que requieren control son granulométría, contenido de humedad, resistencia a la compresión y resistencia a la caída. Las propiedades físicas y químicas de los pelets cocidos que son de importancia para el Alto Horno así como también para - B.O.F. son: Granulometría, composición química, densidad, índice de abrasión (también conocido como degradación), resistencia a la compresión, porosidad, índice de hinchamiento y reducibilidad.

Para evaluar estas propiedades se cuentan con diferentes métodos y criterios los cuales serán descritos a continuación. Para evaluación de calidad para pelets verdes y cocidos, incluyendo pulpa de concentrado y aditivos.

4.2.- PRUEBAS A PULPA DE CONCENTRADO

Densidad.- Se determina usando un grupo de cedazos conocidos como - malla, son charolas circulares con fondo de tela de alambre muy fino y el

número de espacios por pulgada lineal es el número de malla así pues el concentrado se hace pasar por un grupo de charolas ensambladas una sobre otra se determina el porcentaje retenido en cada una de ellas, este método es conocido con el nombre de análisis de mallas.

El análisis de mallas nos permite conocer la distribución por tamaños de las partículas de material molido que se usará para peletización, estos datos y la superficie específica son datos muy valiosos para la facilidad o dificultad de producir pelet en los discos de boleó. Se considera que si un 80% pasa por la malla - 325, la granulometría es adecuada para la peletización.

Superficie Específica.- Se ha definido como superficie específica el área que cubre un gramo de material y se da en gramos/cm². Esta propiedad se determina en forma indirecta, midiendo la resistencia que opone al paso del aire un gramo de material molido. Así pues, un material muy fino opondrá mayor resistencia que uno menor fino y viceversa.

El aparato para medir esta propiedad se conoce como Fisher subsizer y se basa en este principio. La importancia de esta información es fundamentalmente para el proceso de peletización y caso muy especial para la trasportación de pulpa desde la planta concentradora a la peletizadora por medio del ferroaducto. Para estos fines el control de la superficie específica es de suma importancia.

La superficie específica también es conocida como grado blaine, - para nuestros fines en el proceso de peletización el grado blaine deberá estar dentro del rango de 1400 a 1800 g/cm.

Composición Química. La composición se determina por vía húmeda en el laboratorio por métodos establecidos para fines de estandarización. Los elementos que es necesario determinar son fierro total, cal magnesio como óxido de magnesio, sílice, alúmina, caliza, calhidra, fósforo, azufre y fie

rro ferroso.

Debido a que el mineral que se beneficia no es un material ideal de composición constante y conocida es necesario conocer las variaciones que presenta día a día.

Fe total.- Para conocer la ley del mineral que esta siendo procesado. Un valor de 63 - 67 % de fierro total es un valor adecuado para el proceso.

Fe ferroso.- Conociendo el fierro ferroso se puede determinar la cantidad de hematita y magnetita que contiene el mineral.

CaO.- El valor del contenido de CaO, es importante para calcular la basicidad que presenta el material y poder balancearla al grado que requiere el proceso MgO , SiO_2 , Al_2O_3 , $CaCO_3$, $Ca(OH)_2$, son compuestos - que varían frecuentemente y cuya concentración afecta el índice de basicidad, el cual se debe mantener constantemente.

P y S.- Son elementos indeseables en el acero, que es el producto final de todo el proceso siderúrgico, estos elementos se pretende mantenerlos a muy bajas concentraciones por las dificultades que involucran cuando se presenta en el proceso, los valores máximos admisibles son: P - 0.3% y S - 2% en la pulpa de concentrado.

4.3.- PRUEBAS A ADITIVOS

Como se ha visto, los aditivos son de una naturaleza muy variada - en la planta se tratarán como una mezcla que será homogeneizada y molida como un todo, así pues de los aditivos es necesario conocer:

Granulometría.- Se determina por los métodos descritos anteriormente Es deseable que los aditivos tengan el mismo grado de molienda que el concentrado ya que tamaños mayores afectarían en forma negativa en un sentido y tamaños menores también afectarían desde el punto de vista económico.

Grado Blaine.- Se determina en las mismas condiciones y aparatos que en el caso del concentrado anteriormente descrito y el criterio es el mismo que en caso de la granulometría del concentrado.

Contenido de Aditivo.- El contenido de aditivo también afecta al comportamiento de la mezcla de material en los discos de boleó, la resistencia a la caída y la resistencia a la compresión de los pelets verdes.

Composición química.- Se desarrollará un análisis químico similar que para el concentrado. El criterio para la evaluación de los resultados es el mismo que se aplica para el caso del concentrado.

Densidad de los finos de Acería.- Este es un caso único ya que en general todos los aditivos son sólidos y secos. Los finos procedentes de la acería son transportados por medio de tubería hasta la planta de sólidos procedentes de la planta de aceración, que se reúne con la pulpa de concentrado en el tanque espesador.

4.4.- PRUEBAS A PELETS VERDES.

Los pelets verdes son el producto de los discos de boleó y serán sometidos a caídas en su transportación hacia el horno de endurecimiento y dentro del horno de endurecimiento también sufren esfuerzos principalmente a la compresión por el peso de la carga sobre ellos y por la presión de los gases tanto ascendentes como descendentes que se desarrollan dentro del proceso de endurecimiento.

Existe además un choque térmico que son sometidos los pelets verdes estos deben reunir las siguientes características:

Resistencia a la caída.- Para determinar la resistencia a la caída se toman 10 pelets verdes cuyo tamaño está entre 8 - 20 mm, se dejan caer individualmente sobre una plataforma de acero desde una altura de 46 cm.

tantas veces como sea necesario hasta que los pelets sufran fisuración o se desintegren, se anota el número de caídas que resistió cada uno y se toma el valor promedio como resistencia a la caída. Se utiliza únicamente pelets de forma regular, es deseable tener un número de caídas de 4 por lo menos, ya que el número de puntos de transferencia en plantas comerciales a menudo exceden de tres.

