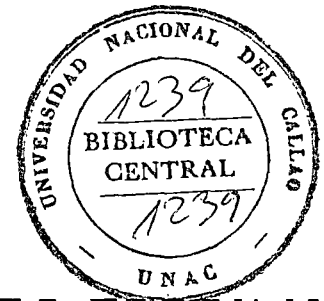


T / 6209 / L 91

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ENERGIA



**ALIMENTACION CONTINUA DE HIERRO ESPONJA Y
CAL EN HORNOS ELECTRICOS**

TESIS

**Para optar el Titulo Profesional de
INGENIERO MECANICO**

Elaborado por :

PEDRO ALBERTO LOZANO FLORES

PROMOCION 1981

CALLAO - PERU

1,993

A MIS PADRES, GASPAR e HILDA
POR SU ESFUERZO Y DEDICACION

A MI ESPOSA MARITZA e HIJOS:
KARINA, DANIEL Y ARTURO
POR SU CARIÑO Y COMPRENSION.

INDICE

	Pag.
I.- INTRODUCCION	
1.1. Generalidades	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. Objetivo	3
II.- FABRICACION DEL ACERO EN HORNOS ELECTRICOS.	
2.1. Fabricación del Acero	4
2.1.1. Descripción de la Planta de Acero	6
2.1.2. Hornos Eléctricos	9
2.1.3. Materia Prima e Insumos en la Carga	11
2.2. Marcha de los Hornos Eléctricos	15
2.2.1. Fusión de la Carga	16
2.2.2. Afino	17
2.2.3. Reparaciones	19
2.3. El Hierro Esponja	20
2.3.1. La Planta de Reducción Directa	21
2.3.2. Materia Prima para la Producción del Hierro Esponja	23
2.4. Cal	26
III.- EL TRANSPORTE DEL HIERRO ESPONJA Y CAL.	
3.1. Situación Actual	32
3.2. Alternativas del Transporte	34
3.2.1. Fajas Transportadoras	34
3.2.2. Vagones de Ferrocarril	38
3.3. Análisis del Método a Emplear	40

IV.-	SISTEMA DE ALIMENTACION CONTINUA.	
4.1.	Ubicación del Sistema	45
4.2.	Sistema de alimentación Continua	45
4.3.	Diferentes Alternativas de Carga	47
4.3.1.	Instalación de Equipos dentro de la Planta	47
4.3.2.	Instalación de Equipos fuera de la Planta	52
4.4.	Planteamiento de Alternativa para el Sistema	57
V.-	CALCULO Y SELECCION DE EQUIPOS.	
5.1.	Condiciones de Operación	68
5.2.	Cálculo del Hierro Esponja	70
5.3.	Cálculo de la Cal	73
5.4.	Cálculo y Selección de Fajas Transpor- tadoras	76
5.5.	Tolvas de Recepción	88
5.6.	Selección de Balanzas Dosificadoras ...	96
VI.-	JUSTIFICACION TECNICO ECONOMICO.	
6.1.	Consumo de Energía	99
6.2.	En la Producción	100
6.3.	Particularidades Relacionadas con los Resultados a Obtener en el Horno Eléctrico	103
VII.-	CALCULO DE LOS COSTOS.	
7.1.	Cálculo del Costo de la Obra	111
7.2.	Cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno	118
7.3.	Relación Beneficio - Costo	121

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1. Conclusiones y Recomendaciones	123
---	-----

IX.- BIBLIOGRAFIA, ANEXOS Y PLANOS.

9.1. Bibliografía	127
9.2. Anexos	128
9.3. Planos	136

PROLOGO

El presente proyecto se refiere al sistema de alimentación continua de hierro esponja y cal para los hornos eléctricos 1 y 2 de la Planta de Acero en la Empresa Siderúrgica del Perú SIDERPERU.

Se detalla la fabricación del acero, en las condiciones actuales y las características del material base que se emplea, la forma como se viene transportando, las alternativas y el análisis de los considerandos.

Se indica la ubicación del sistema por implementar, en la planta de acero y las alternativas propuestas, así como el planteamiento del sistema a instalar.

Los cálculos para el hierro esponja y cal, así como la selección de las fajas transportadoras, balanzas dosificadoras y tolvas.

Luego sustentamos una Justificación Técnica-Económica del estudio, así como los costos de la obra y sus beneficios.

Finalmente se tratará las conclusiones y recomendaciones.

I. - INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

La Empresa Siderúrgica del Perú-SIDERPERU, constituida por todas las plantas y sus áreas administrativas, requieren trabajos de Ingeniería en sus diversas especialidades. Es así, que dentro de éstas ubicamos a la Superintendencia de Ingeniería que brinda este servicio.

La Planta de Acero, con O/T ACER-047 del 14.04.92 solicita a la Superintendencia de Ingeniería realizar el Proyecto de Alimentación Continua de Hierro Esponja y Cal a los Hornos Eléctricos 1 y 2; orden que se deriva al autor del presente proyecto. Por tratarse de un trabajo, donde intervienen actividades civiles, mecánicas, eléctricas y metalúrgicas solo se definirá lo conveniente a la Ingeniería Mecánica, dejando lo que corresponde a las áreas afines al margen del desarrollo del tema.

Deseo resaltar que la persona que conceptuó el nombre de "Alimentación Continua de Hierro Esponja y Cal" es el actual Jefe de la Planta de Acero, Ingeniero Químico con muchos años de experiencia, quien ha

viajado al extranjero visitando siderúrgias modernas, donde se han montado sistemas continuos automatizados y en donde todo el diseño de la nave, es creada para estos fines.

La siderúrgica, con 34 años de antigüedad, creada para trabajar con chatarra, presenta una serie problemas que detallaremos posteriormente y que son parte de la problemática del desarrollo del tema; si consideramos la actual crisis económica y los elevados costos de la energía eléctrica, solo llegaremos a desarrollar lo prioritario de todo un gran sistema continuo de alimentación, dejaremos de lado el transporte de material a la nave.

1.2 ANTECEDENTES

Para la Producción del acero en los hornos eléctricos de la Planta SIDERPERU, el costo de la energía eléctrica se ha ido incrementando significativamente en los últimos años, teniendo grandes dificultades en mantener costos a un nivel razonable y competitivo, dentro del mercado nacional. Además la falta de energía por los continuos cortes en el suministro ha obligado que los hornos eléctricos dejen de funcionar en forma esporádica, por consiguiente disminuir considerablemente la producción del acero. Esto es uno

de los motivos más poderosos para instalar un sistema de alimentación continua, que permite obtener ventajas que faciliten bajar los costos y tiempos por cada colada de acero por consiguiente la tonelada de producto. Obteniendo los efectos económicos alentadores como en otras acerías modernas.

1.3 OBJETIVO

La Empresa Siderúrgica del Perú, sustituye parte de la chatarra, que se emplea en la producción del acero en los Hornos Eléctricos 1 y 2, por Hierro Esponja y Cal, con el fin de que este material sea alimentado en forma continua, el objetivo será determinar el sistema más óptimo ofreciendo las mejores ventajas, durante el proceso productivo aumentando la producción de los hornos, por disminución del ciclo de producción (principalmente en la reducción del período de afino), así como posibilitar el trabajo con un tipo de escoria, que prolongue la vida de los refractarios.

II. - FABRICACION DEL ACERO EN HORNOS ELECTRICOS

2.1 FABRICACION DEL ACERO

En nuestro país, ubicamos el Complejo Siderúrgico más grande en la ciudad de Chimbote a 450 Kms. al Norte de la ciudad de Lima; empresa encargada de la fabricación del acero.

Debido a su excelente situación geográfica, con una bahía y la proximidad del río Santa, que además de abundante agua ofrece un enorme potencial energético, la cercanía de los yacimientos carboníferos y la abundancia de caliza en la Región Chavín, se determinó que Chimbote sea la sede de la Industria Siderúrgica Nacional o llamada en la actualidad CAPITAL DEL ACERO.

Estos estudios fueron efectuados en 1,940 por la N.A. BRASSERT Co. y revisados después por la firma consultora MORFIL.

La CORPORACION PERUANA DEL SANTA, fue la encargada de hacer los primeros estudios, para la adquisición de equipos y construcción de la planta, sin embargo dada la situación precaria en que se encontraba, el

Gobierno decidió en 1,956 crear una nueva Empresa, la primera SOGESA integrada por la Corporación Peruana del Santa, el grupo Francés DELATRE ET FROURART y el Consorcio de Ingenieros Contratistas Generales.

En 1,960 se decidió separar las operaciones siderúrgicas y se constituyó la segunda SOGESA "SOCIEDAD SIDERURGICA DE CHIMBOTE S.A." integrada en esta oportunidad por la Corporación Peruana del Santa, que finalmente quedó como única propietaria.

En 1,971 por Decreto Ley Nº 19034 se creó la Empresa Siderúrgica del Perú "SIDERPERU", como empresa pública descentralizada del sector Industria, totalmente independiente de la Corporación Peruana del Santa, transfiriéndose las instalaciones, terrenos y edificios de SOGESA.

Por Decreto Supremo de Nº 02381-ITI/1980, del 2 de Octubre de 1,981, se aprueba la conversión de SIDERPERU en Empresa Estatal de Derecho Privado y se aprueba sus nuevos estatutos de acuerdo al nuevo régimen social.

El Centro de Operaciones de SIDERPERU ocupa un área de 532 Hectáreas y cuenta con instalaciones que permiten transportar el mineral de hierro en forma de

pelets y la chatarra, en productos planos (planchas, flejes y bobinas) y en otros productos no planos (fierro de construcción, alambrón, barras de molino, etc.). Adicionalmente cuenta con plantas para el revestimientos con zinc y estaño.

Para la fabricación del acero se siguen dos vías:

- Vía Alto Horno: Convertidores L.D.
- Vía Reducción Directa: Hornos Eléctricos (Acería).

La Acería Eléctrica inició sus operaciones el 21 de Abril de 1,958 con dos hornos eléctricos de acero de 25 toneladas de capacidad y transformadores de 7.5 MVA para la fabricación de acero al carbono; su forma Arquitectónica se representa en la Fig. 2-1.

En el año 1,972 se cambiaron los transformadores por otro de mayor potencia, de 15 MVA., a mediados de Junio de 1,980 se pusieron en marcha los hornos de Reducción Directa, comenzándose a emplear el Hierro Esponja en forma sistemática y moderadamente mientras se ganaba experiencia, hasta llegar a prácticas normales que hasta la fecha se viene realizando.

2.1.1. DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ACERO.

La Planta de Acero de SIDERPERU está constituido por:

a) MEZCLADOR DE ARRABIO.

Sirve para homogenizar el arrabio que proviene del Alto Horno, obteniendo una temperatura y composición química standard. Tiene una capacidad de 800 toneladas.

El producto homogenizado es distribuido hacia los Convertidores L.D.

b) CONVERTIDOR L.D. (LINZ-Donawitz).

Aquí se recibe el arrabio proveniente del mezclador junto con otras materias primas (Hierro esponja, cal, Mn.) son procesados hasta obtener el acero líquido.

Se cuenta con dos convertidores L.D.; ambos constituidos por una carcasa de acero cubierta interiormente con ladrillo refractario, con una capacidad nominal de 30 T.

c) HORNO ELECTRICO.

Otra vía por la cual, se llega a la obtención del acero es a partir del hierro esponja que proviene de la reducción directa de un horno rotativo. Este producto junto con otros (Chatarra, arrabio, sólido, cal, etc.) se cargan en los hornos eléctricos, en la cual, después de un tratamiento de mayor duración

que en los convertidores, se obtiene el acero líquido. Las principales características del horno eléctrico se detallan en el cuadro No. 2-1.

d) NAVE DE COLADA.

Está ubicada frente a los hornos eléctricos y convertidor L.D., este es el lugar, donde se realiza la colada y presenta: Cuchara de colada, grúa de desmoldeo colada, castillo para reparación de colada, taller de albañilería y mecánico.

e) COLADA CONTINUA (COCO).

- Es un proceso en el cual el metal líquido es colocado en forma continua, como lo indica su nombre es una lingotera pasante de cobre y que por efecto de los enfriadores sale el metal solidificado en forma de barras.

En SIDERPERU existen dos máquinas de colada continua que reciben el acero líquido proveniente de los convertidores y hornos eléctricos.

f) SISTEMA GRUA-PUENTE.

Se cuenta con las grúas:

- 2 Para colada continua con balanza electrónica.
- 1 Con electroimán para usos varios de 10 T.
- 1 Para reparación de tapones.
- 2 Stripper para el armado y deslingotes.

2.1.2. HORNOS ELECTRICOS.

Los Hornos Eléctricos de arco directo tipo trifásico, para acería es básicamente un crisol o carcasa de tapa cerrada y revestimiento refractario dentro del cual se extiende tres electrodos de grafito, conectados en una fuente trifásica de energía eléctrica a través de agujeros en la tapa superior o bóveda, los tres electrodos generan arcos de temperatura de 3600 a 6000 °C transmitiéndose el calor a la carga por conducción, radiación directa y reflexión reverbatoria.

Estos hornos son del tipo basculante y cargados por la parte superior, esta basculación es proporcional para escoriar y para colar el acero.

Para el cambio calorífico, es utilizado la corriente eléctrica, que es la fuente calorífica más importante y cara; inducida del transformador a la red y suministrada al horno.

El caldeo se produce por medio de los arcos que forman los tres electrodos, se ha estimado que la energía liberada en un arco eléctrico es de 23,000 Kcal/h. por cm^3 de volumen de arco, con temperaturas en el centro que varían entre 10,000 y 18,000 °C, la transferencia de esta energía muy concentrada hacia la carga se hace mediante:

- Radiación desde el arco y la resultante llama del arco, ya sea directamente o reflejada desde las paredes y la bóveda.
- Radiación desde el extremo del electrodo.
- Disipación de la energía electrónica en la interfase entre el arco y el metal.

Las partes del Horno Eléctrico son:

- a) **BOVEDA:** Es un arco de acero y ladrillo refractario ácido, montado en vigas de acero en voladizo, de tal manera que pueda ser levantado y desplazado hacia un lado, entonces el horno puede ser cargado, la bóveda está perforada y presenta en el horno 3 electrodos.
- b) **CUBA:** Es de forma circular con revestimiento de ladrillo ácido, se refrigera por tuberías

donde circula agua, además tiene piquera de colada, canal por donde se realiza la colada, también tiene una puerta de escoriado.

- c) **SOLERA:** Constituye el fondo del horno eléctrico, constituido por un fondo de arena y revestimiento de refractario de magnesita.
- d) **ELECTRODO:** Son de grafito y conducen la corriente eléctrica.
- e) **INSTALACIONES AUXILIARES:** Circuito de refrigeración, de aire, hidráulico, sistema de regulación del arco eléctrico, inyección de oxígeno.

2.1.3. MATERIA PRIMA E INSUMOS EN LA CARGA DE LOS HORNOS ELECTRICOS.

Los materiales que se utilizan para la fabricación del acero, suelen dividirse en: Carga Metálica, constituida por la chatarra, hierro esponja, arrabio, ferroaleaciones, aluminio; y la Carga No Metálica, conformada por cal, mineral de manganeso, arena silicosa, coque, espato flúor.

La carga metálica es la que forma el acero y la carga no metálica la escoria.

CARGA METALICA:

- **Chatarra:** Es la principal carga en los hornos eléctricos no debiendo contener impurezas de Ni, Cu, Ag.

No debe estar muy oxidada, ya que una gran cantidad de herrumbre introduce en el acero una cantidad considerable de hidrógeno.

El tipo de chatarra que se destina para la fusión es la chatarra de acero (60 - 70 %).

Tampoco debe contener metales no ferrosos. Es deseable que la cantidad de fósforo, contenido en la chatarra no exceda de 0.05%, cuando el contenido de fósforo es más alto crece el tiempo de fusión.

- **Hierro Esponja:** Material obtenido por la reducción directa en sólido del mineral de hierro, mediante la acción reductora del carbón u otro gas combustible, obteniéndose un mineral metalizado.

- **Arrabio:** Producto fundido en el Alto Horno con una composición química promedio de:

% C = 4 - 4.5
% Si = 0.5 - 1.2
% Mn = 0.2 - 1.2
% P = 0.15
% S = 0.02

El arrabio se utiliza en la elaboración de aceros en hornos eléctricos en mucho menos proporción que los otros componentes de la carga metálica.