Resistencia a la compresión.- Se determina en un equipo sumamente sensible que comprime al pelet entre una plataforma que está fija y un émbolo que viaja a velocidad constante, en una gráfica se traza la curva que representa a la carga ejercida contra deformaciones plásticas. La resistencia de los pelets verdes debe ser 0.8 Kg/p, o preferiblemente mayor a 1.0 Kg/p. Estos valores se consideran como adecuados para un pelet de buena calidad. Cuando no se cuenta con este tipo de equipo se puede hacer la prueba sobre la plataforma de una balanza aplicando cuidadosamente la carga en forma constante hasta que se desintegra el pelet.

Se anota el valor de que marca la carátula.- Para esta prueba se requiere de mucho tiempo y cuidado a fin de hacerla reproducible y obtener datos confiables.

Granulometría.- Para determinar la granulometría que tienen los pelets verdes se toman 500 gr. directamente del disco de boleó y se colocan en un ensamble. Formado por charolas con fondo de placa de acero que tienen perforaciones de 1", 3/4", 1/2", 1/4", aquí se criban y se determina el porcentaje de cada tamaño. Se procura tener el manejo del mayor porcentaje posible de los tamaños intermedios, es decir 3/4" y 1/2" para B.O.F.

Los pelets finos no son deseables porque obstruyen el paso de los gases tanto en el proceso de endurecimiento en el horno de la planta peletizadora como en el Alto Horno. Los pelets grandes no se cuecen bien en

el horno de la planta peletizadora y en el Alto Horno y P.O.F. requieren tiempos mayores de reducción que para el resto de la carga.

Humedad.- Debido a que existe un rango de humedad muy estrecho para que se puedan formar pelets en los discos de boleó, es importante conocer el contenido de humedad en la torta del concentrado y en la mezcla con aditivos, la humedad varía entre 8 y 10%. La humedad se determina por la pérdida de peso que sufre una muestra de 200 gr., después de ser sometida a 105° C y tiempo de una hora, para propósito de control de calidad se usa temperatura de 115°C y tiempo de 1 Hr.

4.5.- PRUEBAS A PELETS COCIDOS

Se conoce como pelets cocidos o endurecidos el producto que se obtiene a la descarga del horno de la planta peletizadora, los pelets verdes alimentados han sufrido transformación física como química después de ser sometidos a un tratamiento térmico en una atmósfera oxidante es decir en el horno se desarrolla una combustión con exceso de aire para formar una atmósfera rica en oxígeno. A continuación se describen las propiedades físicas y químicas y los métodos utilizados para evaluarlos así como también el criterio para cada caso.

Granulometría.- Se determina utilizando un ensamble de varias charolas con fondo de malla de alambre de acero con aberturas de 1", 3/4, 1/2", 1/4", procediendo en la misma forma que con los pelets verdes.

Composición Química.- Se realiza en las mismas condiciones que para el concentrado, todo el análisis químico ahora por medio de él se conocerá si el cocimiento ha sido completo o deficiente. Es decir el cambio de magnetita a hematita.

Resistencia a la compresión.- Se determina en un equipo similar de mayor potencia (1000 Kg de carga a la compresión). Se toman 10 pelets y se

someten a compresión hasta que se rompe y los valores obtenidos se promedian para sacar un valor representativo. En este caso no se gráfica. Los pelets usados para esta prueba deben ser de forma regular, los pelets quebrados o muy deformados no se usan para la prueba un valor adecuado de resistencia a la compresión considerado como mínimo es de - 200 Kp/p. basado en un diámetro medio del pelet 12 mm.

Valores menores son considerados insuficientes con vista al manejo mecánico durante el transporte desde la planta peletizadora al consumidor y el uso en los Altos Hornos y B.O.F.

Densidad.- La densidad es un dato importante porque nos permite conocer la porosidad del pelet. Se determina en forma simple por medio de un picnómetro de mercurio donde se mide el volumen desplazado por cierto número de pelets, cuyo peso se conoce como densidad aparente.

Densidad específica verdadera.- Para determinar esta se utiliza benzol como líquido para medir el desplazamiento que ejerce la misma de pelets al ser introducido en un líquido. El benzol entra en todos los poros del pelet ayudado por la aplicación de vacío con objeto de evacuar el aire ocluido en el interior.

Porosidad.- La porosidad en este caso se considera micro - porosidad por el tamaño de los porosidad de minerales y aglomerados es considerada importante para el proceso de reducción de micro - porosidad puede ser calculada a partir de la porosidad aparente y la densidad específica verdadera mediante la fórmula:

$$\text{Porosidad} = \frac{(D - d) \times 100 (\%)}{D}$$

Siendo:

D Densidad específica verdadera

d Densidad específica aparente

INDICE DE ABRASION O RESISTENCIA A LA ABRASION

Esta prueba simula el manejo de los pelets por almacenamiento y transporte, y se determina el porcentaje de finos producido. Se colocan 11.2 Kg. de pelets en un tambor de 3 pies de diámetro y 1.5 pies - de largo que contienen dos soleras de 5 cm. de ancho en el interior, estas soleras hacen la función de elevadores cuando gira el tambor. Se hace girar 200 revoluciones a una velocidad de 25 rpm. Después de las pruebas se hacen pasar por las mallas de 5 mm y 0.6 mm., la medida de la resistencia a la abrasión es el porcentaje de los finos que pasan - por la malla 0.6 mm con relación a la carga original. Esta prueba también es conocida como ASTM.

Reducibilidad.- Con esta prueba se simulan las condiciones del - Alto Horno en la zona de reducción tanto en el tipo de atmósfera como en la temperatura y tiempo aproximado de residencia del pelet en esta zona. La atmósfera está formada principalmente por CO y N₂ se determina la reducción obtenida después de cierto tiempo o bien del tiempo necesario para obtener cierto porcentaje de reducción. Generalmente se prefiere un alto grado de reductibilidad a cualquier tiempo en el proceso de reducción. Es considerado excelente si al final de la prueba de hinchamiento el grado de reducción es del orden de 60%, se considera suficiente el rango de 50 - 60% la prueba de hinchamiento toma 90 minutos.

Indice de hinchamiento.- Durante la reducción del pelet esta experimento tiene un crecimiento conocido como hinchamiento, esto es indeseable en el Alto Horno porque se obstruyen el paso de los gases y por lo tanto hace que el proceso se alargue y el costo por consumo de gases sea mayor.

La mayoría de la gente del Alto Horno considera satisfactorio un incremento de volumen de los pelets durante la reducción menor de 20% a

cualquier etapa de la reducción. Algunos consumidores de pelets sin em bargo, requieren un hinchamiento máximo de únicamente 16% al final de la reducción.

4.6.- TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS

La toma de muestras y su preparación es quizá la operación más importante cuando se pretende analizar o evaluar las propiedades o características de materias primas, artículos en proceso de producción o producto terminado. No importa que tan complicado sea el equipo o método - que se emplee para realizar un determinado análisis, este será inexacto y poco sutil si la muestra original no es representativa del lote que se desea evaluar. En el área que comprende la planta peletizadora, patios de homogenización y planta de cal, se tienen que manejar diferentes materiales y por lo tanto es necesario conocer la naturaleza de estos.

En la planta peletizadora se maneja inicialmente la pulpa proveniente de la planta concentradora, esta pulpa está formada por concentrado de mineral, molido, por agua en diferentes relaciones de concentración. Como los sólidos del mineral tienden a sedimentarse (asentarse) en el fondo, es importante que al ser tomada la muestra de sólidos estén en suspensión y no se derrame del recipiente porque alteraría la relación sólidos líquidos de la pulpa. Principalmente se pierden los finos y esto altera la distribución de tamaños en el análisis de mallas.

La pulpa también se muestra en el área de filtración donde interese terminar o determinar la densidad, el grado blaine y el análisis de malla en la misma área de filtración el material objeto del muestreo se presenta en forma de torta, este es el producto de la filtración. Este material dista mucho de ser homogéneo y se requiere tomar cuidadosamente va--

rias muestras que sean representativas de los discos de los bancos de filtración, agruparlas en un solo lote y mezclarlas perfectamente para formar ahora si una muestra representativa de donde se analizará principalmente la humedad y el grado blaine. Los aditivos que se almacenan en las tolvas son muestreados cuando éstas se están cargando y de ellos se determina su granulometría, grado blaine y composición química el muestreo se hace contando el chorro y la descarga de la banda que deposita la carga en la tolva.

La mezcla de la torta de concentrado, más aditivo se muestrea a la descarga de la banda que deposita la carga a las tolvas de almacenamiento de los discos de boleó, esta mezcla previa ha pasado por un desmenusador que desintegra los terrones y homogeniza la mezcla.

De la mezcla de concentrado más aditivo se determina el grado blaine, el contenido de humedad y el análisis químico. Después de la mezcla ha pasado por los discos de boleó el material, se presenta en forma de pelets verdes los cuales son muestreados a la caída de la primera bomba que los conduce hacia el horno de endurecimiento y de ellos se determina la granulometría, el contenido de humedad, el número de caída y la resistencia a la compresión. Posteriormente el producto terminado o pelet cocido se muestrean a la salida del horno en una de las bandas que los conducen hacia el Alto Horno o a sus patios de almacenamiento.

De la muestra tomada se determina la granulometría, el análisis químico, densidad, resistencia a la compresión, degradación, porosidad, reducibilidad e hinchamiento.

En el área de la planta de cal manejanemos materiales sólidos en forma de trozo y también polvos. Los trozos son tanto de caliza, que uti-

liza la planta de cal como materia prima y la cal que es producto de los hornos, esta cal se muestrea en la banda que conduce la descarga de los hornos a las tolvas de almacenamiento.

En tanto que la cal hidratada es el producto de la molienda e hidratación que sufre la cal en la zona de hidratación, la cal hidratada se encuentra en forma de polvos con tamaños de partículas de - - 0.032 mm, y es muestreada a la descarga de las tolvas de almacenamiento para determinar el grado blaine y determinar su composición química.

En los patios de homogeneización se manejan exclusivamente materiales sólidos, los cuales son: Caliza bruta, escoria de Alto Horno, escoria de los hornos de aceración, escama de laminación, polvo del Alto Horno, caliza homogeneizada, caliza para hornos de cal y pelets de retorno. Todos los materiales se muestrean, la descarga de las bandas que los conducen hacia las tolvas de almacenamiento excepto los polvos de Alto Horno y los de aceración que se muestrean en cada camión que los transporta o bien en los patios, de estos materiales se determina principalmente su composición química. La frecuencia de muestreo y la frecuencia de los análisis químicos y pruebas físicas se han establecido según la importancia de los materiales y sus propiedades.

2644 Tons. Secas

% - 325 82.80

Grado Blaine 1644

Tamaño de Malla (Tyler)	Peso de la Malla (Tara) gr	Peso Neto gr	Peso de los Partículas	% Peso	% Acumulativo
100					
150					
200	311.80	312.40	0.60	1.20	1.20
325	311.00	319.20	8.20	16.40	17.20
400					
Bandeja			41.20	82.40	100.00
Total			50.00	100.00	

Fe Total	Fe ++	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	S
68.70%	21.30%	3.36 %	0.817 %	0.587 %	0.216 %	0.019 %	0.160%

5843 Tons. Secas

% - 325 80.00

Grado Blaine 1562.00

Tamaño de Malla (TYLER)	Peso de la Malla (Tara) gr	Peso Neto gr	Peso de las Partículas	% Peso	% Acumulativo
180					
150					
200	311.80	312.70	0.90	1.80	1.80
325	320.90	320.00	9.10	18.20	20.00
400					
Bandeja			40.00	80.00	100.00
Total			50.00	100.00	

Fe Total	Fe ++	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	S
68.90 %	20.50 %	2.84 %	0.69 %	0.50 %	0.47 %	0.019 %	0.17 %