- **Ferroaleaciones:** Conocidas también como "Fundiciones Sintéticas"; estos son productos obtenidos por la aleación del hierro con uno o más metales, sus principales aplicaciones son:

- . Las ferroaleaciones de tecnología elevada reducen los tiempos de proceso de las instalaciones siderúrgicas.
- . Producción de acero especiales.

Las ferroaleaciones se clasifican según a lo que se dedican:

- . **Ferroaleaciones Comunes.**- Empleados como desoxidantes en la fabricación de todo tipo de acero, son: Fe Mn - Std, Fe Si, etc.

. Ferroaleaciones Especiales.- Empleados como elementos de adición en la fabricación de aceros especiales, son: Fe Ni, Fe Al, Fe P, Si Ca, etc.

La materia prima común a todas las ferroaleaciones es el carbón de coque de calidad especial y granulometría muy precisa. El coque es la materia prima reductora.

CARGA NO METALICA:

- **Cal:** Es usada en los hornos eléctricos con la finalidad de neutralizar la chatarra contaminada, para proteger los revestimientos y acelerar la desulfuración y defosforación.

La cal, cuyo constituyente mayor es CaO es un fundente que forma y remueve impurezas, entre estas tenemos al: Si, Mn, O, Fe O, S, P.

La basicidad es un poco controlada, con adiciones regulares de cal, 20 - 27 Kg/t. Esto representa tener una escoria más estabilizada en los aceros efervescentes, debido a la inyección de oxígeno en la operación del afino. En caso de adicionar mayor cantidad de

cal 30 - 50 Kg/t. se observa que origina mayor cantidad de escoria.

- Carbón: Es añadido al horno por dos motivos:
 - . Como una adición para la formación de escoria en forma de carburo, tipo escoria.
 - . Para regular el contenido de carbón en el acero, en caso que sea deficiente (Carburación).

- Espato Flúor: Se usa como material que acelera la disolución de cal en la escoria básica y provoca el aumento de la fluidez de la escoria.

2.2 MARCHA DE LOS HORNOS ELECTRICOS.

La carga al horno se hace por medio de canastas, una vez preparada la carga metálica.

La carga del hierro esponja, se realiza con la chatarra en las canastas de fondo deslizante, colocando los materiales en orden de densidad, por lo que el hierro esponja va al fondo, sobre un piso de planchas delgadas para evitar su fuga a través de las aberturas de la canasta.

En coladas de 31 %, todo el hierro esponja se adiciona en la primera cesta y en las de 47 % se debe

repartir la carga entre las dos, pero de tal modo que en la primera se coloque los dos tercios del total con la finalidad de guardar la misma proporción hierro esponja - chatarra.

La alta densidad del hierro esponja, ha mejorado la densidad promedio de la carga, reduciendo su volumen total y permitiendo colocarla con holgura dentro del horno, sin demora en acomodarla ni afectar la bóveda. Instalada la carga dentro del horno se producen dos grandes etapas: Fusión y afino.

2.2.1. FUSION DE LA CARGA.

Al estar todo en orden, se cierra las puertas del horno y se procede a dar corriente, los electrodos al permitir el paso de la corriente y de ascender a través de la carga, perfora la chatarra y forman el primer líquido, luego de la fusión de un 70 % de la primera carga se efectúa la segunda carga.

Si la chatarra está muy oxidada no hará falta añadir nada de mineral de hierro ya que el oxígeno que necesita para OXIDAR el carbono, fósforo y otros elementos se los dará el mismo óxido de la chatarra.

El hierro esponja, rellena los vacíos entre la chatarra resultando a la vez un mejor aprovechamiento de calor. Ocasionalmente se han presentado

bloques de hierro pegado a la pared que han demorado en fundirse y que al ser desprendido bruscamente dentro baño caliente, reacciona con flama y gases que fugan por la boca de carga y huecos de los electrodos. Esto se evita solamente con distribuir bien la carga.

El fin de la fusión se alcanza con la carga total fundida y a una temperatura de 1600 °C.

2.2.2. AFINO.

Esta operación se realiza, desde el momento en que el laboratorio manda los primeros resultados de la muestra ya fundida, una vez con estos resultados se hacen los ajustes, para obtener la calidad programada (condiciones químicas y térmicas requeridas).

Aquí se producen reacciones de OXIDACION, DESULFURACION. Diremos que aquí primero se oxida el sílice que es el más ávido de oxígeno que cualquier otro elemento de los presentes. Esta sílice así obtenida va a constituir la primera escoria, que es ácido corrosivo, siendo el primer fundamento para poner ladrillos refractarios tipo ácido, activándose aún más su corrosividad por la alta temperatura de trabajo que muestra el horno.

Esta sílice se va a combinar en proporción, con las sustancias básicas existentes, como la cal que entra en la carga y el óxido de magnesio. Con el efecto de estas reacciones se fundamenta el porque de la adición de la cal y caliza en la carga metálica. Si no hubiera cal, la escoria sería muy corrosiva (atacaría el acero y a las paredes).

Otro elemento que también se oxida es el carbón, este se oxida por efecto del FeO , en su paso de la escoria al baño metálico estas moléculas gaseosas de CO , son las que a su paso hacia la superficie hacen un movimiento en el baño, semejante como si estuviera hirviendo, por que burbujea en el baño, en realidad no hay ebullición del baño, por que el hierro ebulle a más de $2400\text{ }^{\circ}\text{C}$ y ese burbujeo que se ve, es solamente el paso del CO a la superficie esta producción de CO , tiene la ventaja de actuar como un agitador y así dar mayor contacto entre la escoria y el metal facilitando así las reacciones. Después viene la oxidación del Fósforo, el cuál es elemento contaminante del acero. Se oxida el fósforo en anhídrido fosfórico P_2O_5 y luego pasa a constituir la escoria donde se va a unir con la cal dando fosfato tricalcico.

Del azufre se dirá que no se manifiesta una oxidación sino más bien lo hace formando sulfuros. Así

se une al manganeso formando el sulfuro de manganeso que pasa de esta manera a constituir la escoria.

Esta escoria formada debe ser permeable hasta cierto punto, para dejar pasar los gases hacia la superficie y retener las impurezas que pueden ir al baño metálico.

Esta etapa termina vaciando el acero en la cuchara. Otros ajustes son la DESOXIDACION que se lleva a cabo en la cuchara mediante el agregado de aleaciones como ferro-manganeso, ferrosilicio.

Los productos de esta oxidación se van a unir para dar un Silicato de características especiales y que le permiten subir rápidamente a la superficie y constituir escoria.

Cuando se hacen estos agregados en la lingotera, se ve a un operador con una tabla botar una escoria formada.

2.2.3. REPARACIONES.

Esta operación se efectúa cuando el horno esta vacío, es decir que ya ha habido la colada. Su objetivo es deducible para proteger el horno, sobre todo en aquellos puntos que son débiles, más propicios a que sus paredes o bóvedas sufran una perforación o la caída de ladrillos durante su

marcha normal. Se observa primeramente todas las partes del horno, incluido la refrigeración de la bóveda, los electrodos. Se agrega la dolomita a las partes más desgastadas de las paredes.

2.3 EL HIERRO ESPONJA.

La producción del hierro metálico, mediante la reducción del material con el carbón, es tan antigua como el uso del hierro por el hombre.

La Reducción Directa, esto es, la obtención del hierro metálico a temperatura por debajo de la fundición del hierro fue practicado hace mucho tiempo.

Reducción Directa en sí, es el conjunto de operaciones y procesos a que son sometidos los minerales oxidados de hierro utilizando reductores sólidos ó gaseosos para obtener un producto sólido, poroso y metalizado, denominado HIERRO ESPONJA, también se considera reducción directa, a todos los procesos mediante el cual la reducción directa se efectúa sin llegar a la fusión, conservando en forma original el mineral, pero con notable porosidad, de ahí que recibe el nombre de hierro esponja.

No todos los productos obtenidos por reducción directa son hierro esponja, algunos procesos utilizan el mineral que luego de reducidos son briqueteados y por lo tanto se llaman "briquetas metalizadas".



Los procesos existentes para la obtención de hierro esponja se clasifican según las características del reductor empleado, pudiendo ser:

- **PROCESOS DE REDUCTOR SOLIDO:** Estos se conducen en hornos rotativos, siendo los tipos más conocidos: SL/RN, ACCAR, K-M, KRUPP, HOCKINS.
- **PROCESOS DE REDUCTOR GASEOSO:** En estos, los gases reductores proceden del craqueo del gas natural o de los hidrocarburos líquidos o gaseosos, estos tipos pueden ser: MIDREX, HYL, PUROFER, FIOR, ARMCO.

Aunque en todos los procesos puede alcanzarse alto grado de metalización, las particulares características de ellos, conducen a metalización algo diferente entre sí, las cuales están influenciadas por la reductibilidad del mineral.

2.3.1. LA PLANTA DE REDUCCION DIRECTA EN SIDERPERU.

Se encuentra ubicada en un área de 15,000 m² en la zona Nor Este del complejo siderúrgico y colindante con la planta de cal, oxígeno y canchas de almacenamiento.

La Planta fue montada, tanto los hornos, enfriadores y equipos auxiliares con equipos de la fábrica de Cementos Lima en un 60 %. Los cuales han sido modificados y adecuados al proceso de fabricación del hierro esponja: SL/RN; los restantes fueron construidos por material propio de SIDERPERU.

Este proceso utilizado, es más acertado para nuestro país, ya que es un proceso con reductor sólido y que utiliza los carbones antracíticos de la región, también los residuos del coque metalúrgico, procedente del Alto Horno.

Este proceso es el resultado de la combinación de los trabajos desarrollados en forma independiente por dos grupos de compañías; la SL constituida por la STEEL COMPANY OF CANADA SLD (S), y la LURGI CHEMIC UND HUTTENTECHNIK GMBH. (L) la cual desarrolló el proceso para mineral de alta ley y la RN constituida por la REPUBLIC STEEL CORPORATION (R) y la NATIONAL LIAD Co. (N), con el desarrollo del mineral de baja ley.

El proceso de reducción directa SL/RN utiliza directamente carbones de baja calidad, tales como lignitos y semicoque como reductores para producir hierro esponja de elevada metalización a partir de diferentes tipos de materiales ferrosos tales como

minerales en trozos, pelets o finos de mineral en un horno rotativo.

En consecuencia el hierro esponja se encuentra libre de contaminantes, que lo hacen ideal para mejorar la calidad del acero. Su contenido de azufre y fósforo es bastante baja lo que evita problemas en el afino. Por su bajo nivel de carbono es necesario añadir una determinada cantidad de carbón a fin de reducir los óxidos ferrosos que han quedado en el hierro esponja, tanto más cuando menor sea su grado de metalización y así evitar que los óxidos se vayan en la escoria y alcanzar el máximo rendimiento metálico.

2.3.2. MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCION DEL HIERRO ESPONJA.

Las materias primas utilizadas en el proceso de reducción directa de hornos rotatorios para la producción de hierro esponja son los siguientes:

a) PELETS DE MINERAL DE FIERRO.

Es el mineral de fierro aglomerado. Procede del yacimiento de Marcona, ubicado al Sur del país; llega en forma de hematita ($Fe_2 O_3$) es el material que va a ser sometido al proceso de reducción.

La peletización consiste en aglomerar concentrados muy finos de esferas de 10 a 25 mm. de diámetro y pueden ser fabricados con una granulometría casi uniforme.

a.1. GRANULOMETRIA.

Ejerce una enorme influencia, sobre todo en la reductibilidad del mineral, es así, que ha medida que aumenta la granulometría, la velocidad de reducción se incrementa, de ahí la necesidad de una alimentación uniforme.

En la ficha técnica se ha establecido los siguientes requisitos:

De 5/8" a 3/8" ...	95 % mín.
De 5/8" a 1/4" ...	5 % máx.

a.2. CARACTERISTICAS FISICAS.

Resis. a la compr. :	mín. 226 Kg. por pelets
Porosidad :	3.6 %
Reductibilidad :	52.7 %
Densidad :	1.9 - 2.1 t/m ³

a.3. CARACTERISTICAS QUIMICAS.

Hierro (Fe)	mín. 67.00 %
Fósforo (P)	máx. 0.02 %
Azufre (S)	máx. 0.02 %
Sílice (Si O ₂) ...	máx. 2.20 %

b) FINOS DE COQUE Y/O ANTRACITA.

Los reductores sólidos que se emplean para la producción del hierro esponja son: El coque y el carbón en forma de antracita.

El carbón como antracita, tiene procedencia nacional y los principales yacimientos que abastecen a SIDERPERU, no están muy distantes de éste.

b.1. GRANULOMETRIA.

En las fichas técnicas establecen los siguientes requisitos:

De 6.00 mm.	máx.	2.00 %
De -6.00 a -3.00 mm.	máx.	43.00 %
De 3.00 a -1.00 mm.	mín.	25.00 %
De -1.00 mm.	máx.	30.00 %

b.2. CARACTERISTICAS QUIMICAS.

Carbón fijo	máx.	68.5	.....	75 %
Azufre	máx.	0.6	.....	1.3 %
Cenizas	máx.	15.0	.....	20.0 %

c) FINOS DE CALIZA.

El fundente utilizado para eliminar el azufre de los pelets es la caliza.

c.1. GRANULOMETRIA.

La Granulometría especificada para la desulfuración en la planta de reducción directa es:

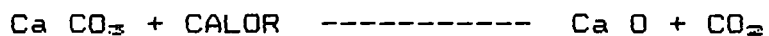
De +2.00 mm.	25 %
De 0.2 mm. a 2.00 mm...	65 %
De 0.2 mm.	10 %

c.2. COMPOSICION QUIMICA.

Carbonato de Calcio (Ca CO ₃) .	mín. 90 %
Sílice (Si O ₂)	máx. 5 %
Fósforo (P)	máx. 0.05 %
Azufre (S)	máx. 0.15 %

2.4 CAL.

Es un Oxido de Calcio (Ca O); en este estado es una cal viva. Esta se hidrata fácilmente dando el hidrato de calcio (Ca (OH)₂); es en este estado una cal apagada o hidratada. La cal se obtiene por acción de la caliza (Ca CO₃) que a una temperatura y el aporte de una cantidad de calor, llamado disociación se descompone en sus constituyentes: Ca O y CO₂, operación llamada calcinación, osea:



SIDERPERU, cuenta con una planta de CAL, ubicada en la zona Nor Este del complejo, colindante con la

planta de hierro esponja, tiene una capacidad de 150 toneladas diarias trabajando con sus dos hornos rotativos.

El proceso de la fabricación de la cal es la cocción u calcinación del carbonato del calcio (Ca CO_3), más o menos puro, a una temperatura de cerca de 900°C . La disociación del carbonato en sus dos constituyentes (Cal y anhídrido carbónico) se produce mediante el aporte de una cantidad de calor determinado, llamada calor latente de disociación. Esta disociación necesita un determinado tiempo, variable con la naturaleza de la piedra y la temperatura a la cual está sometida la caliza.

El producto final es depositado en dos tolvas cuya capacidad es de 140 toneladas cada una.

La cal, es la materia prima para la acería, en los procesos siderúrgicos deben ser los más puros posibles, es decir con bajo contenido de sílice, de magnesita y de alúmina.

La sílice forma con la cal (Ca O) un silicato muy fusible y como consecuencia una parte de la cal no sería utilizada para la meta buscada. La magnesita obra bien como la cal, más lentamente daría una escoria demasiado espesa, estorbando la salida de los gases y menguando los intercambios entre ella y el baño metálico se dará la misma observación para la

alúmina sobre estos últimos puntos.

Una buena cal para acería debe dosificar cerca de 90 % de Ca O, además debe ser cocida.

Los números entre paralelas [] corresponden al correlativo de la Bibliografía.