1693 Tons. Secas

% - 325 81.80

Grado Blaine 1633

TAMANO DE MALLA (TYLER)	Peso de la MALLA (Tara) gr	Peso Neto gr	Peso de los PARTICULOS	% Peso	% Acumulativo		
100							
150							
200	311.80	312.50	0.70	1.40	1.40		
325	311.00	319.40	8.40	16.80	18.20		
400							
Bandeja							
Total			40.90	81.80	100.00		
			50.00	100.00			
Fe total	Fe ++	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	S
61.80 %	21.40 %	3.40 %	0.935 %	0.784	0.270 %	0.016 %	0.146 %

1947 Tons. Secas

% - 325 81.40

Grado Blaine 16.55

Tamaño de Malla (TYLER)	Peso de la Malla (Tara) gr	Peso Neto gr	Peso de los Partículas	% Peso	% Acumulativo		
100							
150							
200	314.30	315.20	0.90	1.80	1.80		
325	327.30	355.70	8.40	16.80	18.60		
400							
Bandeja			40.70	81.40	100.00		
Total			50.00	100.00			
Fe _{total}	Fe ⁺⁺	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	S
67.60%	20.60%	3.26%	0.69%	0.50%	0.31%	0.0168%	0.302%

2249 Tons. Secas

% - 325 81.80

Grado Blaine 1633

Tamaño de Malla (TYLER)	Peso de la Malla (Tara) gr	Peso Neto gr	Peso de las Partículas	% Peso	% Acumulativo		
100							
150							
200	311.80	312.50	0.70	1.40	1.40		
325	311.00	318.50	7.50	15.00	16.40		
400							
Bandaaja			41.80	83.60	100.00		
Total			50.00	100.00			
Fe total	Fe ++	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	P	
68.8%	21.0%	3.34 %	0.681 %	0.685 %	0.216 %	0.031%	

T E M A V

BENEFICIO QUE PROPORCIONA EL

P E L E T A L P R O C E S O

5.1.- BENEFICIOS QUE REPORTA EL USO DEL PELET EN B.O.F.

1) El uso de un material refrigerante (con la capacidad necesaria y de fácil manejo) en el proceso de aceración B.O.F., es de vital importancia, ya que por la rapidez con la que se lleva a cabo la refinación del arrabio, no es posible desperdiciar ni un minuto del tiempo de operación.

Además es descicivo preveer el suministro de chatarra tomando en cuenta el mercado (\$).

2) Por otra parte, es necesario considerar que dentro del proceso, la formación de escorias constituye una herramienta con la cual es posible actuar sobre los elementos que integran el arrabio y que son considerados como impurezas, como lo son: fósforo, azufre, silicio y manganeso.

Por lo que respecta a Si y Mn, cabe decir que no presenta problemas, debido a su oxidación desde el inicio del soplo.

En relación a P y S si presentan problemas, por las condiciones que debe reunir el baño para su oxidación y eliminación por medio de la escoria y los gases producidos.

3) Siendo tan necesaria la producción de una buena escoria para efecto de lograr óptimos resultados, se debe señalar la presencia de la fluorita (CaF_2), en el momento de fluidificar el material escorificante.

Por otra parte, considerando el efecto de la fluorita sobre la escoria, se debe notar también, su efecto sobre el desgaste del refractario del convertidor, debido a su efecto sobre el MgO constituyente del material refractario.

A continuación se tratará la influencia del uso del pelet en el proceso B.O.F., actuando sobre los puntos anteriores.

Punto (1)

Descripción del ciclo de operación del convertidor:

Se inicia en la preparación del arrabio (tons) y chatarra (tons) a cargar en base al previo cálculo térmico. (Convertidor con capacidad de 120 tons.)

Preparación del arrabio.- De el momento de descarga del carro - termo a la olla para arrabio; hasta el tiempo en que la olla se encuentra frente al convertidor, después de que el arrabio ha sido desesco-riado y muestreado.

$t = 5'$ en descarga del carro termo.

$t = 7'$ en desescoriado, toma de muestra y temperatura.

$t = 12'$

Preparación de la chatarra.- Considerando la existencia de 6 cajas para carga de chatarra, la preparación de las toneladas requeridas será solo ajuste del peso de las cajas ya cargadas.

$t = 5'$ en ajuste de peso y transporte de la caja frente al conver-tidor, lista para su carga. Este tiempo es absorbido por la preparación de arrabio ya que su orden de preparación se efectúa al mismo tiempo.

Carga al convertidor.- El tiempo de carga de arrabio y chatarra es relativamente corto, considerando la habilidad de los operarios de cada grúa.

$t = 48'' - 1'$ carga de arrabio y retiro de la olla para dar paso a la grúa de chatarra.

$t = 40'' - 1'$ Carga de chatarra y retiro de la caja.

Soplo.- Dependiendo de la práctica seguida, se han obtenido tiem-por de soplo de $13'$ a $16'$. $t = 13' - 16'$.

Toma de muestra y temperatura.- Se considera el giro del convertidor

ajuste de ángulo adecuado para que el operador efectúe la toma de temperatura y muestreo del residual.

$$t = 3' - 4'$$

Espera de análisis.- Se obtienen dos muestras una es enviada para su análisis por espectrometría, proporcionando % Mn, % Si y % P; la otra muestra se analiza por medio del analizador Leco de %C y %S.

$$t = 3' \text{ de análisis Leco C y S}$$

$$t = 4' \text{ del análisis de Mn, Si y P.}$$

Debe tomarse en cuenta que las muestras se envían al mismo tiempo, por lo que el tiempo será $t = 4'$.

Vaciado y adición de ferroaleaciones.- Este tiempo lo constituye el giro del convertidor a la posición de vaciado, preparación de la olla para vaciado, carga de ferroaleaciones a la tolva del convertidor y descarga a la olla de vaciado. $t = 5' - 7'$

Vaciado de escoria.- Es el tiempo de giro del convertidor a la posición vertical para adición de: dolomita cruda o cal dolomítica o escoria de B.O.F., o cal siderúrgica; giro del convertidor para recubrimiento del refractario con escoria y material adicionado. $t = 3'$.

El ciclo básico lo constituye, entonces:

$$t = 7' \text{ Preparación de carga.}$$

$$t = 2' \text{ Carga al convertidor.}$$

$$t = 16' \text{ Soplo.}$$

$$t = 4' \text{ Muestreo y temperatura.}$$

$$t = 4' \text{ Espera de análisis.}$$

$$t = 7' \text{ Vaciado de acero.}$$

$$t = 43'$$

Debido a la existencia de problemas imprevistos, se han considerado tiempos por:

a) Resoplos, que pueden ser por baja temperatura, escoria pastosa y %C inadecuado para el grado de acero programado, espera de análisis, generalmente se debe a un %C inadecuado.

b) Enfriamientos, debido a una alta temperatura impropia para la toma de muestras y desgaste del refracterio.

c) Derrames, esto implica una serie de tiempos de demora en el - proceso como lo son: limpieza de la fosa de vaciado, limpieza de las vías de carros de transferencia, limpieza del agujero de vaciado.

d) Interferencias con colada continua, éstos son principalmente - espera de máquina de colada disponible y recirculación de acero al convertidor.

e) Fallas menores del equipo, fallas humanas.

a) 1.- Resoplo por baja temperatura:

t = 1' 30" Resoplo.

t = 4' Segundos muestreo y toma de temperatura

t = 5' 30"

2.- Resoplo por espera de análisis.

t = 1' 30" Resoplo.

t = 4' Segundo muestreo y toma de temperatura

t = 4' Segunda espera por análisis.

t = 9' 30"

3.- Resoplo por escoria pastosa:

t = 30" - 1' Resoplo para fluidificar.

4.- Resoplo por %C residual alto, depende de la diferencia entre el C residual obtenido y el C residual deseado.

$t = 20'' - 40''$ Resoplo
 $t = 4'$ Segundo muestreo y toma de temperatura
 $t = 4'$ Segunda espera de análisis.
 $t = 8' 40''$

b) Adición de refrigerantes al baño:

$t = 1' - 2'$ Adición de material
 $t = 2'$ Segunda toma de temperatura.
 $t = 4'$

c) 1.- Limpieza de la fosa $t = 20' - 1 \text{ hr.}$
 2.- Limpieza de las vías $t = 10' - 30'$
 3.- Limpieza del agujero de vaciado $t = 5' - 20'$

d) 1.- Espera de máquina de colada continua disponible: $t = 15' - 60'$
 2.- Recirculación de acero al convertidor: $t = 1 \text{ hr} - 1 \text{ hr } 30'$

e) Fallas menores en equipo: $t = 10'$

Fallas humanas: $t = 10'$

RESUMEN:

Ciclo básico	43'
Resoplo por temperatura	$43' + 5' = 48'$
Resoplo por análisis	$43' + 9' 30'' = 52' 30''$
Resoplo por escoria	$43' + 1' = 44'$
Resoplo por %C residual	$43' + 8' 40'' = 51' 40''$
Adición por refrigerante	$43' + 4' = 47'$
Limpieza de fosa	$43' + 1 \text{ hr} = 1 \text{ hr. } 43'$
Limpieza de vías	$43' + 30' = 1 \text{ Hr. } 13'$
Limpieza de agujero	$43' + 20' = 1 \text{ hr. } 03'$

En base al anterior ciclo de tiempos de operación en el B.O.F., es notorio el incremento de tiempo del ciclo en cada paso en que el proce

so sale de control.

Para lograr un control adecuado se deben tomar diferentes consideraciones, siendo de gran importancia el cálculo de carga, ya que en el reside básicamente el producto obtenido el final de cada soplo.

En el cálculo de carga deben estar incluidos los factores que influyen en la temperatura final de cada soplo, estos factores son:

a) Las estancias muy prolongadas del arrabio en la olla que se utiliza para carga; esto puede ser debido a fallas en el equipo, reparación de agujero de colada, falta de escorificantes, falta de ferroaleaciones, por indisponibilidad de máquina de colada contínua y enfriamiento del convertidor.

b) Cargas a la olla para arrabio sin el análisis de dicho arrabio, esto se debe, en ocasiones a fallas en el muestreo de arrabio o - bien a los aparatos de análisis y/o muestras defectuosas, no representativas.

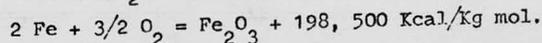
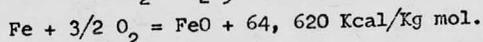
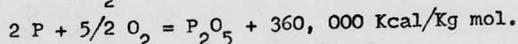
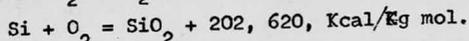
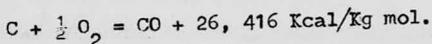
c) El carbón residual esperado, sobre todo en la producción de aceros, de %C residual menores de 0.1%C, debido a que el tiempo de soplo es muy prolongado y por efecto de las reacciones de oxidación, se tendrá al final de éste una temperatura muy elevada en el baño.

Cálculo de carga:

Se deben hacer las siguientes consideraciones.

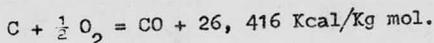
- 1.- El C del arrabio se quema 90% a CO y 10% a CO₂
- 2.- De los óxidos de hierro producidos el 30% se pierde por humos y el 70% se absorbe en la escoria, en ambos casos en una relación de 33% Fe₂O₃ y 64% FeO.
- 3.- La oxidación normal en el convertidor es de 3% del Fe cargado en el mismo.

Reacciones que se efectúan:

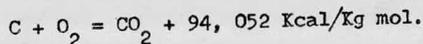


Para efectuar el cálculo de chatarra se deben obtener primero los factores de Kg de chatarra/tons arrabio que puede fundir cada elemento - que se va a oxidar.