CUADRO No. 2-1

CARACTERISTICAS DE LOS HORNOS ELECTRICOS
DE SIDERPERU

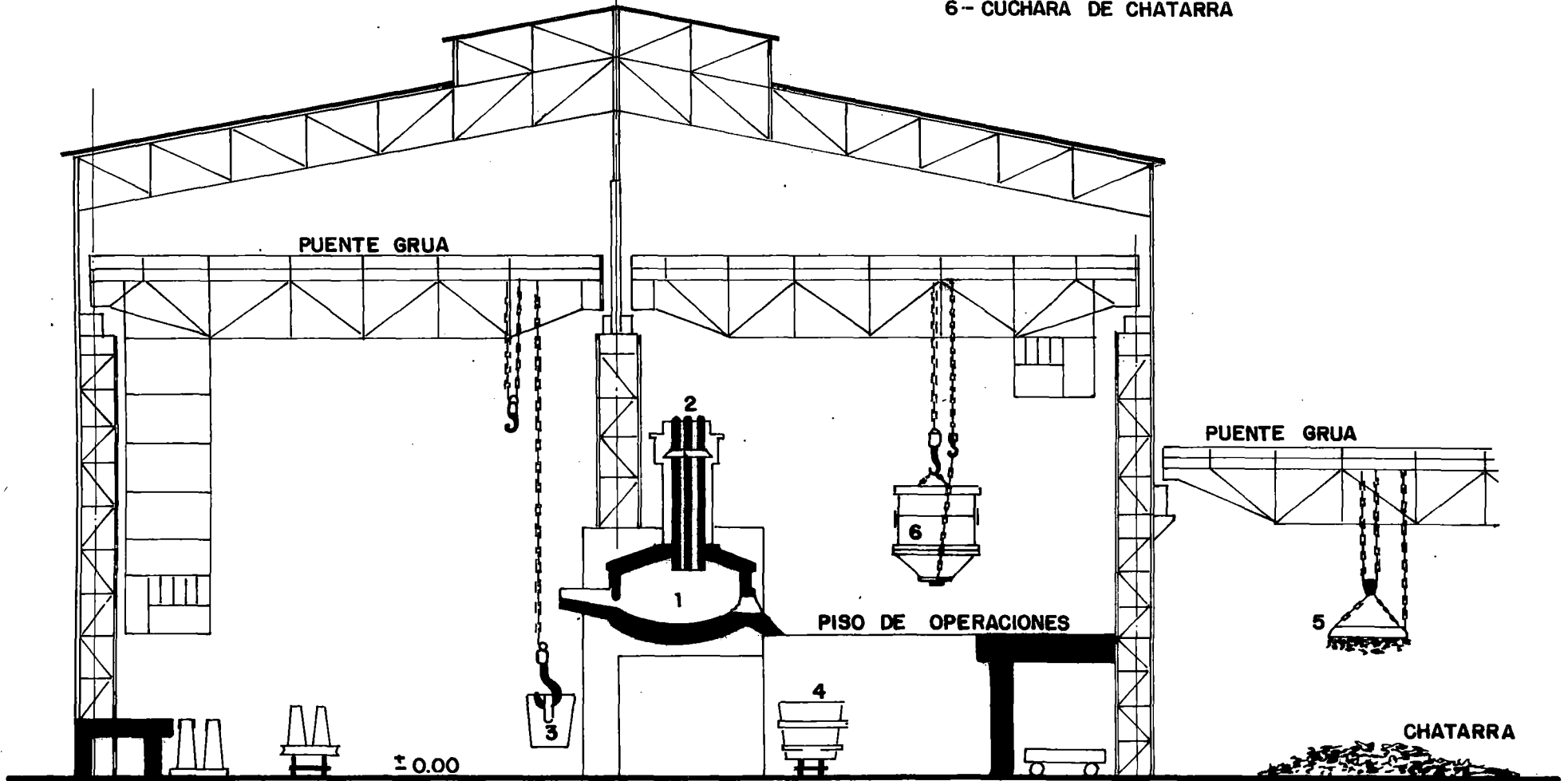
CARACTERISTICAS		HORNOS 1-2
Diámetro de carcaza	(mm)	4,570
Capacidad nominal	(t)	25
Capacidad actual	(t)	30
Diámetro de los electrodos	(mm)	450
Transformador	(MVA)	7.5 / 15.0
Tensión primaria	(KV)	13.2
Círculo de los electrodos	(mm)	1070
Paredes		Cromo-magnesita
Boveda		Alta alúmina

CUADRO No. 2 - 2

CARACTERISTICAS DEL HIERRO ESPONJA

Fe total (Fe T)	92.60 %
Fe metálico (Fe°)	86.10 %
Metalización (GM)	93.00 %
Carbono	0.20 %
Azufre	0.024 %
Fósforo	0.016 %
Ca O	0.60 %
Mg O	0.52 %
Si O ₂	3.40 %
Al ₂ O ₃	0.76 %
Basicidad:	
$\frac{Ca\ O + Mg\ O}{Si\ O_2 + Al_2\ O_3}$	0.27
Ganga total	5.34 %
Granulometría (de 15 a 5 mm)	90.00 %
Densidad aparente (Peso del volumen)	1.60 t/m ³
Peso específico	2.9 - 3.5 g / cm ³
Porosidad	55 - 60 %
Angulo de reposo (grados)	35

- 1-- HORNO ELECTRICO
- 2-- ELECTRODOS
- 3-- CUCHARA DE COLADA
- 4-- CUBA DE ESCORIA
- 5-- ELECTRO IMAN
- 6-- CUCHARA DE CHATARRA



CORTE TRANSVERSAL DE LA PLANTA DE ACERO

III.- EL TRANSPORTE DEL HIERRO ESPONJA Y CAL

3.1 SITUACION ACTUAL DEL TRANSPORTE.

Las materias primas que abastecen a la Planta Siderúrgica de Chimbote son enviadas en su mayoría por vía marítima y en menor escala por vía terrestre. Estas materias primas son llevadas por medio de fajas transportadoras, ferrocarriles y/o camiones, formando pilas o montones al aire libre, con excepción de algunos pocos que se trasladan a los almacenes; los materiales recibidos tienen características determinadas que exige la planta en sus especificaciones técnicas.

La Planta de Acero para sus hornos eléctricos 1 y 2 requiere de hierro esponja, chatarra, cal y ferroaleaciones, el primero de los señalados se produce en la Planta de Reducción Directa y almacena su producción en dos tolvas, cuya capacidad total es de 200 toneladas y su producción diaria de la planta en las mejores condiciones funcionando con sus tres hornos es de 300 t. Este material es transportado por medio de volquetes de 10 t. de capacidad cada uno

y recorre un tramo de 300 m. para depositarla en la nave de chatarra de la acería, ahí es descargada formando pilas hasta que la grúa de chatarra con agarre magnético se encarga de manipularla, en las mejores posiciones de carga. Posteriormente este material es elevado con la grúa y llevado a las cestas de carga donde se clasifican y ordenan la carga para cada colada.

La Planta de Cal se ubica colindante a la reducción directa, su producción diaria es de 160 t., este material es transportado en volquetes con una capacidad de 20 t. siendo utilizada en las diversas Plantas del Complejo. Para nuestro caso recorre una distancia de 200 metros descargando en la nave de chatarra de la acería de ahí es manipulada mecánicamente a las cestas de carga.

El transporte actual es un proceso convencional de manipuleo de material, que para cumplir con él se debe tener unidades operativas.

Las consideraciones para el transporte del hierro esponja son:

- Produc. máx. diaria a transportar : 300 t.
- Capac. efectiva de carga por volqu.: 10 t.
- Número de viajes por día para traslado de hierro esponja. $300/10$: 30

- Tiempo de viaje : 10-15 Minutos

- Horas/volquetes necesarias:

$$\frac{30 \times 10}{60}$$

: 5 - 7.5 horas

$$\frac{30 \times 15}{60}$$

- Lo que hace un requerimiento de 8 horas diarias.

3.2 ALTERNATIVAS DEL TRANSPORTE.

Por la ubicación de la Planta de Acero, respecto a las de reducción directa y cal, la alternativa base es la convencional de movimiento de material por medio de volquetes ya señalado en el ítem anterior. Además, se pueden considerar las siguientes alternativas de transporte de material: Fajas transportadoras, vagones de ferrocarril.

3.2.1. FAJAS TRANSPORTADORAS.

Sistema de transporte muy utilizado en el Complejo y que es factible la instalación de fajas transportadoras, por la cercanía de las plantas. Su implementación requiere un costo elevado al principio; Monto Presupuestal que por situaciones de la crisis económica no se puede hacer una realidad (Estimado \$ 300,000 Dólares Americanos). Pero desde el aspecto técnico y de proyección se debe dejar sentada las bases preliminares de la Inge-

niería, razón por la cual presentamos la alternativa.

Situados en el terreno de la obra se presenta dificultades para el trazo, por tener muy cerca la planta de oxígeno, las tuberías de gas, vapor, desagüe, instalaciones eléctricas, etc.

Se vio la posibilidad de instalar un sistema de fajas transportadoras ubicadas en canaletas en el nivel bajo del terreno existente, imposibilitando la instalación por los inconvenientes anteriormente señalados. Luego observamos que era factible la ubicación aérea con la fabricación de estructuras metálicas. Es así como procedemos luego al desarrollo del trazo óptimo a seguir.

Iniciamos los trabajos con el levantamiento topográfico en el área; obtenemos en la zona de las tolvas de recepción de material de la Planta de Reducción Directa la cota de +13.65 m. llamaremos a esta el punto A referencial como inicio del trazo, luego ubicamos el punto B con una cota de +10.50 se considera esta zona después de buscar un área libre ya que al contorno se encuentran oficinas de refractarios, pequeños talleres y almacenes, aquí se construirá la base para la estructura a soportar el trasvase de material de faja a faja en el cambio de dirección A-B hacia B-C.

Del punto B trazamos una recta hacia las tolvas de almacenamiento, en la parte frontal de la Planta de Acero, obteniendo de esta manera el tramo B-C, en este punto la cota es +8.50

Obtenidas las cotas procedemos al trazo de las líneas de ejes de las fajas transportadoras, ver Fig. N^o 3-1: Perfil natural del terreno tramos A-B y B-C; se determina que para el primer tramo A-B se tiene una pendiente negativa o descendente de 4.4 %, para el segundo tramo se tiene una pendiente positiva o ascendente de 2.6 %.

Complementando la Fig. N^o 3-1 presentamos el plano AC-100: Disposición General del Sistema de Alimentación Continua, donde se desarrolla el trazo de ubicación, así como la posición de las columnas metálicas, cuyo distanciamiento no guarda simetría por las dificultades existentes en la trayectoria. El sistema de faja se inicia en el punto de transferencia del material a las tolvas de almacenamiento de hierro esponja que viene de la faja transportadora de la Planta, es desviada por un chute tipo pantalón con sus respectivas compuertas giratorias para el bloqueo según sea el caso necesario.

El material continuará en una faja transportadora con una longitud de 252 m. que representa el tramo

A-B, aquí se instalarán 22 columnas metálicas con un espaciamiento entre 10 y 13 m. dependiendo estas de las dificultades que se han encontrado al levantar el trazo. Al llegar al punto B se tendrá una estación de trasvase de material, a la vez cambiará de trayectoria el material para obtener el tramo B-C el cual tiene una longitud de 114 m. y con una pendiente ascendente hasta llegar al punto C, que es la cúspide donde se procederá al llenado de las tolvas futuras a construir, las fajas transportadoras tendrán un ancho de 400 mm. y velocidad de 1.5 m/s. similar a la que entrega el material de la planta de reducción directa.

Todo lo anteriormente señalado corresponde a la alimentación del hierro esponja estando garantizado su almacenamiento en las tolvas. Para la alimentación de la cal consideramos a una distancia de 113 m. del punto B, la construcción de dos tolvas de recepción con una capacidad de 20 t. cada una, las cuales se descargarán por un chute hacia una pequeña faja que alimenta a un elevador de cangilones que descarga en la faja transportadora del tramo A-B, llevando esta a la tolva principal que alimenta a los hornos eléctricos. De esta manera se habría automatizado todo el sistema, el cual estará gobernado desde el tablero

principal en la zona de almacenamiento y pesaje. Esta alternativa presentada es la más óptima y cuenta con la aprobación de los usuarios y la superintendencia de Ingeniería.

3.2.2. VAGONES DE FERROCARRIL.

Es otra forma de transporte muy usual en nuestro complejo tenemos una línea que se inicia en el Muelle y termina en la nave de Productos Planos, valiéndose de esta infraestructura y contando con material en stock según confirmación del jefe de ferroviarios se plantea la implementación de esta modalidad de transporte de material.

Ubicados en el terreno se levantó el trazo de la línea férrea necesaria para conectar a la línea principal; ver la Fig. N° 3-2: Ubicación de tramo a implementar con línea férrea, para tomar esta determinación nos apoyó el encargado de montaje de los durmientes y vías del Taller de ferroviarios quién con su amplia experiencia nos encaminó para realizar el trazo óptimo para la buena maniobrabilidad de la carga.

El hierro esponja será recepcionado de las tolvas de almacenamiento de la Planta de Reducción Directa, aquí el nivel de cota es +13.65 y será llevado por línea férrea hasta la red troncal

ubicado frente al Cerro Culebra donde el nivel del terreno tiene una cota de +8.50. En cuanto a la pendiente se efectuó la consulta en la ciudad de Lima con los especialistas de ENAFER PERU, quienes nos manifiestan que en la costa la pendiente permisible que se puede considerar en la construcción de una línea es como mínimo 2 m. de altura por cada 100 m. y un máximo de 4 m. de altura por cada 100 m. (Dato del jefe de Vías y Obras de ENAFER). Por lo que procedemos a la ejecución del trazo.

Captado el material de las tolvas de almacenamiento de la Planta de Reducción Directa, se inicia el descenso por una entrada casi recta con la finalidad de dar facilidad al ingreso de carga y en la subida al descanso pausado y acomodo de los vagones, luego muy cerca a la pared de la Planta de Oxígeno se inicia el descenso en forma suave hasta llegar a la red troncal. Para su implementación será necesario un total de 68 rieles, calidad A55 (32 Kilos/metro), el que cubrirá un tramo de 400 m.

También se dispone la interconexión desde las tolvas de almacenamiento de cal, hacia la línea férrea que baja de la Planta de Reducción Directa, para esto se requiere un tramo de 90 m. con esto

quedaría interconectado al sistema.

Para el traslado del material se necesitaría dos locomotoras y seis vagones con dispositivo hidráulico para la descarga del material, equipos con el que se cuenta en el taller anteriormente señalado en cuanto a la mano de obra se cuenta con el personal necesario para el buen cumplimiento, según lo manifestado por el jefe de operaciones.

3.3 ANALISIS DEL METODO A EMPLEAR.

Luego de haber enfocado las alternativas del transporte, analizaremos las tres, considerando prioridades.

a) DE INMEDIATO: Seguir con el empleo de los volquetes que venimos usando y que nos hace depender de una unidad motorizada.

La no implementación del sistema de fajas transportadoras por motivos de índole financiero, omite la construcción de tolvas de almacenamiento de hierro esponja y cal en forma parcial ya que se considera la fabricación de la parte inferior de la descarga y su estructura de apoyo con la proyección futura para el acoplamiento de los cuerpos de la tolva.

Es así como, los volquetes deben depositar su carga en forma convencional.

b) A CORTO PLAZO: Implementar el uso de vagones, alternativa que cuenta con todo lo necesario para su instalación según lo coordinado con el taller de ferroviarios, se estaría a la espera de la aprobación del expediente correspondiente para el inicio del montaje.

c) A LARGO PLAZO: Implementar el sistema de fajas transportadoras en los tramos A-B y B-C según se puede ver en el Plano AC-130: Disposición General. Esta alternativa automatiza todo el sistema de Alimentación Continua. Por problemas financieros no se ejecutará la etapa del transporte del mineral hacia la acería, solo ha sido aprobado el dosificado, alimentación a los hornos y equipamiento dentro de la nave, así mismo para su ejecución se tratará en lo posible usar toda la infraestructura con que se cuenta en la Planta y en nuestros almacenes.

El Proyecto completo fue estimado el año 1991 con un Perfil de la inversión así como la rentabilidad del caso, se acompañó además el Plano AC-100

que anexamos al presente y que hasta la fecha no cuenta con el financiamiento.

Ante la postergación del caso, el usuario por intermedio del Superintendente de la Planta de Acero, recurre al área de Ingeniería para el desarrollo de la implementación básica así como la Supervisión General de la obra con recurso propio de la Planta y sus áreas colaterales.

IV. - SISTEMA DE ALIMENTACION **CONTINUA**

4.1 UBICACION DEL SISTEMA.

El sistema de alimentación continua para los hornos eléctricos 1 y 2 será instalado en la Planta de acero de la Empresa Siderúrgica del Perú SIDERPERU; ubicada en la ciudad de Chimbote que se halla situado al Noreste del País. Puerto considerado como de segunda categoría y a 425 Km. de Lima, con 9°05'00" de latitud Sur y 78°37'00" de longitud Occidental del Meridiano de Grenwich, la elevación es escasamente a 2 y 4 msnm.

Existe una humedad promedio máximo : 90 - 93 %

promedio mínimo : 70 - 74 %

Los vientos son constantes todo el año, con una dirección de viento dominante: Proveniente de Sur Oeste

Velocidad promedio : 24/30 Km/h.

4.2 SISTEMA DE ALIMENTACION CONTINUA.

El sistema de alimentación continua consiste en un medio de transporte de hierro esponja y cal a la zona

de almacenamiento y dosificación hasta el dispositivo de descarga, a los hornos eléctricos de manera simétrica respecto a los tres electrodos. Así mismo, el sistema permite una caída vertical de carga o mezcla a una velocidad regulada.

Implementar el sistema en nuestra Planta de Acero será la metas propuesta. La acería es una planta del tipo Convencional, diseñada para trabajar en base a chatarra, según se puede observar en la Fig. N° 2-1: Corte transversal de la Planta de Acero, donde observamos que la zona de almacenamiento de chatarra, hierro esponja, cal y ferroaleaciones se encuentra junto a la nave principal y el traslado de la chatarra es a través de las grúas.

Las acerías modernas, consideran el sistema con carga continua, según se puede ver en la Fig. N° 4-1: Acería moderna con carga continua; aquí se considera una zona para el almacenamiento y dosificación de la carga donde se ubican las tolvas de almacenamiento, así como en la parte externa las fajas transportadoras que conducen el material.

SIDERPERU, con una Planta de 34 años de antigüedad período durante el cual se ha congestionado de equipos, talleres, redes viales, hace difícil implementar un sistema de alimentación continua de hierro esponja y cal a los hornos eléctricos.

4.3. DIFERENTES ALTERNATIVAS DE CARGA.

Reunidos en la Planta de Acero, el Superintendente de Producción quien representará al futuro usuario, el Superintendente de Mantenimiento y el autor del presente trabajo como representante de la Superintendencia de Ingeniería, llevamos a cabo una reunión para determinar puntos de coincidencia.

Se presentó dos alternativas para la instalación del Sistema de alimentación continua:

- Considerando la instalación de los equipos dentro de la Planta.
- Instalar los equipos fuera de la Planta.

Temas a desarrollar en el punto siguiente.

4.3.1. INSTALACION DE LOS EQUIPOS DENTRO DE LA PLANTA.

Para esta alternativa se considera dos propuestas:

a) RECEPCION DEL MATERIAL DENTRO DE LA NAVE. Ver Fig. Nº 4-2

El material transportado por volquetes o en vagón sería recepcionado en silos de almacenamiento a fabricar entre las columnas B6 y B7, debajo del nivel del terreno, de ahí se sube el material con un elevador de cangilones hasta el nivel +19.00 para descargar en un chute tipo pantalón a las tolvas de consumo diario de

hierro esponja y cal ubicadas sobre la plataforma de trabajo. Debajo de cada tolva, se ubican las balanzas dosificadoras que pesan el material deseado, para descargar en una faja transportadora de 400 mm. de ancho que depositará la carga en un chute que conduce hacia el interior del horno.

Esta alternativa así de simple como se plantea tiene las siguientes desventajas:

- El hierro esponja es un mineral volátil y al estar cerca el silo de almacenamiento, a la zona de escoriado, cualquier fuerte reacción de parte del horno podría alcanzar al mineral y producir un incendio. El área de Seguridad no permitiría la implementación de instalación alguna.
- En la alimentación al elevador de cangilones se produce derrame de material y su acumulación, debiendo destacar personal en forma permanente para su evacuación.
- El hierro esponja es un producto de elevado poder abrasivo el cual produce desgaste en los mecanismos en general, implementar un elevador de cangilones traería problemas a corto plazo. La experiencia obtenida en la

Planta de Reducción Directa donde se ha tenido que cambiar los elevadores por un sistema de fajas transportadoras, nos lleva aceptar la solicitud del jefe de mantenimiento de no implementar este tipo de mecanismo. La Planta de reducción directa inició sus operaciones en 1,980 y la elevación de su material se hace con fajas transportadoras, en su inicio hubo zonas donde se levantaba el material con cangilones, a la fecha se encuentran reemplazados y fuera de uso.

- Esta alternativa requiere implementar equipos en su totalidad dentro de la Planta.

b) RECEPCION DEL MATERIAL FUERA DE LA PLANTA. Ver Fig. Nº 4-3

Transportado el material de la Planta de Reducción Directa esta será recepcionada en una tolva de 10 m³, ubicado en la parte externa y frontal de la nave, teniendo lo más cerca la columna B-10.

Este producto sería elevado con una faja transportadora de bornes ondulados hasta el nivel +20.35, donde se descargará por un chute a una faja transportadora que atraviesa la nave sobre la viga carrilera hasta llegar entre las

columnas B-6 y B-7, lugar donde se ubican las tolvas de almacenamiento.

En la plataforma de trabajo de los hornos eléctricos, en el nivel +11.28 se ubicarán cuatro tolvas, dos para hierro esponja con una capacidad de 50 m³ cada una y dos de cal con una capacidad de 8 m³ que servirán de almacenamiento.

Debajo de las tolvas, anteriormente señaladas, se ubican cuatro balanzas dosificadoras que pesan el material por enviar a los hornos eléctricos, transportado por medio de fajas transportadoras que depositan el material en un chute excéntrico, el cual estará fijado al horno para facilitar las maniobras del mismo.

Se puede observar en la figura, que la elevación de la faja principal FTH, es necesario para la ubicación de las tolvas, así como pasar por encima del carro que conforma la grúa puente, para que nos permita la ubicación de la estructura soporte para la faja.

Esta alternativa tiene los siguientes inconvenientes:

- La polución que se produzca durante el trasvase de material estará centrado en la

plataforma de trabajo y cerca a la cabina de mando de los hornos eléctricos 1 y 2.

- Se tendrá que reforzar las estructuras entre las columnas B6 y B7 ya que la carga muerta a considerar para este caso es de 200 t.
- Las maniobras con las grúas para la carga de material y equipos de manipuleo deberán considerar la presencia de tolvas en el nivel +11.28.
- Se tiene proyectado utilizar el gas que expiden los hornos eléctricos durante el proceso de fusión para realizar el precalentamiento de la chatarra. Trabajo denominado "EL PROBLEMA ECOLOGICO EN LOS HORNOS ELECTRICOS EN LA PRODUCCION DEL ACERO Y LA APLICACION PROGRESIVA DEL AHORRO MEDIANTE LA UTILIZACION DE LOS GASES"; la implementación de este proyecto, considera el empleo de la plataforma de trabajo.

Luego de analizar los dos puntos anteriores se llegó a la conclusión de NO CONSIDERAR ninguna instalación adicional a las ya existentes en la plataforma de trabajo y que se plantee alternativas que consideren equipos fuera de la nave de la acería.

4.3.2. INSTALACION DE EQUIPOS FUERA DE LA PLANTA.

Por la ubicación de la nave, tenemos dos frentes o linderos para instalar una zona de almacenamiento y dosificación de material, uno de ellos es la lateral este, colindante con la nave de chatarra, rápidamente descartamos esta zona por el gran problema de la maniobrabilidad fuera y dentro de la nave que las grúas puente trabajan transversal a la nave afectando cualquier instalación por implementar; quedando solo la zona frontal de la nave. Para esto se planteó los siguiente:

- a) Almacenar el hierro esponja y cal en tolvas de 20 m³ de capacidad respectivamente en la parte externa de la nave cerca a la columna B-10 ver Fig. N^o 4-4.

La alimentación a dichas tolvas se efectúa mediante camiones cuya frecuencia aproximadamente sería de 3 horas.

Cada una de las tolvas, alimenta independientemente a los hornos 1 y 2 mediante balanzas de cinta de pesaje continuo, las cuales dosificarán el flujo necesario de material según sea hierro esponja o cal.

Cada balanza descarga el material, a una faja transportadora situada en un túnel debajo de

las tolvas y en el cual se reunirán tanto el hierro esponja como la cal para ser descargado en un elevador de cangilones quien elevará la carga y alimentará a una faja transportadora ubicada en la estructura de la viga carrilera del puente grúa.

Entre la estructura de la viga mencionada se instalarán dos fajas horizontales para alimentar independientemente cada horno. Las fajas descargarán el material a un chute, el cual estará compuesto de dos partes, una fija y otro vasculante, a fin de permitir que la tapa del horno realice el movimiento necesario para la alimentación de chatarra y/o colada.

Esta alternativa tiene el inconveniente del elevador de cangilones, el cual ha sido señalado en el ítem 4.3.1.a.

Partiendo de esta alternativa se formula la alternativa:

- b)** Esta alternativa elimina el inconveniente propuesto anteriormente, ver Fig. N^o 4-5.

Teniendo las tolvas de almacenamiento de hierro esponja, cuya capacidad es de 200 t. y las tolvas de cal con una capacidad de 150 t., a partir de los cuales se capta el material para ser llevados a la Planta de Acero.

Se considera para el traslado del material:

- **De inmediato:** Seguir con el sistema convencional, empleando los mismos volquetes que vienen transportando el material, los cuales depositarán su carga en un silo de recepción con capacidad de 10 m³.
- **A corto plazo:** Se tiene proyectado implementar el uso de vagones ya que la red ferroviaria cruza el Complejo Siderúrgico, llevando el material al silo de recepción.
- **A largo plazo:** Dependiendo de la situación económica se instalaría el sistema de fajas transportadoras para el transporte de materiales, en forma continua desde la Planta de Reducción Directa hasta la zona de almacenamiento y pesaje de productos. Se dejaría de lado la faja de bornes ondulados, que eleva el material a las tolvas de almacenamiento quedando en forma preventiva para cualquier parada de mantenimiento del sistema principal.

Una vez recepcionado el material en el silo de almacenamiento, se descarga por medio de un chute a una faja transportadora de bornes

ondulados con una inclinación de 45° , el cual eleva el material hasta el nivel +14,140 donde descarga en un tolván tipo pantalón, a dos tolvas de almacenamiento, la de hierro esponja con una capacidad de 200 t. y la de cal con 30 t.

De las dos tolvas de almacenamiento se deben alimentar independientemente a los hornos eléctricos 1 y 2 de la Planta de Acero, mediante balanzas de cinta de pesada continua, las cuales dosifican el flujo necesario de material, según sea hierro o cal, ingresando el material a una faja de bornes ondulados con una inclinación de 45° el cual eleva el material hasta el nivel +18,020 descargando en la entrada de la nave a una faja en la estructura de la viga carrilera del puente grúa.

Para el caso de la cal, este descarga de las balanzas que controlan el peso, luego ingresa el material a una faja plana que descarga el material en una faja de bornes ondulados señalada anteriormente, luego seguirá hacia los hornos eléctricos.

Entre la estructura de la viga carrilera se instalarán dos fajas de 400 mm. de ancho,

horizontales para la alimentar independiente-
mente a cada horno.

En tal sector, donde la faja pasa por encima
del horno, será protegido por una plancha de
acero, instalado para tal efecto en la parte
inferior de la viga, sirviendo así de pantalla
a las llamas provenientes del horno que podrían
alcanzar la altura donde se encuentra dicha
faja.

En la parte superior de la faja, se encuentra
la pasarela existente del puente grúa, dicha
pasarela servirá de techo a las fajas, de este
modo se habrá conservado la estética de la
nave.

Las fajas transportadoras, descargan su mate-
rial a un chute el cual deberá permitir que la
tapa del horno, realice los movimientos neces-
arios para la alimentación de la chatarra y/o
colada.

Esta alternativa propuesta llenó las espectati-
vas de los presentes y determinó que era la
mejor para el caso considerado, quedando de
acuerdo en la instalación de los equipos fuera
de la Planta.

Así mismo, se acordó dejar pendiente en el
desarrollo del proyecto la fabricación de las

tolvas de almacenamiento pero considerando la Ingeniería básica.

De esta manera luego de los debates de coordinación se procedería al desarrollo de la Ingeniería formulándose el Planteamiento para la construcción del sistema de alimentación continua, aprobado y que se detalla en el ítem siguiente.

4.4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA.

Luego de haber desarrollado las alternativas viables, procedemos al desarrollo del Proyecto de Alimentación de Hierro Esponja y Cal a los Hornos Eléctricos.

El material será recepcionado en dos tolvas, ver Plano Ac-240, una con capacidad de 10 m³ para el almacenamiento de cal y la otra de 20 m³ para almacenar el hierro esponja. Ubicadas frente a la columna B-10 distante 21.946 del eje B, con el muro más alejado.

Se construirá una poza para las tolvas de recepción, será con concreto armado $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, con un dimensionado de 10.92 x 6.20 x 3.80 Metros donde se instalan los equipos. Previo a la cimentación se ubican los pernos de anclaje que serán de una calidad de Acero ASTM-325.

La tolva de Cal ocupa un área de 13.69 m² y la de

Hierro Esponja 22.60 m², ambas con una altura de 1.95 m. serán construidas con planchas de acero estructural norma ASTM-A-36 en su totalidad las tolvas de la referencia se fijan en los pernos ubicados en el perímetro de la poza. En la parte central se levantan cuatro vigas I 300 x 200 unidas con un marco de acero con vigas I 200 x 150.

La tolva será fabricada con plancha de 10 mm. espesor y reforzada con una plancha de desgaste de 10 mm., además en su parte externa se instalan refuerzos transversales a la tolva con plancha de 120 x 16.

Toda estructura inferior de la tolva quedará proyectada para la fabricación del cuerpo superior que en su totalidad tendrá un volumen de 55 m³ para almacenar el hierro esponja.

Cada tolva tendrá dos descargas de 320 x 470 mm. con una distancia entre ejes de 1050 mm. por donde sale el material hacia las balanzas de cinta de pesada continua, se selecciona la marca MERRICK de la serie 18, ver detalle en el ANEXO N^o 2, donde indicamos las características y el dimensionado, así mismo tendrá una faja transportadora incorporada de 300 mm. de ancho; aquí se dosifica el flujo de material necesario para cada horno por lo que se consideran cuatro balanzas; para el Horno Eléctrico 1 se tendrá: Una

para el hierro esponja y una para cal, similar para el Horno N^o 2 estas descargan el material en dos fajas transportadoras FBO - H1 y FBO - H2, ver Plano AC-220.

Para este transporte de material se ha considerado el empleo de fajas transportadoras con bornes ondulados, recomendación de la firma KUTTNER y de catálogos de DULONG Company cuyo contenido se detalla en el ANEXO N^o 1 y que servirá para solicitar su adquisición, con la importación del equipo, aprovechando el intercambio comercial de las firmas representantes, se han realizado los cálculos de la Ingeniería básica para la adquisición del paquete.

La faja ondulada tendrá un tramo horizontal de 5.75 m., es la zona donde se receptiona el material sea hierro esponja o cal, luego se produce la elevación de la cinta con una inclinación de 60° en un tramo de 32,91 m. En la parte superior se instala la polea motriz, la cota considerada es +18.020 aquí descansa la base del motorreductor de accionamiento así como el chute de descarga en el nivel +16.50.

La estructura de la faja está conformada de ángulos de 3" x 3" x 5/16" y 2" x 2" 1/4" y se apoya en su extremo inferior en la poza de recepción y el superior en el nivel +15.12 m. de la Plataforma de elevación, ver Plano AC-250.

En la columna B-10 situado en el nivel +16.070 se ubica la plataforma de apoyo en voladizo, la cual tendrá un área de 10 m² sostenidas por vigas I 250 x 200 en forma de repisa y formando un marco arriostrado con canal de U 150 x 75, aquí descansan los dos motorreductores de las fajas FT - H1 y H2; se ha considerado acondicionar por la parte interna de la nave una escalera para tener acceso rápido a la base de la plataforma.

Entre la estructura de la viga carrilera se instala dos fajas transportadoras horizontales de 400 mm. de ancho, para alimentar en forma independiente a cada horno, ver Plano AC-210: Disposición Fajas Transportadoras FTH 1 y 2 así como el Plano AC-230: Soportes y Polines.

La faja que alimenta al horno 1 tiene un tramo de 27.75 m., la que alimenta al horno 2 tiene 47.25 m., estas descargan a un chute. La estructura soporte de los polines está formado por ángulos de 3"x 3"x 5/16" equidistantes en 1.50 m. para los polines de envío y de 3 m. para los polines de retorno.

Los motores se han instalado en la parte externa de la nave ya que colocarlos en la descarga no se puede por el excesivo calor que irradia el horno en esa zona, se ha previsto la instalación de planchas para la protección en esta zona.

Cerca a la columna B-9 se ha considerado la instalación de los contrapesos para cada faja en cuyo carro se ha calculado un carga máxima de 200 kilos, la misma que sería llenado con pedazos de palanquilla de acero.