C.- Sabiendo que el C se oxida 90% a CO y 10% a CO₂, se tiene:



$$1 \text{ Kg de C} = 1/12 \times 0.90 = 0.075 \text{ moles para oxidarse a CO}$$



$$1 \text{ Kg de C} = 1/12 \times 0.10 = 0.0083 \text{ moles para oxidarse a CO}_2$$

Calor formado al oxidarse 1 Kg de C:

$$\text{Kcal} = 0.075 \times 26,416 + 0.0083 \times 94,052 = 2,742$$

Considerando que el calor de fusión de la chatarra es 336 Kcal/Kg

se tiene:

Chatarra que puede fundir la oxidación de 1 Kg de C:

$$\frac{2,742 \text{ Kcal}}{336 \text{ Kcal/Kg}} = 8.16 \text{ Kg}$$

$$\text{Convertido esto a } \frac{\text{Kg Chatarra}}{\text{Kg C} \times 100} \quad 8.16 \times 10 \text{ Kg chat/\%C tons arrabio}$$

Se ha comprobado prácticamente que este cálculo es eficiente en un 85%, por tanto: $81.6 \times 0.85 = 69.5$, entonces tenemos 69.5, Kg chat/%C

tons arrabio = Factor para %C.

Mn.- De la reacción $Mn + 1/2 O_2 = MnO + 92,400 \text{ Kcal/Kg Mol}$, se tiene que 1 Kg de Mn = $1/55 = 0.01818 = 0.0182$ moles a oxidarse.

Calor formado al oxidarse 1 Kg de Mn:

$$\text{Kcal} = 0.0182 \times 92,400 = 1.679.8$$

Chatarra que puede fundir la oxidación de 1 Kg de Mn:

$$\frac{1.679.8 \text{ Kcal}}{336 \text{ Kcal/Kg}} = 4.99 \text{ Kg, se tiene entonces: } \frac{4.99 \text{ Kg de Chat}}{\%Mn \text{ Ton. arrabio}}$$

$$\text{convirtiendo a } \frac{\text{Kg chatarra}}{\text{Kg Mn} \times 100} = \frac{4.99 \times 10 \text{ Kg chat}\%Mn \text{ ton arrabio}}{1000}$$

Eficiencia de fusión por Mn = 75%.

$$49.9 \text{ Kg de chat}\%Mn \text{ ton arrabio} \times 0.75 = 37.42$$

Factor para Mn = 37.42 Chat%Mn ton arrabio

Si.- De la reacción $Si + O_2 = SiO_2 + 202,620 \text{ Kcal/Kg mol}$

$$1 \text{ Kg Si} = 1/28 = 0.0357 \text{ moles a oxidarse}$$

Calor formado al oxidarse 1 Kg de Si.

$$\text{Kcal} = 0.0357 \times 202,620 = 7,233.5$$

Chatarra que puede fundir la oxidación de 1 Kg de Si:

$$\frac{7.233.5 \text{ Kcal}}{336 \text{ Kcal/Kg}} = 21.528$$

$$\text{Convirtiendo } \frac{\text{Kg chat}}{\text{Kg Si} \times 100} = \frac{21.53 \times 10 \text{ Kg Chat}\%Si \text{ ton arrabio}}{1000}$$

Eficiencia de fusión por Si = 85%

$$215.3 \times 0.85 = 183 \text{ Kg chat}\%Si \text{ ton arrabio (factor para Si)}$$

P.- De la reacción $2P + 5/2 O_2 = P_2O_5 + 360,000 \text{ Kcal/Kg mol}$

$$1 \text{ Kg de P} = 1/30.97 = 0.0323 \text{ moles a oxidarse}$$

Calor formado al oxidarse 1 Kg de P:

$$\text{Kcal} = 0.0323 \times 360,000 = 11,628$$

Chatarra que puede fundir la oxidación de 1 Kg de P:

$$\frac{11,628 \text{ Kcal}}{336 \text{ Kcal/Kg}} = 34.6 \text{ Kg}$$

$$\text{Convirtiendo } \frac{\text{Kg chat}}{\text{Kg P} \times 100} = \frac{34.6 \times 10 \text{ Kg chat}}{100} \text{ ton arrabio}$$

Eficiencia de fusión por P = 50%

$$346 \times 0.50 = 173 \text{ Kg chatarra} \text{ / } \% \text{P ton arrabio}$$

$$\text{Factor para P} = 173 \text{ Kg chat} \text{ / } \% \text{P ton arrabio}$$

5.1.1.-CORRECCION POR TEMPERATURA

Debido a que la chatarra al fundir lo hace a la temperatura de fusión del acero, no es necesario hacer corrección por este factor.

Para el arrabio, si es necesario tomar en cuenta el calor necesario para llevarlo de su temperatura normal a la temperatura del acero y se calcula de la siguiente manera:

Conociendo el calor sensible del acero = 0.20 Kcal/Kg °C, se puede obtener la siguiente relación:

$$1,000 \text{ Kg } \frac{0.20 \text{ Kcal/Kg } ^\circ\text{C}}{536 \text{ Kcal/Kg}} T = 0.59 T$$

El incremento de temperatura será considerado desde 1 250 °C - (que es la temperatura límite para manejo de arrabio, manteniendo un margen de seguridad para evitar solidificación) hasta 1 750 °C; esta última temperatura a pesar de ser elevada, considerando los efectos de ésta sobre el refractario, es necesario tomarla como límite superior para asegurar la temperatura a fin de soplo; desde luego que no es considerada para la fa--

bricación en general de aceros por medio del proceso R.C.F., sino principalmente para aceros de medio y alto carbono.

Para visualizar más claramente el anterior cálculo se tiene el siguiente ejemplo:

Se necesita calcular la cantidad de arrabio y chatarra para una carga de 123 toneladas, partiendo de un análisis del arrabio igual a:

%C = 4.42, %Mn = 1.4, %Si = 1.12, %P = 0.035 y %S = 0.011.

Conociendo los factores obtenidos para cada elemento debido a su oxidación:

C = 69.5 Kg chat/%C ton arrabio; Si = 183 Kg chat/%Si ton arrabio
Mn = 37.42 Kg chat/%Mn ton arrabio; P = 173 Kg chat/%P ton arrabio

Kilogramos de chatarra por tonelada de arrabio por cada elemento:

C = 307.19

Mn = 52.38

Si = 163.39

P = 6.05

Total = 529.02 Kg Chat/ton arrabio

Factor de corrección por temperatura de arrabio = $295 \frac{\text{Kg chat}}{\text{ton arrabio}}$

529 - 295 = 234 Kg chat/ton arrabio

Convirtiendo a ton de chatarra = 0.234 ton chat/ton arrabio

Si la carga es para 123 tons de carga metálica, entonces se tomará como base 100 tons de arrabio, resultando 23.4 tons de chatarra; por tanto, tendremos:

100 tons de arrabio + 23.4 tons de chatarra.