La descarga del material que transportan las fajas se realiza por un chute que está acoplado con bridas a un tubo SCH-40 de 200 mm. de diámetro que conduce el material hacia el interior del horno, el referido tubo será suspendido por dos tubos de sección cuadrado de 200 x 200 x 6.4 mm. que se une a la base de la viga carrilera, el otro extremo del tubo se fija a una estructura a fabricar sobre el codo de ϕ 560 mm. que extrae los gases del horno.

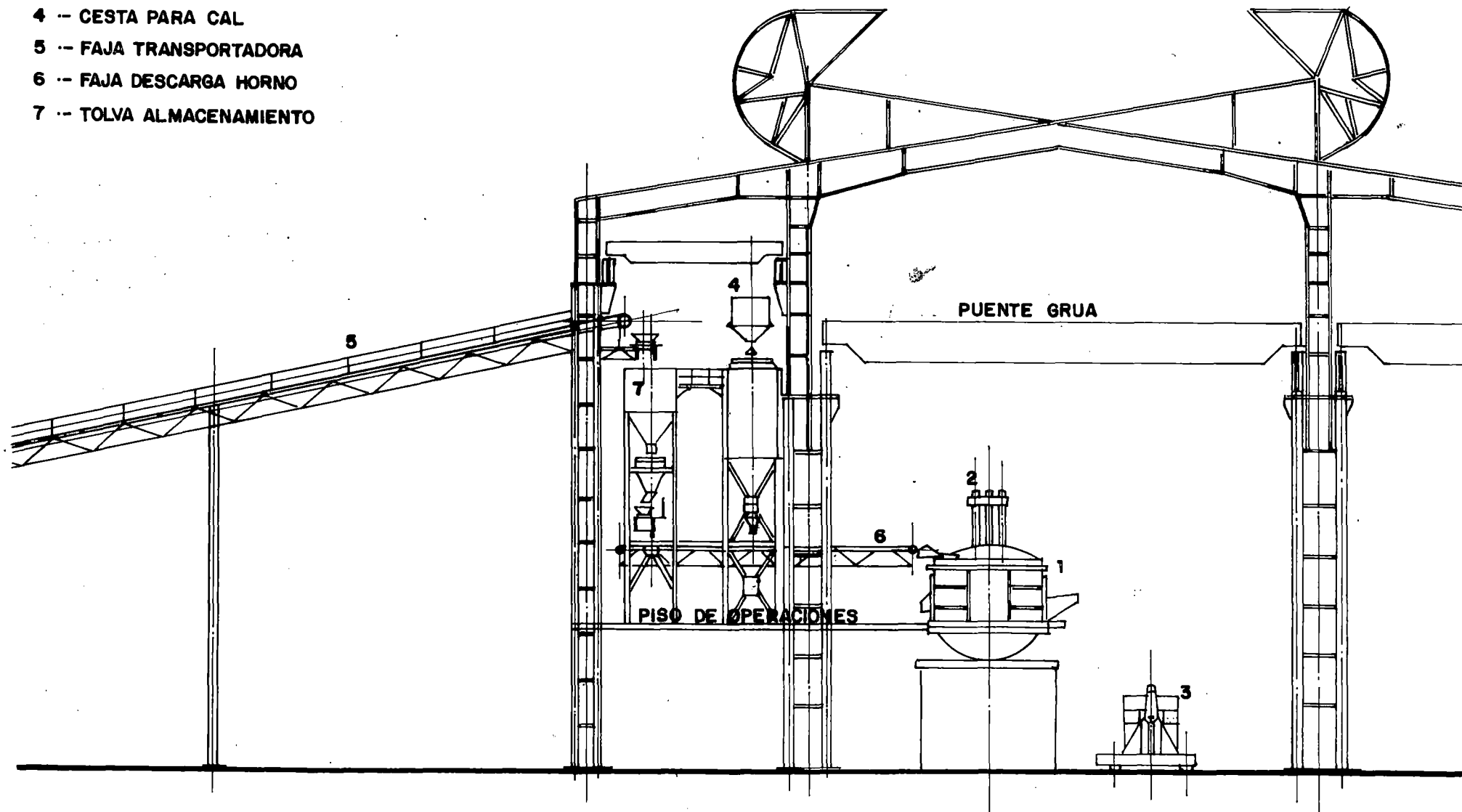
Debido a que la tapa del horno (bóveda) tiene que accionar lateralmente, así como levantar para dar paso a la descarga de la chatarra y a su colada del acero; se fija un tubo en la base de la tapa por la cual se desplaza el material hacia el interior del horno así mismo se acopla un tubo de 300 mm. de diámetro suspendido de tal manera que cuando se realice el proceso de llenado se pueda desacoplar hacia arriba y permita el accionamiento del horno.

La parte del tubo que se acopla al horno será de acero inoxidable en un tramo de 1.268 m. hasta tocar el nivel +8.325, la parte que se introduce en el

refractario es de 323 mm. el referido tubo tendrá un ángulo de caída de 60°.

El Plano Ac-200: ENSAMBLE GENERAL, nos detalla la forma constructiva como quedará el sistema de alimentación continua, alternativa desarrollada en su totalidad y que garantiza todo un proceso para optimizar tiempos, ahorro de energía, menos maniobra con la grúa y como resultado mayor, el aumento de la Producción de Acero.

- 1 -- HORNO ELECTRICO
- 2 -- ELECTRODOS
- 3 -- CUCHARA DE COLADA
- 4 -- CESTA PARA CAL
- 5 -- FAJA TRANSPORTADORA
- 6 -- FAJA DESCARGA HORNO
- 7 -- TOLVA ALMACENAMIENTO



ACERIA MODERNA CON CARGA CONTINUA

V. - CALCULOS Y SELECCION DE EQUIPOS

5.1. CONDICIONES DE OPERACION.

Las condiciones que se han tomado en cuenta para la carga del sistema de alimentación continua son:

- La alimentación se puede efectuar por una sola entrada de la tapa de la bóveda de tal manera que los pelets caigan en el corazón del círculo eléctrico. Así como en tres lugares de la tapa simétricamente con caída vertical al baño y fuera del círculo eléctrico.
- La alimentación debe ser regulada ininterrumpidamente desde cero hasta un valor máximo el cual será calculado en este capítulo.
- Durante la fusión del hierro esponja es absolutamente necesario que la alimentación no se interrumpa.
- Debido al hecho que la construcción y ubicación del horno, respecto al sistema proyectado no ofre-

cia posibilidades para instalar tres tubos de alimentación, se considera la instalación con un punto de alimentación, por ser más barato y menos complicada.

La alimentación que escogimos cubre definitivamente las siguientes condiciones:

- Deja mayor espacio para las maniobras con la cesta de carga, cambio de electrodos y traslado de equipos durante la operación.
- El tener un solo punto de alimentación permite facilidad para separar éste de la bóveda, permitiendo la operación para el llenado de la chatarra y otros aditivos.
- La construcción del tubo protegido contra la formación de calor debido a los campos eléctricos, material antimagnético y contra el calor por radiación del horno, la sección inferior con revestimiento refractario.

Para el caso de la alimentación continua se ha considerado:

PARA EL HIERRO ESPONJA:

Capacidad del horno : 30 t. de acero líq. x colada

Ratio : 1.1

Entonces la carga será : c.h. x R = 33 t.

Para la alimentación continua se emplearía un 60% de hierro esponja del total de la carga : 20 t.

De esto se distribuiría de la siguiente manera:

30% en la cesta de carga : $20 \times .30 = 6 \text{ t.}$

70% en alimentación continua: $20 \times .70 = 14 \text{ t.}$

De acuerdo a los ahorros permisibles calculados se realizaría 10 cargas diarias:

$6 \times 10 = 60$ en la carga

$14 \times 10 = 140$ en alimentación continua

200 toneladas se necesitaría por día para un horno

PARA LA CAL:

Aproximadamente : 600 - 1000 kilos/colada.

En un día se emplearía 10 toneladas para un horno.

5.2. CALCULO DEL HIERRO ESPONJA.

Parámetros Principales:

- Entalpia del hierro esponja: $400 - 600 \frac{\text{Kw} - \text{h}}{\text{t}}$
(Rango de Cálculo)

- Carga 60% de hierro esponja: 22 t.

- Potencia de fusión : 12 Mw.

a) Energía necesaria.

Del rango de cálculo se determina:

$$400 \frac{\text{Kw} - \text{h}}{\text{t}} \times 22 \text{ t.} = 8,800 \text{ Kw} - \text{h} \quad (\text{Mínimo})$$

$$650 \frac{\text{Kw} - \text{h}}{\text{t}} \times 22 \text{ t.} = 14,300 \text{ Kw} - \text{h} \quad (\text{Máximo})$$

b) Tiempo de fusión del hierro esponja.

Trabajando a una máxima potencia:

$$\frac{8,800 \text{ Kw} \cdot \text{h}}{12,000 \text{ Kw}} = 0.75 \text{ h.} \dots\dots\dots (\text{Mínimo})$$

$$\frac{14,300 \text{ Kw} \cdot \text{h}}{12,000 \text{ Kw}} = 1.2 \text{ h.} \dots\dots\dots (\text{Máximo})$$

c) Velocidad de alimentación: t/h

$$\frac{22 \text{ t}}{0.75 \text{ h}} = 29.4 \text{ t/h} \dots\dots\dots (\text{Mínimo})$$

$$\frac{22 \text{ t}}{1.2 \text{ h}} = 18.4 \text{ t/h} \dots\dots\dots (\text{Máximo})$$

Se cumple esta condición siempre y cuando se alimente todo el hierro esponja en forma continua, a partir que el baño se encuentre a 1570 °C.

d) Velocidad de alimentación en : $\frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$

$$\frac{29.4 \frac{\text{t}}{\text{h}} \times \frac{1000 \text{ Kg}}{1 \text{ t}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}}{12 \text{ Mw}} = 40.9 \frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$$

$$\frac{18.4 \times 1000}{60 \times 12} = 25.6 \frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$$

Lo máximo recomendable es : $33 \frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$

El valor de 40 nos da un amplio margen, en el caso de tener hierro esponja altamente metalizado, con bajo contenido de ganga y que los 400 Kw-h/t tomados como base sean menores.

e) Tiempo de fusión de chatarra:

Chatarra cargada : 11 t.

Entalpia del acero 1570 °C: 380 Kw - h

t

Para nuestro caso conside-

ramos un factor de 1.2 : 380 x 1.2 = 450 $\frac{\text{Kw} - \text{h}}{\text{t}}$

Luego: $t = \frac{450 \times 11}{12,000} = 0.45 \text{ h.}$

t = 25 min.

f) Corrección de velocidad calculada en el punto (d).

El valor tomado como especificación: 40.9 $\frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$

nos da un margen de seguridad, pero realmente tie-

ne que estar bajo 33 $\frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$, estimados que no

debe pasar de 30 $\frac{\text{Kg}}{\text{min} \times \text{Mw}}$, lo que significa que

hay que reducir en un 27 %.

La velocidad de alimentación, lo que puede conseguirse alimentando el hierro esponja a los 2 - 3 mínimo de iniciada la fusión.

- La cantidad por alimentar desde el comienzo de fusión de chatarra hasta llegar a los 1570 °C sería: $22 \times 0.27 = 6 \text{ t.}$

- Tiempo de fusión de las 6 toneladas de hierro esponja.

$$t = \frac{6 \times 550 \text{ (punto medio de: 400 y 650)}}{12,000} = 0.28 \text{ h.}$$

$$t = 16 \text{ minutos.}$$

- Tiempo de fusión de chatarra + hierro esponja

$$T = 25 + 16 = 41 \text{ min.}$$

$$T = 0.68 \text{ h.}$$

- Velocidad de alimentación de hierro esponja.

$$\frac{6}{0.68} = 8.8 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

g) Rango de velocidad de alimentación.

$$\text{Calculada : } 8.8 + 29.4 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

h) Velocidad de alimentación especificada: 5 + 40 $\frac{\text{t}}{\text{h}}$

El rango de 5 - 40 $\frac{\text{t}}{\text{h}}$ nos da una versatilidad

para optimizar la producción.

5.3. CALCULO DE LA CAL.

Parámetro Principal:

Consideramos un rango para la adición de Cal:

$$400 - 1500 \text{ kilos/colada}$$

5.3.1. Velocidad máxima de adición:

a) Tiempo de fusión.

- 6 toneladas de hierro esponja alimentando paralelamente a la fusión de la chatarra:

$$\frac{6 \times 400 \quad (\text{valor mfnimo}) \times 60 = 12 \text{ min.}}{12,000}$$

- Tiempo de fusión de la chatarra

$$(5.2.e) = 25 \text{ min.}$$

- Tiempo de fusión del hierro esponja en forma continua:

$$\frac{16 \times 400 \quad (\text{valor mfnimo}) \times 60 = 32 \text{ min.}}{12,000}$$

- Tiempo de fusión mfnimo :

$$12 + 25 + 32 = 69 \text{ min.} = 1.15 \text{ h.}$$

b) Cal necesaria para la escoria formulada con la fusión de la chatarra 0.8 t.

Estimado como máximo para obtener una basicidad de 1.5

$$0.8 \times \frac{11}{33} = 0.26 \text{ t.}$$

c) Cal necesaria para la fusión del hierro esponja.

$$0.40 - 0.26 = 0.14 \text{ t.}$$

$$1.50 - 0.26 = 1.38 \text{ t.}$$

d) Velocidad de alimentación.

$$\text{- Para el hierro esponja : } \frac{1.38 \text{ t}}{1.15 \text{ h}} = 1.2 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

- Para la fusión de la chatarra:

$$\frac{0.26 \text{ t}}{0.41 \text{ h}} = 0.63 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

- Velocidad máxima será al comienzo cuando se funde chatarra + hierro esponja = 1.2 + 0.63

$$= 1.83 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

5.3.2. Velocidad mínima de adición consideramos que todo el hierro esponja será adicionado cuando el baño este a 1570 °C, de acuerdo al punto 5.3.1.c, la cal necesaria para fusión del hierro esponja estará entre 0.14 - 1.38 t.

a) Tiempo máximo de fusión del hierro esponja

$$\frac{22 \times 650}{12,000} = 1.19 \text{ h.}$$

$$\text{b) Velocidad mínima de adición} = \frac{0.14 \text{ t}}{1.19 \text{ h}} = 0.11 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

5.3.3. Velocidades calculadas.

Máx.	1.83	t/h
Mín.	0.11	t/h

5.3.4. Velocidades específicas.

Máx.	2	t/h
Mín.	0.1	t/h

5.4. FAJAS TRANSPORTADORAS.

5.4.1. FAJA TRANSPORTADORA FT - H1.

a) PARAMETROS PRINCIPALES:

- Material : Hierro esponja
- Capacidad : 40 t/h
- Peso específico : 1.6 t/m³
- Ang. de reposo del material : 35°
- Long. entre centros de faja : 27.75 m.
- Velocidad de la faja : 1 m/s.
- Ang. de inclin. de la faja : 0°
- Ancho de la faja : 400 mm.

Según : WAGANOFF

$$Q = 450 b^3 \times v \dots\dots\dots (5-1)$$

v : Velocidad (m/s)

b : Ancho de la Faja (m)

Q : Caudal (m³/h)

Luego : b = 0.381 m. consideramos: 0.40 m.

- Area de carga : 0.0104 m²

Consideramos:

2 Rodillos iguales de 75 mm ϕ

Ang. de inclinación del rodillo : 20°

Ang. de sobrecarga = Ang. del material - 15°

Ang. de sobrecarga = 20°

- Area de carga = A1 + A2 [4] (5-2)

b1 = L1 + 2L2 (5-3)

e = 0.055 b + 25 = 47 mm.

L1 = 0.300 x b + 6 = 126 mm.

L2 = $\frac{b - (L1 + 2e)}{2}$ (5-4)

L2 = 90 mm.

A1 = $\frac{[(L1 + 2x) + L1]}{2} \times Y = 0.0058 \text{ m}^2$

Y = L2 Sen 20° : 27.8 mm.

X = L2 Cos 20° : 85.6 mm.

A2 = $\frac{L1 + 2X}{2} \times Z1 = 0.00717 \text{ mm.}$

Z1 = $\frac{L1 - 2X}{2} \times \text{Tg } 20^\circ = 48.28 \text{ mm.}$

AREA DE CARGA = A1 + A2 = 0.0129 m²

Asumiendo un 80% de llenado, consideramos:

0.0104 m²

- Chequeo de la velocidad de la faja.