Como inicialmente se mencionó, esta cantidad de chatarra obtenida

en el cálculo térmico deberá contar con los ajustes necesarios en caso - de contratiempos, ya descritos en párrafos anteriores, por lo que se dejará con un margen de 5 toneladas de chatarra, esto nos conduce a la cantidad real de carga de cada uno de los componentes.

23.4 ton chat - 5 ton chat = 18.4 ton chat (por imprevistos)
completando la carga 104.6 ton de arrabio.

Estas 5 toneladas de chatarra se han tomado sobre una base experimental, proporcionando una base confiable de seguridad; en este ejemplo - nos dejará 25.96 toneladas de arrabio que al oxidarse sus elementos proporcionará la temperatura que por imprevistos sea pérdida.

Ahora bien, en esta base y no presentándose imprevistos la carga - quedará con deficiencia de chatarra, pero el manejo de ésta para su ajuste sería demasiado tardado; en ocasiones, se habían llegado a cargar de 1 a 3 cajas de chatarra, dependiendo tanto de la capacidad de la caja como el tipo de chatarra (ligera o pesada). Por lo que era necesario la presencia de un material de fácil manejo.

El pelet ha venido a resolver este problema, pero además de ser - fácil y rápido su manejo y adición, se ha encontrado que su poder refrigerante le da una relación mucho menor con la chatarra, es decir, que una tonelada de pelet reemplaza en poder refrigerante a tres toneladas de chatarra, lo que aplicado al ejemplo anterior se tendría que adicionar 1.6 toneladas de pelet para dejar ajustado el cálculo térmico inicial.

Cabe mencionar que esto va significando ahorro en el consumo de - chatarra, de una forma relevante debido a la inestabilidad de el mercado de la chatarra, así como el incremento de demanda y precio de la misma.

Punto (2)

Formación de escoria.- Se observa en los minutos de inicio del soplo una intensa pulverización de óxidos de hierro escapando por la boca del

convertidor. La cantidad de escoria formada en esos primeros momentos es muy poca y además, es lanzada hacia las paredes del convertidor por el chorro de oxígeno, quitándola de su lugar de acción.

La adición de escorificantes, ya sea cal siderúrgica, cal dolomítica o dolomita cruda, y la escorificación de los componentes del arrabio incrementan la cantidad de escoria hasta que ésta se extiende finalmente sobre la zona de pulverización de gotas de hierro. Cuando estas gotas pueden permanecer bastante tiempo dentro de la capa de escoria, porque el espesor de dicha capa es suficientemente grande, se puede formar la espuma.

Es necesario, sin embargo que la escoria tenga un determinado grado de fluidez y un contenido de óxido ferroso suficiente.

Solo entonces pueden desprender las gotas de hierro monóxido de carbono por su reacción con la escoria y este gas la esponja y la hace espumosa. Para que se produzca este efecto sería necesario en resumen que la capa de escoria tenga suficiente espesor, fluidez y contenido de óxido ferroso.

Para incrementar la cantidad de escoria en los primeros momentos del soplado podría añadirse la carga necesaria de cal antes de iniciar el soplo. Sin embargo, la espuma solo empieza a formarse cuando la escoria ha alcanzado un cierto grado de fluidez y no es de esperar una formación más temprana si se procede de esa manera, porque si la cantidad de cal aportada en los primeros minutos del soplo es excesiva, su disolución es esencialmente más lenta y la viscosidad de la escoria se mantiene demasiado elevada.

La fluidez de la escoria, sin embargo se puede aumentar añadiendo fundentes con la carga, la adición de fluorita adelanta el comienzo de la formación de escoria espumosa.

Los óxidos de Mn y Si formados en los primeros momentos del soplo también actúan sobre la escoria como fundentes y aceleran la disolución de la cal, cuando es mayor el contenido de Si en el arrabio, por la razón anterior, empieza antes la formación de la espuma. De manera semejante podría actuar un mayor contenido de Mn en el arrabio.

El Mn contenido en el arrabio se oxida desde el principio del soplo presentándose a menudo en medio de la refinación una reversión del óxido de Mn de la escoria, con el aumento consiguiente del Mn del metal, que vuelve a oxidarse al final de la operación. Esta inversión de la oxidación del Mn es conocida con el nombre de "Joroba del Manganeso" y es tanto más marcada cuanto más elevado es el contenido de este elemento en el arrabio.

La oxidación del Mn realizada a través de la reacción $Mn+FeO \rightarrow Fe+MnO$ se invierte dos veces de sentido durante la refinación, es decir, el equilibrio entre la escoria y el metal, en lo que al Mn se refiere, se establece al menos en los momentos en que se produce la inversión citada.

El contenido de Mn del arrabio tiene una influencia en el contenido en MnO de las escorias formadas y el contenido en Mn residual en el acero producido. Por un lado las escorias demasiado ricas en MnO pueden ser molestas para la buena marcha de la operación y por otro, condicionan un límite inferior al Mn residual del metal.

Para la eliminación del Mn en caso de ser un porcentaje elevado, sería necesario:

a) Aumentar el contenido de FeO, lo que representa como inconveniente una pérdida de hierro en la escoria.

b) Aumentar la basicidad del baño, lo que se ve limitado por la necesidad de conservar la fluidez.

Con relación a la desulfuración del arrabio en el convertidor, esta supone la escorificación del S existente en el baño y la oxidación del mismo como SO_2 que es arrastrado fuera del sistema por los gases del afino. Esta última parte no es despreciable y puede estimarse en una cantidad del orden del 10 al 15% del S total.

Cualquiera que sea la reacción de escorificación del S, se puede representar por: $S + (Ca, MgO, MnO) \rightarrow (S) Ca, Mn, Mg$.