V = $\frac{Q}{A}$ (5-5)

Q : Caudal = 25 m³/h

A : Area = 0.0104 m²

V = Velocidad = 0.667 m/s

Luego : Es conforme haber considerado : 1 m/s

- Peso del material a transportar : 16.64 Kg.
- M = d.V (5-6)
- M : Peso del material (Kg)
- d : 1600 Kg/m³
- V : 0.0104 m³ x 1 ml.
- M : 16.64 Kg.
- Peso estimado de la faja : 6 Kg/m.
- Factor de fricción para faja : 0.027
- Area de enrollamiento del tambor : 200°
- Limpieza instalada : La : 1

b) DETERMINACION DE LA TENSION EFECTIVA (F).

b.1. Debido a los elementos para arrastre en vacío: F1

- Peso de los elementos para arrastrar en vacío (PV1)

Rodillo sup x Peso part.girat. : 40 x 6 = 240 Kg
Rodillo inf x Peso part.girat. : 8 x 15 = 120 Kg
Mts.de cint x Peso de mt. cint : 60 x 6 = 360 Kg
Peso de Partes girat.del tambor: 400 = 400 Kg

PV1 = 1,120 Kg
=====

- Largo corregido del transportador:
L1 = 0.9 (L + 40) (5-7)
L1 = 62 m.

- Fuerza debido a los elementos para arrastre en vacío:

$$F1 = (PV1 \times \frac{L1}{L} \times 0.027 + 100 \times La) \dots (5-8)$$

$$F1 = 167 \text{ Kg.}$$

b.2. Debido al transporte del material (F2)

- Largo corregido del transportador : L2

$$L2 = L + 15 \dots (5-9)$$

$$L2 = 28 + 15 = 43 \text{ m.}$$

- Peso total del material de arrastre (Pm2)

$$Pm2 = \text{Kg m} \times L2 \dots (5-10)$$

$$Pm2 = 16.64 \times 43 = 715.5 \text{ Kg.}$$

Fuerza debido al arrastre del material,

$$F2 = Pm2 \times 0.027 \dots (5-11)$$

$$F2 = 715.5 \times 0.027 = 20 \text{ Kg.}$$

b.3. Debido a la elevación del material (F3)

$$F3 = \text{Peso metro material} \times H \dots (5-12)$$

$$H = \text{Altura} = 0 \text{ (Plano Horizontal)}$$

$$F3 = 0$$

TENSION EFECTIVA : (F)

$$F = F1 + F2 + F3 \dots (5-13)$$

$$F = 187 \text{ Kg.}$$

c) DETERMINACION DE LAS POTENCIAS.

c.1. Potencia debido a los elementos para arrastre en vacío (P1)

$$P1 = F1 \cdot V \dots (5-14)$$

$$P_1 = 167 \times 1 = 167 \text{ Kg.m/s}$$

c.2. Potencia debido al transporte del material
(P2)

$$P_2 = F_2 \cdot V = 20 \times 1 = 20 \text{ Kg.m/s}$$

c.3. Potencia debido a la elevación del material
(P3)

$$P_3 = F_3 \cdot V = 0$$

c.4. Potencia conveniente al tambor de mando (P)

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \dots\dots\dots (5-15)$$

$$P = 167 + 20 + 0 = 187 \text{ Kg.m/s} = 1.84 \text{ Kw.}$$

c.5. Potencia necesaria al motor de mando (W)

$$W = \frac{P}{0.95} \dots\dots\dots (5-16)$$

$$W = 1.94 \text{ Kw (2.6 Hp)}$$

d) DETERMINACION DE LA TENSION DE LA CINTA.

F1 = Tensión a la entrada del tambor

F2 = Tensión a la salida del tambor

F = Tensión efectiva : 187 Kg.

K = Coeficiente de accionamiento : 1.43

$$T_1 = F \cdot K \dots\dots\dots (5-17)$$

$$T_1 = 187 \times 1.43 = 268 \text{ Kg.}$$

$$T_2 = F (K - 1) \dots\dots\dots (5-18)$$

$$T_2 = 187 \times 0.43 = 81 \text{ Kg.}$$

e) VALOR DEL CONTRAPESO.

Cuando se instala cerca del grupo motriz.

$$T \text{ contrapeso} = 2 T_2 \dots\dots\dots (5-19)$$

$$T \text{ contrapeso} = 162 \text{ Kg.}$$

f) TENSION MAXIMA DE LA CORREA (T_m).

$$T_m = F + T_2 \dots\dots\dots (5-20)$$

$$T_m = 187 + 81 = 268 \text{ Kg. (590 lbs)}$$

$$T_m = 37 \text{ lbs/pulg (7 KN/m) Kilonewtons/metro}$$

g) DETERMINACION DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS.

g.1. Grupo motriz.

Motorreductor : Delcrosa

Potencia : 3.6 Hp.

Peso : 78 kilos

- Datos del motor:

Marca : Delcrosa

Tipo : NV-100 La 4

Aislamiento : Tipo E

Voltaje : 220

Fases : 3

Frecuencia : 60 ciclos/s.

Peso : 30 Kg.

- Datos de reductor:

Marca : Delcrosa

Tipo : U-43

Relación de reducción : 26.327

Velocidad de salida : 66 RPM

g.2. Rodillo tramo de avance .

Inclinación : 20°
Diámetro : 75 mm.
Ejes : 20 mm. (SAE-1020)
Tapas : Con rodamiento SKF-6204-2RS
(Autolubricados)
Cantidad : 16 (Juegos de 1 par)
Separación : 1.5 m.

g.3. Rodillo de impacto.

Inclinación : 20°
Diámetro : 75 mm.
Ejes : 20 mm. (SAE-1020)
Tapas : Con rodamiento SKF-6204-2RS
(Autolubricados)
Cantidad : 4 (Juegos de 1 par)
Separación : 0.300 m.

g.4. Rodillo del tramo de retorno.

Rodillos planos

Diámetro : 75 mm.
Ejes : 20 mm. ϕ (SAE-1020)
Tapas : Con rodamiento SKF-6204
(Autolubricados)
Cantidad : 8 (Juegos de 1 par)
Separación : 3 m.

g.5. Polea motriz.

Diámetro exterior : 0.300 m.
Longitud de cara : 0.460 m.

Velocidad : 66 RPM
Material : ASTM A283 Grado C
Recubrimiento : No lleva
Area de contacto : 200^o

g.6. Polea conducida o de cola.

Diámetro exterior : 0.300 m.
Longitud de cara : 0.460 m.
Velocidad : 66 RPM
Material : ASTM A283 Grado C
Recubrimiento : No lleva

g.7. Chumacera para eje motriz.

Tipo de chumacera : Soporte bipartido
Marca seleccionada: SKF
Número : SNA-610 TC
Para eje : 45 mm.
Rodamiento : 1310 K + H310
Tornillo de fijación : 5/8" ϕ

g.8. Faja transportadora [6]

Marca seleccionada: 400 mm. (16")
Denominación : Starflex Heavy Duty
Longitud : 65 m.
Número de pliegues: 2
Tipo de cubierta : Starlife
Espesor de cubierta superior : 4
Espesor de cubierta inferior : 2
Peso : 4 Kg/ml.

Velocidad de trabajo de la faja: 2 m/s
Tensión máxima de trabajo : 20 KN/m
Unión de faja : Vulcanizada

5.4.2. FAJA TRANSPORTADORA FT - H2.

a) PARAMETROS PRINCIPALES.

- Material : Hierro Esponja
- Capacidad : 40 t/h
- Peso específico : 1.6 t/m³
- Ang. de reposo del mat. : 35°
- Long. entre centro de mat. : 47.25 m.
- Velocidad de la faja : 1 m/s.
- Ang. de inclin. de la faja : 0°
- Ancho de la faja : 400 mm.
- Area de carga : 0.0104 m²
- Peso estimado de la faja : 6 Kg/m.
- Peso del mat. a transportar: 16.64 Kg/m.

b) DETERMINACION DE LA TENSION EFECTIVA (F)

- Debido a los elem. para
arrastre en vacío : F1 = 172 Kg.
 - Debido al transp. del mat. : F2 = 29 Kg.
 - Debido a la elev. del mat. : F3 = 0
- TENSION EFECTIVA : F1 + F2 + F3 = 201 Kg.

c) DETERMINACION DE LAS POTENCIAS.

c.1. Potencia debido a los elementos para arrastrar en vacfo.

$$P_1 = F_1 \cdot V$$

$$P_1 = 172 \times 1 = 172 \text{ Kg.m/s}$$

c.2. Potencia debido al transporte del material.

$$P_2 = F_2 \cdot V$$

$$P_2 = 29 \times 1 = 29 \text{ Kg.m/s}$$

c.3. Potencia debido a la elevación del material.

$$P_3 = F_3 \cdot V = 0$$

c.4. Potencia conveniente al tambor de mando.

$$P = P_1 + P_2 + P_3$$

$$P = 201 \text{ Kg.m/s (1.98 Kw)}$$

c.5. Potencia necesaria al motor de mando (W).

$$W = \frac{P}{0.95}$$

$$W = 2.08 \text{ Kw (2.8 Hp)}$$

d) TENSION EN LA CINTA.

$$T_1 = F \cdot K = 201 \times 1.43 = 288 \text{ Kg.}$$

$$T_1 = F (K - 1) = 201 \times 0.43 = 87 \text{ Kg.}$$

e) VALOR DEL CONTRAPESO.

$$T \text{ contrapeso} = 2 T_2 = 174 \text{ Kg.}$$

f) TENSION MAXIMA EN LA CINTA.

$$T_m = 288 \text{ Kg. (634 lbs.)}$$

$$T_m = 40 \text{ lbs/pulg.}$$

5.4.3. FAJA TRANSPORTADORA : FBO - H1 (IDEM H - 2).

a) PARAMETROS PRINCIPALES.

- Material : Hierro Esponja
- Capacidad : 40 t/h
- Peso Específico : 1.6 t/m³
- Angulo de reposo del mat.: 35°
- Longitud plano horizontal: 5.75 m.
- Elevación con ang. de 60°: 32.9 m.
- Velocidad de la faja : 1 m/s.
- Ancho de la faja : 400 mm.
- Peso estimado de la faja : 10 Kg/m
- Peso del mat. a transpor.: 20 Kg.ml.
- Limpieza instalada : La : 2

b) DETERMINACION DE LA TENSION EFECTIVA.

b.1. Debido a los elementos para arrastre en vacío: F1

- Peso de los elementos para arrastre en vacío (PV1)

Rodillo sup x Peso part.girat. : 22 x 15 = 330 Kg

Rodillo inf x Peso part.girat. : 9 x 15 = 135 Kg

Mts.de cint x Peso de mt. cint : 85 x 10 = 850 Kg

Peso de Partes girat.del tambor: 4 x 300= 1,200 Kg

PV1 = 2,515 Kg

=====

- Largo corregido del transportador.

$$L1 = 0.9 (L + 40)$$

$$L1 = 71 \text{ m.}$$

- Fuerza debido a los elementos para arrastre en vacío:

$$F1 = (PV1 \cdot \frac{L1}{L} \cdot 0.04 + 100 \cdot La)$$

$$F1 = 383 \text{ Kg.}$$

b.2. Debido al Transporte del material.

- Largo corregido del transportador : L2

$$L2 = L + 15$$

$$L2 = 54 \text{ m.}$$

- Peso total del material de arrastre (Pm2)

$$Pm2 = \text{Kg m} \cdot L2$$

$$Pm2 = 20 \times 54$$

$$Pm2 = 1,080 \text{ Kg.}$$

- Fuerza debido al arrastre del material.

$$F2 = Pm2 \times 0.44 = 44 \text{ Kg.}$$

b.3. Debido a la elevación del material.

$$F3 = \text{Peso metro del material} \times H$$

$$F3 = 20 \times 15 = 300 \text{ Kg.}$$

TENSION EFECTIVA:

$$F = F1 + F2 + F3 = 727 \text{ Kg.}$$

c) DETERMINACION DE LAS POTENCIAS.

c.1. Potencia debido a los elementos para arrastre en vacío (P1).

$$P1 = F1 \times V$$

$$P1 = 383 \times 1 = 383 \text{ Kg.m/s}$$

c.2. Potencia debido al transporte del material (P2).

$$P2 = F2 \times V$$

$$P2 = 44 \times 1 = 44 \text{ Kg.m/s}$$

c.3. Potencia debido a la elevación del material (P3).

$$P3 = F3 \times V$$

$$P3 = 300 \times 1 = 300 \text{ Kg.m/s}$$

c.4. Potencia conveniente al tambor de mando (P).

$$P = P1 + P2 + P3$$

$$P = 727 \text{ Kg.m/s (7.15 Kw)}$$

c.5. Potencia necesario al tambor de mando (W)

$$W = \frac{P}{0.9}$$

$$W = \frac{7.15}{0.90} = 7.94 \text{ Kw} \dots\dots\dots (10.65 \text{ Hp})$$

5.5. TOLVAS DE RECEPCION.

La ubicación más adecuada para la Zona de Almacenamiento y Distribución, se encuentra en el frontis de la nave de la Acería teniendo lo más cerca la columna B-10. Ahí se construirá una poza para las tolvas de recepción, para el Hierro Esponja con una capacidad de 20 m³ y para Cal de 10 m³, según detalla en el Plano AC-240.

Se ha buscado dentro de las configuraciones de tolva

la que mejor se adapte al diseño de la descarga, para de esta manera repartir el flujo a las balanzas dosificadoras. La descarga se efectuará por dos chutes repartidos simétricamente en el plano longitudinal y que permite el alojamiento de los equipos.

El Plano AC-240, presenta la forma constructiva de las tolvas, el área determinada esta proyectada para la futura tolva de almacenamiento cuando se instale el sistema de fajas.

De la bibliografía revisada para el diseño de tolvas nos encontramos con: Transporte y Almacenamiento de Materias Primas [4], aquí nos señala que existen varias teorías para el cálculo de presiones en tolvas, tales como las de: AIRY y JANSSEN (Alemán), REIMBERT (Francés); recomienda este último por estar considerado entre los más perfectos. También se menciona la importancia que tiene en el cálculo las sobrepresiones que se originan durante la iniciación del vaciado que puede llegar a ser hasta 2 - 2.5 veces la calculada.

Luego de la búsqueda correspondiente, según la referencia bibliográfica: SILOS, teoría, investigación, Construcción [11] señala que existen más de 20 teorías importantes para el cálculo de presiones, se ha creído conveniente tomar la indicación de la referencia [4].

a) PRESIONES HIDROSTATICAS.

Los primeros grandes silos para almacenamiento de cereales se construyeron en hormigón armado y se aplicaron presiones hidrostáticas de valor:

$$P = e \cdot h \dots\dots\dots (5.21)$$

P : Presión lateral o vertical en Kg/m²

e : Peso específico del material ensilado en Kg/m³

h : Altura desde el horno superior a la sección considerada en m.

Aplicando presiones hidrostáticas, los espesores de pared resultaban excesivamente elevados, por otro lado, esta teoría no tenía en cuenta los esfuerzos de rozamiento que aparecen en las paredes y que la teoría hidrostática no prevee.

Como puede verse, según esta teoría, la presión sobre un punto es constante e independiente de la dirección.

Otro dato importante, es el caudal de salida a través de un orificio es variable y función de la altura de cabeza.

Muy pronto los pioneros en el diseño de silos se dieron cuenta que la diferencia más importante entre un fluido y un producto pulverulento era el rozamiento interno entre partículas de este último y hace que aparezca un rozamiento grano-pared y un

caudal de vaciado prácticamente constante e independiente de la altura de cabeza del producto ensilado.

Esta propiedad es la que distingue fundamentalmente a un fluido de un material pulverulento y hace un depósito especialmente diseñado para el almacenamiento de fluido no sea apto para almacenamiento de productos pulverulentos (debido a los esfuerzos de rozamiento). A la inversa, un depósito especialmente diseñado para almacenamiento de productos pulverulentos no es apto para el almacenamiento de Fluidos (debido a las presiones horizontales).

b) CALCULOS (Referido a la tolva de hierro esponja).

b.1. Capacidad.

$$V_1 = \frac{1}{3} h (B + \sqrt{B + B'} + B') \dots\dots\dots (5.22)$$

B, B': Areas de las bases inferiores y superior

$$V_1 = \frac{1}{3} \times 1.53 (0.564 + \sqrt{20.3 + 0.564} + 20.3)$$

$$V_1 = 12.36 \text{ m}^3$$

$$V_2 = a.b.c \dots\dots\dots (5.23)$$

$$V_2 = 3.5 \times 5.80 \times 0.40$$

$$V_2 = 8.12 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = V_1 + V_2 \dots\dots\dots (5.24)$$

$$V_{total} = 20 \text{ m}^3$$

b.2. Presión lateral máxima.

El Cálculo de la presión lateral máximo se realiza considerando el equilibrio de una rebanada elemental es espesor dz.

El peso de esta rebanada elemental es soportado por el rozamiento del grano con las paredes de la celda.

$$P_{max} \cdot c \cdot dz \cdot \text{tg } \phi' = s \cdot dz \cdot e$$

$$P_{max} = \frac{e \cdot r}{\text{tg } \phi'} \dots\dots\dots (5.25)$$

donde :

P_{max} : Presión lateral máximo.

c : Perímetro inferior de la sección recta del silo en m.

Tg ϕ' : Angulo de rozamiento material almacenado pared del silo.

s : Area de la sección recta del silo en m².

e : Densidad del material almacenado en Kg/m³.

r : Radio hidráulico medio igual a la relación entre el área y el perímetro.

Luego: $P_{max} = \frac{1600 \times 2.18}{0.72}$

$$P_{max} = 4,845 \text{ Kg/m}^2$$

b.3. Abcisa característica.

$$A = \frac{D}{4 \operatorname{Tg} \phi' \operatorname{Tg}^2 \left(\frac{H}{4} - \frac{\phi}{2} \right)} \dots \dots \dots (5.26)$$

$$A = \frac{4.36}{4 \times 0.72 \operatorname{Tg}^2 \left(45 - \frac{46}{2} \right)}$$

$$A = 9.27 \text{ m.}$$

b.4. Presión lateral máximo en el cuerpo de la tolva

$$P_z = P_{\max} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{H}{A} + 1 \right)^2} \right] \dots \dots \dots (5.27)$$

$$P_z = 4,845 \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{0.400}{9.27} + 1 \right)^2} \right]$$

$$P_z = 393 \text{ Kg/m}^2$$

b.5. Presión lateral en la tolva.

$$Pz' = P_{\max} \left[1 - \frac{1}{\left(\frac{H + h'/3}{A} + 1 \right)^2} \right] \dots \dots (5.28)$$

$$\text{donde : } h' = 2.31 \left(\frac{1.53}{2.31 - 0.166} \right)$$

$$h' = 1.648$$

$$Pz' = 4,845 \times 0.177$$

$$Pz' = 859 \text{ Kg/m}^2$$

b.6. Presión vertical en la tolva.

$$Qz' = d \left[\frac{H + h'/3}{\left(\frac{H + h'/3}{A} + 1 \right)} \right] \times 2 \dots\dots\dots (5.29)$$

$$Qz' = 1,600 \times 2 \times 0.861$$

$$Qz' = 2,756 \text{ Kg/m}^2$$

b.7. Presión sobre la superficie de la tolva.

$$P''z' = Pz' \text{ Sen } 35.51^\circ = 859 \times 0.58 = 500 \text{ Kg/m}^2$$

$$Q''z' = Qz' \text{ Cos } 35.51^\circ = 2,756 \times 0.814$$

$$Q''z' = 2,245 \text{ Kg/m}^2$$

b.8. Resultante sobre la superficie de la tolva.

$$Rz' = \sqrt{500^2 + 2245^2}$$

$$Rz' = 2,300 \text{ Kg/m}^2$$

$$r = \text{Arc Tg } \frac{498}{2,243} = 12^\circ 33'$$

$$B - r = 35.51 - 12.51 = 23^\circ$$

b.9. Componente sobre la superficie de la tolva.

$$\text{Normal : } Rn = Rz' \text{ Cos } 23^\circ = 2300 \times 0.920$$

$$Rn = 2,115 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tangec : } Rt = Rz' \text{ Sen } 23^\circ = 2300 \times 0.390$$

$$Rt = 896 \text{ Kg/m}^2$$

b.10. Peso de la tolva.

Del metrado : 5,000 Kg.

Peso del material : 32,000 Kg.

Peso de la tolva más mat.: 37,000

Peso x unid.de superf.: 37,000/16 = 2,313 Kg/m²

b.11. Componentes sobre la superficie de la tolva
(debido a la tolva).

$$\text{Normal : } P_n : 2313 \cos 35.51^\circ : 1,883 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Tangen : } P_t : 2313 \text{ Sen } 35.51^\circ : 1,344$$

b.12. Resultante de los componentes sobre la superficie de la tolva.

$$R_n + P_n = 2115 + 1883 = 3,998$$

$$R_t + P_t = 896 + 1344 = 2,240$$

b.13. Resultante total:

$$R = \sqrt{3998^2 + 2240^2} = 4,313$$

$$\phi = \text{Arc Tg} : \frac{3988}{2240} = 60.7^\circ$$

b.14. Espesor de la pared de la tolva.

$$e^2 = \frac{R_n \cdot L^2}{2} \dots\dots\dots (5.30)$$

L : Longitud de la tolva al haber instalado refuerzos con platinas distanciados a 0.532 m

$$e^2 = \frac{3998 \times (0.532)^2}{2 \times 1400}$$

$$e = 0.64 \text{ cm.} = 6.4 \text{ mm.}$$

- A esto agregamos el factor de corrosión, bastante elevado en Chimbote : 2 mm.

$$\text{Luego : espesor: } e = 6.4 + 2 = 8.4 \text{ mm.}$$

De catálogo Stock en Planta $e = 10 \text{ mm.}$

CONSIDERACION TOMADA:

Las paredes de un silo cilíndrico trabajan a tracción, mientras que las paredes de un silo

cuadrado trabajan a FLEXION compuesta, necesitándose en este último caso mayor peso de material resistente.

5.6. SELECCION DE LAS BALANZAS DOSIFICADORAS.

Las unidades a seleccionar deberán estar previstas para el suministro exacto de las tasas de alimentación, según la capacidad deseada por el usuario.

En nuestro Complejo Siderúrgico existen varias marcas de estas balanzas como; TRAYER SCALE, LURGI, HYER INDUSTRIES, MERRICK, que son empleadas en las distintas Plantas. Por la experiencia obtenida en la Planta de Reducción Directa se ha considerado seleccionar la marca MERRICK. Para ampliar detalles se adjunta en el ANEXO 2, el catálogo considerado para la selección del caso, y que nos ha servido para considerar en la implementación de los equipos. Hacemos resaltar además, que el sistema de alimentación continua es susceptible a adoptar cualquier marca que cumpla con las especificaciones técnicas presentadas de acuerdo a la capacidad del sistema proyectado.

La alimentación a las fajas se hace mediante balanzas, siendo el control por medio de un alimentador regulador MERRICK, el cual automáticamente regula la compuerta dosificadora sin requerimiento de la romana para hacer este trabajo directamente.

Para una correcta operación en el caudal deseado de

alimentación, la romana debe permanecer en equilibrio. Si alguna desviación ocurre, el regulador inmediatamente entrará en acción para corregirla moviendo la compuerta dosificadora, abriéndola o cerrándola hasta el punto necesario para mantener el equilibrio y continuar con la alimentación deseada. Cualquier variación de la carga debido a cambios en la densidad del material, serán instantáneamente corregidos por medio de la automática regulación de la compuerta.

Se encuentra incorporado además en la balanza, un contador totalizador que es movido directamente desde la faja alimentadora y esta por lo tanto siempre sincronizado con su verdadera velocidad.

De las especificaciones técnicas consideramos lo siguiente para la selección de las balanzas:

- Precisión : ± 0.5 % del peso totalizado.
- Repetitividad : ± 0.5 % después de la calibración con pruebas de materiales.
- Medida standard: 18"
(Standard unit size dimensios : Size 18 : Fig. Nº 7 del Anexo 2)
- Longitud standard: 7' . 6"
- Capacidad : 85 t/h dependiendo de las características del material.
- Rango : 3:1 Standard.

- Peso del material: Por pie de faja : Máx. 200#/pie
- Velocidad de la faja: Máximo 60 pies/minuto

Existen tambien otros sistemas electrónicos de dosificación y pesaje se estará a la espera de las ofertas para la obtención de equipos, probablemente llegue a predominar la computación como proyecto futuro que gobernará todo el sistema.

VI. - JUSTIFICACION TECNICO ECONOMICO

6.1. CONSUMO DE ENERGIA.

Con la instalación de un sistema de alimentación Continua de Hierro Esponja y Cal en los Hornos Eléctricos 1 y 2 se obtendrá sustancialmente disminución, en el consumo de energía y aumento de la producción, adicionalmente se obtendrá mejores ratios en el consumo de electrodos.

Es necesario anotar que los beneficios que se esperan obtener, serán alcanzables siempre y cuando se desarrolle, la práctica operativa de trabajo, de los hornos eléctricos con escoria espumosa.

Los Hornos Eléctricos 1 y 2 en condiciones de operación presentarán:

- Hierro Esponja con 90-92 % de metalización.
- Operación de los hornos con escoria espumosa.
- Suministro constante de Energía Eléctrica.
- Chatarra con bajo contenido de elementos no metálicos.
- Sin paradas frecuentes en el proceso productivo.

- Mantenimiento adecuado de los equipos.
- Fabricación de aceros comunes destinados a ser colados en lingotes.

Para una alimentación continua de Hierro Esponja de 60 % de la carga metálica, el consumo de energía eléctrica debe ser de aproximadamente de 600 Kw-hr./t de acero líquido. En la práctica de acuerdo a los ratios anuales que detallamos en el Cuadro Nº 6-1 de los años 1989 y 1991 respecto al consumo de energía eléctrica hornos 1 y 2 elegimos a la media de los hornos con : 776 Kw-hr./t.

Los factores que determinan el consumo de Energía, son múltiples, individualizar la incidencia de cada uno de ellos presenta dificultad, por lo que, para efectos de cálculos de la rentabilidad a obtener con la instalación de un sistema de alimentación continua sugerimos se tome el 50% de ahorro posible. De esto tendríamos:

Consumo de Energía Proyectada : 600 Kw-hr/t.

Consumo de Energía Real : 776 Kw-hr/t.

Ahorro Consumo de Energía : $(776 - 600) \times 0.50$

$$= 88 \frac{\text{Kw-hr}}{\text{t}}$$

6.2. EN LA PRODUCCION.

Los factores citados en el punto 6.1 tienen una influencia decisiva en los niveles de producción,

sobre todo aquellos que producen interrupción del proceso productivo.

Para efectos de cálculo de los beneficios a obtener con un sistema de alimentación continua de hierro esponja en los Hornos Eléctricos 1 y 2 comparamos dos situaciones operativas las cuales pueden ser consideradas óptimas:

a) Producción esperada con Sistema de Alimentación Continua.

Consumo de energía : 600 Kw-hr/t. (punto 6.1)
Transformador : 12 Mw (Potencia Efectiva)
Factor C2 : 0.8 (Relación del Rendimiento Promedio al Rendimiento más alto de la fusión).
Capacidad Horno : 30 Ton.

$$\begin{aligned} - \text{Tiempo de Fusión más} & \quad 30 \times 600 \\ \text{afino :} & \quad \frac{\quad \quad \quad}{12 \times 0.8} \\ & \quad = \underline{1.87 \text{ horas}} \end{aligned}$$

- Programa para una colada:

Gratinado-ajuste de elect. (15 min) = 0.25 hrs.
Carga (3 min) = 0.05 hrs.
Colada (4 min) = 0.07 hrs.
Fusión + afino = 1.87 hrs.
Homogeniz. antes de colar (4 min) = 0.07 hrs.
TOTAL = 2.31 hrs.

- Programa Anual de Producción:

Intervención Refractarios	: 21 días
Mantenimiento anual	
Paradas imprevistas (A suministro)	
8 horas/semana	: <u>17 días</u>
TOTAL	<u>53 días</u>

Días Útiles : 365 - 53 = 312 días

- Producción Anual por Dos Hornos.

Número de días Útiles : 312 días

Capacidad por colada : 30 t.

Tiempo por colada : 2.31 horas

- Producción Anual : $\frac{312 \times 24 \times 30}{2.31} = 97,246 \text{ t.}$

- Producción Anual por Dos Hornos.

$97,246 \times 2 = 194,492 \text{ t/año}$

b) Producción que realmente se hubiera producido sin considerar las paradas más importantes.-

Hemos tomado las horas de Producción posible del año 1988 donde se obtuvo un mejor ratio de tonelada por hora = 10.24

En el Cuadro N^o 6-2 se detalla las horas efectivas y principales paradas con las cuales se obtuvo un total de horas posibles para los dos hornos:15,967

Producción posible:

$$15,967 \times 10.24 = 163,502 \text{ t/año}$$

c) De lo detallado en el punto a y b se observa un incremento de la producción al instalar un sistema de alimentación continua:

$$194,492 - 163,502 = 30,990 \text{ t/año}$$

6.3. PARTICULARIDADES RELACIONADAS CON LOS RESULTADOS A OBTENER EN EL HORNO ELECTRICO.

Los Hornos Eléctricos 1 y 2 de la Planta de Acero en sus inicios trabajaron con pura chatarra. Luego con el avance tecnológico se montó una Planta de Reducción Directa para la fabricación del hierro esponja, materia prima que se ha ido perfeccionando hasta llegar a emplear un 47 % en la carga de cesta.

La corriente actual de las nuevas Planta de Acería consideran la instalación de un sistema de alimentación continua y su tecnología de fabricación del acero está orientado hacia ésta, motivo del cual, la formulación del presente trabajo se basa en los ensayos realizados por la Empresa: NKF STAAL B.V. en ABLASSERDAM, HOLANDA por medio de su división de economía de la energía y técnica calorífica, realizada en el año 1,971 en un horno eléctrico de 35 t., cuando se realizó esto se sabía poco o casi nada de

la literatura sobre el comportamiento de la fusión del hierro esponja en la carga de cesta. [3] Según los ensayos realizados con porcentajes variados de hierro esponja cuando se carga más de 50 % de hierro esponja, entonces predomina más las propiedades de estos frente al de la chatarra, por lo que se debe esperarse dificultades, una de estas es que el hierro esponja rueda dentro de la abertura de la entrada y allí no se fusionan, sino se hornean. El proceso de fusión por lo tanto se demora.

Lo anteriormente señalado ratifica el por que nuestros metalurgistas emplean hasta 47 % de hierro esponja en la cesta de carga.

Siguiendo con sus ensayos la Alimentación Continua presenta puntos de partidas para sus primeras fusiones como:

- Valores reducidos de basicidad de la escoria con la consecuencia; limitación en el peso de la escoria, por lo tanto poca pérdida de metal y poca pérdida de calor.
- El período de ebullición o cocción hacer coincidir con el período de fusión del hierro esponja, por lo tanto ahorro de tiempo y elevación del rendimiento.
- Cargar todo el hierro esponja continuamente.

De la literatura se conocía, que la fusión del hierro esponja debería comenzar exitosamente con una temperatura de baño cerca de 1550-1560 °C.

Los ensayos fueron realizados con cargas de hierro esponja de 45 % a 80 %, los resultados más importantes fueron:

a) CONSUMO CORRIENTE.

Para el cambio calorífico en el proceso de acero líquido es la energía eléctrica la fuente calorífica más importante y cara, que es sacada del transformador a la red y suministrada al horno.

Se estableció que el consumo de corriente aumenta de 577 Kwh/t. con carga de hierro esponja con un 45 % hasta 630 Kwh/t. con carga de 80 % como valores promedio. Esto se puede atribuir en parte a la ganga, la cantidad de escoria, etc.

b) EL REVESTIMIENTO REFRACTARIO.

El modo de operación en la fusión con hierro esponja se diferencia en muchos puntos de las fusiones normales como:

- Una continuación más larga del período de fusión con una potencia más alta o total.
- Fusión del hierro esponja con potencia alta y baño superficial.

- Durante el período de tiempo más largo se trabaja con potencia total.
- Por tonelada de acero se consume más energía, la que es suministrada en un tiempo corto.

Por lo tanto, claro, que la carga calorífica promedio específico del horno frente a la fusión con chatarra aumenta y que el horno es más exigido.

Las observaciones durante las fusiones de ensayo son:

- El fin del período de fusión de la chatarra, es esencialmente peligroso para el revestimiento del horno.
- En la medida de la carga de chatarra es menor, crece el peligro la relación: Potencia/Peso de carga; es muy elevado.
- Conservando la potencia total, tiene que sufrir mucho la pared vertical, que consiste de dolomita.
- Durante el suministro de hierro esponja y el buen movimiento del baño se tenía la impresión de soportar el desgaste. Pero tan pronto como acabó el movimiento del baño durante el suministro de hierro esponja, se mantuvo la potencia total y el hierro esponja estaba sobre la escoria, se produjeron condiciones críticas

para el desgaste.