En la práctica, el valor que interesa es el porcentaje de desulfuración:

$$\frac{S \text{ inicial} + S \text{ final}}{S \text{ inicial}} = \% \text{ de desulfuración}$$

que depende de la concentración de S en la escoria y el baño y del peso de la escoria, considerando constante el S en forma de SO_2 .

A su vez, la relación entre la concentración de S en la escoria, y en el baño aumenta con la basicidad. Por lo tanto, para aumentar la desulfuración es necesario aumentar la basicidad, lo cual tiene un límite fijado por la necesidad de mantener la escoria fluida. Esto hace que el óxido de hierro tenga una gran importancia para desulfurar, pues cuanto mayor sea su contenido en la escoria mayor será la basicidad compatible con la condición de mantener la escoria fluida.

Todo esto se puede resumir diciendo que para obtener una buena desulfuración hace falta un contenido de hierro en la escoria que permita disolver la mayor cantidad posible de cal y al mismo tiempo aumente el peso de dicha escoria. Se puede ver que la contrapartida de una buena desulfuración es el aumento del consumo de cal y oxidación de la escoria a evaluar con las pérdidas de hierro y térmicas que ella lleva consigo y en ciertos casos, las dificultades de manejo que esto pueda significar.

Por otra parte, el P existente en el arrabio debe oxidarse hasta contenidos muy bajos en el acero, antes de la desaparición completa del carbono de modo que no se oxide demasiado el acero al prolongarse el soplado con contenidos de carbono muy bajos.

En la práctica se consigue este objetivo fácilmente, incluso en el caso de la fabricación de aceros semiduros ($C = 0.2\%$). A partir de arrabios fosforosos utilizando la car en polvo y un desescoriado intermedio. Sin embargo, puede ser útil adelantarse aún más la desfosforación con respecto a la decarburación, es decir, la obtención de fósforos bajos con contenidos en carbono elevados. Para ello es preciso favorecer la velocidad de desfosforación, actuando sobre los factores que influyen en estas magnitudes:

- a) Enriquecimiento de la escoria en FeO
- b) Dilución de $P_{25}O_5$
- c) Penetración del chorro

De este modo se consigue aumentar la velocidad de desfosforación y terminarse el afino con un contenido en carbón que puede llegar a $0.8\%C$ y un contenido de fósforo = 0.030% partiendo de 0.40% de P máximo en el arrabio.

Observando las condiciones que para cada elemento debe reunir el baño, notamos que las más importantes son: presencia de una cantidad de FeO suficiente para condicionar la escoria y fluidificación de la misma.

El pellet en presencia de estas necesidades aporta el FeO suficiente para la formación de una buena escoria aún en los primeros minutos de iniciarse el soplo, ya que está constituido por óxidos de hierro y la temperatura de oxidación de los elementos del arrabio es suficiente para llevar a cabo la fusión del pellet; debe contarse también el efecto que pro-

porcionan los aditivos del pelet como lo son la cal, calhidra, escoria de B.O.F. y SiO_2 , que proporcionan una basicidad mayor a 1.2, esto último nos da la facilidad de poder adicionar pelet sin disminuir la basicidad del baño.

Por tanto, el pelet, al proporcionar la cantidad suficiente de FeO, nos facilita el poder adicionar la cantidad necesaria de cal para elevar la basicidad sin disminuir la fluidez; dando a la escoria, además una condición espumosa debido a la violencia de la reacción de oxidación y disolución del pelet, la proporcionará el CO necesario para obtener esta condición espumosa.

Punto (3)

Por ser condición necesaria la fluidez de la escoria así como el mantener una alta basicidad, nos encontramos en la necesidad de adicionar una cantidad elevada de fluorita, la cual como sabemos, tiene el efecto de bajar el punto de fusión de la escoria. En este punto debemos mencionar el refractario del convertidor, el cual por efecto de las altas temperaturas que se registran en el baño y la presencia de la fluorita sufre un desgaste prematuro.

El pelet, al proporcionar el FeO necesario provocará, como se dijo anteriormente, la fluidez de la escoria, lo cual evitara la adición excesiva de fluorita, obteniéndose los siguientes beneficios:

a) Disminución del consumo de fluorita, tomando en consideración su precio.

b) Evitar el prematuro desgaste del refractario.

T E M A VI

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

Los adelantos tecnológicos no siempre van a la par con el desarrollo del país, como es nuestro caso, se manifiesta al tener la suficiente materia pero no el equipo para tal explotación.

Además de no tener la experiencia en los adelantos tecnológicos, que se han estado desarrollando en el mundo.

Tal problema se va superando por lo cual al cabo de algunos años, se logrará llegar a las metas y algunas veces superarlas de las trazadas.

Como por ejemplo de este trabajo, se han dado pasos importantes tanto en el desarrollo tecnológico como en el experimental, como es nuestro caso, se está utilizando a nivel industrial en los procesos de Acercación un pelet más autofundente que llegue a eliminar el uso de la chatarra.

Así como nuestro país solicita una gran demanda de tecnología, también así es la demanda de técnicas que saquen adelante a la industria metalúrgica, solo con estudios y trabajos se podrá mejorar más aun el proceso.

El equipo con los adelantos a facilitado la mejor operación y una mejor explotación de nuestro mineral. Para una mayor garantía en el producto final de nuestro proceso.

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

- Título: Blast Furnoca Steel Plant
Autor: Menke, P.O.
Vol: I y X - - 1971
- Título: Scandinavian Journal of Metallurgy
Autor: Yushin, F. A.
Vol: II - - 1973
- Título: Effect of Albalis on blast Furnace
Autor: George, D. W. E.
Vol: 1973
- Título: Reduction Kinetics and Swelling of Iron Ore Pellets
Autor: Styskin, B. S.
Vol: II - - 1974
- Título: Calcium as a Cause of Catastrophic Swelling of pellet*
During Reduction
Autor: Blaifuss, R.L.
Vol: Trnas AIME - - 247 - - - 1970
- Título: Control of the propertics of cold - Bound Autoclaved
Palle
Autor: Hassler, B.
Vol: 95 ed. 1975.