Se observó que el desgaste de la pared vertical era peor que en fusiones normales.

Al final del suministro del hierro esponja, debe corresponder la temperatura del baño al de la temperatura de sangría. En el caso de que se debía realizar una elevación considerable de la temperatura y se debía trabajar con una alta potencia y un baño sin cocción, las consecuencias eran serias para la tapa (Silika) (Se cambió por Alúmina alta).

Por medio de análisis de las escorias y del peso de las mismas se pudo determinar que una gran parte de las escorias proceden del revestimiento del horno y que la pared vertical representaba cifras de mayor desgaste de 50 - 80 % que en casos normales.

LOS PUNTOS DE VISTA METALURGICOS MAS IMPORTANTES SON:

- La regulación del movimiento de cocción del baño, que es determinante para la fusión del hierro esponja y que es significativa para la conducción óptima del arco de luz.
- El ajuste del contenido, prescrito de Azufre fue posible sin mayores dificultades debido a los contenidos reducidos de Azufre en el hierro esponja.

- Los contenidos de Cromo no se pudieron reducir por la fusión del hierro esponja. Estos se pueden atribuir a una reducción elevada del Cromo desde el revestimiento del horno. Se estableció como valor promedio del Cromo 0.06 %.

CUADRO 6-1

CONSUMO MENSUAL DE ENERGIA ELECTRICA
HORNOS ELECTRICOS 1 y 2
 (Kw-hr/t Acero Líquido)

ANO 1,989

MES	HORNO 1	HORNO 2
ENERO	783.4	787.2
FEBRERO	744.6	729.2
MARZO	824.8	784.1
ABRIL		
MAYO		
JUNIO		
JULIO	884.4	755.6
AGOSTO	783.0	766.9
SETIEMBRE	773.8	754.2
OCTUBRE	765.8	727.7
NOVIEMBRE		
DICIEMBRE		
PROMEDIO	794.3	757.8
MEDIA POR HORNOS	776.05	

ANO 1,991

MES	HORNO 1	HORNO 2
ENERO	744.74	738.42
FEBRERO		
MARZO	776.70	749.60
ABRIL	777.18	766.34
MAYO		
JUNIO		
JULIO		
AGOSTO		
SETIEMBRE	750.03	767.65
OCTUBRE	815.53	760.22
NOVIEMBRE	767.23	744.99
DICIEMBRE		
PROMEDIO	771.90	754.54
MEDIA POR HORNOS	763.38	

CUADRO 6-2
HORAS DE PRODUCCION POSIBLE
(AÑO 1988)

		HORNO 1	HORNO 2
HORAS EFECTIVAS		5,531	5,234
PRINCIPALES PARADAS	HIDRANDINA	1,403	1,418
	LABORALES	963	901
	REFRACTARIOS	160	311
	MATERIALES	29	17
HORAS POSIBLES DE PRODUCCION		8,086	7,881
HORAS POSIBLES DOS HORNOS		15,967	

VII.- CALCULO DE LOS COSTOS

7.1. CALCULO DEL COSTO DE LA OBRA.

El costo de la instalación de la Obra, es la suma de muchos pagos que se hacen a suministradores de piezas, equipos, componentes, operarios de diversas categorías por su trabajo, contratistas por sus servicios, etc. Para nuestro caso el Presupuesto Base que detallamos será para el Sistema de Licitación a Suma Alzada. Sistema por el cual se presenta una propuesta Para ejecutar por una suma fija y a una fecha determinada, una obra definida por sus planos y especificaciones, objeto del contrato principal. Los metrados del Presupuesto Base son solo referenciales. El Presupuesto Base, documento elaborado por la Entidad Licitante en el que se consigna el valor de la obra señala, los metrados, precios unitarios, gastos generales, utilidad y monto de los tributos. Los conceptos principales para la elaboración del Presupuesto Base serán:

- a) **PARTIDA** : Cada una de las partes en que se divide convencionalmente una obra para fines de medición, evaluación y pago.
- b) **RUBLO** : El título bajo el cual se agrupan partidas de características similares.
- c) **UNIDADES DE PARTIDA** : La unidad de medida tomada como base para medir o cuantificar una partida con fines de medición evaluación y pago.
- d) **METRADO** : La cuantificación de una partida expresada en la unidad correspondiente.
- e) **COSTO UNITARIO DIRECTO** : La suma de los costos de material, mano de obra con beneficios sociales y obligaciones laborales, equipo mecánico, implementos auxiliares, herramientas y todo lo directamente necesario para la ejecución de una unidad de partida.
- f) **COSTO DIRECTO DE PARTIDA** : El costo total de una partida resultante de multiplicar el metrado por el costo unitario directo o en caso específico expresado como monto global.
- g) **MONTO GLOBAL** : El costo total de una partida que carece de costo unitario o de precio unitario. Se obtiene como resultado de un análisis de la cantidad total de los elementos que integran la partida o por cotización a entidades especializadas, en última instancia apelando a la experiencia y buen juicio del analista.

- h) COSTO DIRECTO DEL RUBLO :** La suma del costo directo y monto global de las partidas que integran el rublo.
- i) COSTO DIRECTO TOTAL :** La suma del costo directo de todos los rublos.
- j) GASTOS GENERALES :** La suma de todos los gastos no incluidos en el costo directo, que efectúa el contratista tanto en la Obra como en su oficina central, que son necesarias para la ejecución de los trabajos, pero que su naturaleza solo son aplicables al conjunto de la obra por incidir en todas o la mayoría de las partidas. Se clasifican en gastos generales fijos y gastos generales variables.
- **GASTOS GENERALES FIJOS :** Son los gastos generales de monto fijo independiente del plazo de ejecución de la Obra.
- **GASTOS GENERALES VARIABLES :** Son los gastos generales dependientes del plazo de ejecución de la Obra.
- k) UTILIDAD BRUTA :** Es el valor percibido para formar parte del movimiento general de la Empresa con el objeto de dar dividendos, capitalizar, reinvertir, pagar impuestos relativos a la misma utilidad e incluso cubrir pérdidas de otras Obras.

1) **IMPUESTOS** : Varían de acuerdo a las leyes vigentes. Se ha considerado el Impuesto General a las Ventas; 18%.

11) **PRESUPUESTO BASE** : Documento elaborado por la Entidad Licitante en el que se consigna el valor de las Obras y que contiene además metrados, precio unitario, análisis de los mismos, gastos generales y sus análisis, utilidad del contratista y el monto de los tributos vigentes.

De acuerdo a lo desarrollado, en el conjunto de Planos que se adjunta al presente; y teniendo como referencia el Plano N^o AC-200: Ensamble General, a continuación detallamos las partidas consideradas para la ejecución de la Obra, así como el Presupuesto.

7.1.1. OBRA CIVIL.

Su objeto es la construcción de una poza con un muro de confinamiento de Concreto Armado que constituye el entorno físico del área propuesto y que servirá para el anclaje de cuatro tolvas de almacenamiento de hierro esponja y cal; así como las bases para las fajas transportadoras que elevan el material e instalación de balanzas dosificadoras. El trabajo será realizado por personal de construcción civil y comprende:

- Obras provisionales
- Obras preliminares
- Movimiento de tierra
- Concreto simple y concreto armado
- Albañilería

7.1.2. OBRA MECANICA.

Su objeto es la construcción e instalación de todas las estructuras metálicas en general. Así mismo el suministro de todo el material y equipo necesario para la ejecución de la Obra.

Los trabajos considerados son los siguientes:

- Fabricación de tolvas para el almacenamiento de hierro esponja y cal.
- Suministro e instalación de balanzas dosificadoras.
- Estructuras metálicas para la instalación de fajas transportadoras, así como el suministro de todos sus componentes.
- Fabricaciones metálicas en general.

7.1.3. OBRA ELECTRICA.

Será realizado por personal de la especialidad. La alimentación para el sistema eléctrico se tomará de la sub-estación N^o 16 (Laboratorio) situado aproximadamente a 100 m. de la entrada de la Nave de Acería.

Desde la sub-estación se llevaría dos circuitos subterráneos en 440 v. y 220 v. respectivamente, hasta un tablero general a ubicarse junto a la entrada de la nave (Lado izquierdo).

Desde el tablero general se alimenta a todos los motores, al sistema de control y mando, al sistema de alumbrado.

Los trabajos considerados son los siguientes:

- Derivación en 440 v. y 220 v. de la sub-estación.
- Línea subterránea 440 v. y 220 v. desde la sub-estación hasta el tablero general.
- Montaje de tablero general e instalación del equipamiento.
- Montaje de motores eléctricos.
- Instalación del cableado de fuerza.
- Instalación del sistema de alarma (Cables, fines de carrer, canaletas, etc.)
- Instalación del sistema de mando y control (Cables, cabina de control, dispositivos de arranque y parada, protección).
- Instalación del sistema de alumbrado exterior e interior.

7.1.4.- PRESUPUESTO BASE

**OBRA : ALIMENTACION CONTINUA DE HIERRO ESPONJA Y CAL
EN HORNOS ELECTRICOS.**

FECHA: AL 31 DE DICIEMBRE DE 1,992.

ITEM	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	\$ PREC UNIT	\$ PARCIAL	\$ TOTAL
1.	OBRA CIVIL					9,000
1.1	Obras Preliminares	Glob.	-	100	100	
1.2	Obras Provisionales	Glob.	-	400	400	
1.3	Movimientos de tierra	Glob.	-	720	720	
1.4	Concreto armado	Glob.	-	7,800	7,800	
2.	OBRA MECANICA					247,700
2.1	Tolv. para Hierro E.	Glob.	-	12,500	12,500	
2.2	Tolv. para Cal	Glob.	-	9,000	9,000	
2.3	Fajas H1 y H2	MI	78	400	31,200	
2.4	Fajas FO - H1 y 2	MI	78	1,000	80,000	
2.5	Balanzas Dosif.	U	4	20,000	80,000	
2.6	Est. Metálicas	T.	10	2,500	25,000	
2.7	Accesorios varios	Glob.	-	10,000	10,000	
3.	OBRA ELECTRICA					27,300
3.1	Tableros	Glob.	-	3,000	3,000	
3.2	Motores	Glob.	-	3,500	3,500	
3.3	Cables	Glob.	-	8,000	8,000	
3.4	Postes, luminarias	Glob.	-	4,250	4,250	
3.5	Ferr. en General	Glob.	-	4,000	4,000	
3.6	Montaje General	Glob.	-	4,600	4,600	

TOTAL COSTO DIRECTO :	.....	284,070
GASTOS GENERALES (15%)	.....	42,610
Utilidad (10%)	.....	28,407
PARCIAL	.....	355,087
Impuesto (IGV: 18%)	.....	63,915
TOTAL DEL PRESUPUESTO	.....	419,003

PARA NUESTRA REFERENCIA CONSIDERAMOS :

\$ 420,000.00

CUATROCIENTOS VEINTE MIL DOLARES AMERICANOS

7.2. CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO Y LA TASA INTERNA DE RETORNO.

Son métodos que reconocen el valor del dinero a través del tiempo y que para poder tomar la decisión de la Inversión se hace necesario conocer el flujo generado por el Proyecto.

En el Cuadro N° 7-1 se muestra el flujo de dinero en Dólares considerando que el Proyecto tendría una duración de cuatro meses y se requiere una inversión de \$ 420,000.00 ó su equivalente en nuevos soles a la fecha de su ejecución.

En lo que se refiere al beneficio que se espera alcanzar por año, este será de acuerdo a:

Producción aumentada : 15,495 t/año

Costo por tonelada : 600 Dólares

Ahorro bruto deducido costos y que representa el beneficio por cada año : $15,495 \times 600 \times 0.05 = 464,850$

Estimados : \$ 465,000

Luego de las premisas desarrolladas se calculará:

a) VALOR ACTUAL NETO : (VAN)

Es el balance neto del flujo de los beneficios netos a lo largo del horizonte temporal del proyecto descontados a un mismo instante. [9]

$$VAN = - B_{N0} + \frac{BN1}{(1+i)} + \frac{BN2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{BNn}{(1+i)^n} \quad (7-1)$$

$$\delta \text{ VAN} = \sum_{j=0}^n \frac{B_j - C_j}{(1 + i)^j} = \sum_{j=0}^n \frac{RN_j}{(1 + i)^j} \dots\dots\dots (7-2)$$

Donde:

B_j : Beneficio que se espera produzca en el año j.

C_j : Costo que se anticipan ocurrirán en el año j.

RN_j = B_j - C_j = Beneficio neto que se producirá en el año j.

i = Costo de oportunidad del capital.

n = Vida Útil del Proyecto.

La inversión será rentable solo si el valor actual del flujo de beneficios es mayor que el valor actual del flujo de costos. En término de ecuación, la inversión es deseable solo si:

$$\text{VAN} > 0$$

Aplicando el concepto anterior se ha desarrollado el Cuadro N^o 7-2, para el cual se ha hecho variar la tasa de descuento hasta el 100 % y por período de 10 años y donde podemos apreciar que el VAN es deseable hasta una tasa de 90 % del cual obtenemos el valor de 14,000 después de esta ya no es rentable.

Para nuestro caso el VAN al 20 % de tasa nos representa 1'400,000, el cual nos hace ver cuan rentable es el proyecto.

b) TASA INTERNA DE RETORNO : (TIR)

Es un indicador que mide el rendimiento de los fondos invertidos considerando el beneficio implícito del flujo de beneficios y costos. [9]

Según este concepto la tasa interna de retorno representa la máxima tasa de interés que puede pagarse por los fondos a invertir sin obtener pérdidas ni ganancia y se determina a partir de la ecuación del VAN, cuando este es igual a cero:

$$VAN = \sum_{j=0}^n \frac{B_j - C_j}{(1 + t)^j} = 0 \dots\dots\dots (7-3)$$

Donde:

t = Beneficio del año j.

Bj = Costo del año j.

Cj = Costo del año j.

n = Curación o vida útil del proyecto.

Un proyecto será rentable cuando la tasa que refleja el costo de la oportunidad del Capital es menor que la tasa interna de retorno o en otras palabras es rentable cuando el uso de los fondos en otras inversiones rinde menos que el capital invertido en el proyecto.

El proyecto es rentable cuando : $i < t$

En el Cuadro N° 7-2 luego del desarrollo por proceso de programación hacemos el VAN = 0 y nos arroja un TIR con un valor de 92.80 %.

7.3. RELACION BENEFICIO - COSTO.

Es otro de los métodos de análisis de beneficios y costos que objetivizan los flujos de beneficios y costos a lo largo de la vida de un proyecto.

Es un indicador que resulta dividiendo los beneficios y costos actualizados, descontados a la tasa que representa el costo de oportunidad del capital.

$$B/C = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^t}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots (7-4)$$

Dado que la regla dice que una inversión es rentable cuando los beneficios son mayores que los costos, por lo tanto la regla de decisión será:

$$\frac{B}{C} > 1 \text{ Se acepta el proyecto.}$$

$$\frac{B}{C} < 1 \text{ Se rechaza el proyecto.}$$

Desarrollado y presentado en el Cuadro N° 7-2 sobre el beneficio costo, este será rentable con la tasa de descuento de 80 % en el cual nos arroja una relación B/C = 1.18, este caso está muy lejos del óptimo deseado, ya que este se encuentra por B/C = 4.00.

CUADRO No.7-1

FLUJO GENERADO POR EL PROYECTO

(Miles de US\$)

ANO	INVERSION	AHORRO	FLUJO NETO
0	(420)		(420)
1		310	310
2		465	465
3		465	465
4		465	465
5		465	465
6		465	465
7		465	465
8		465	465
9		465	465
10		465	465

CUADRO No.7-2

CALCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN),
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) Y
BENEFICIO/COSTO

TASA DE DCTO	VAN	B/C
10.00 %	2,296	6.47
20.00 %	1,400	4.33
30.00 %	898	3.14
40.00 %	592	2.41
50.00 %	391	1.93
60.00 %	251	1.60
70.00 %	150	1.36
80.00 %	74	1.18
90.00 %	14	1.03
100.00 %	(33)	0.92
TIR (%)	92.80	

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La implementación del Sistema de Alimentación Continua, ha dado lugar a formular una serie de alternativas, entre ellas ubicar el sistema, considerando el equipamiento dentro y fuera de la Planta, luego de los análisis del caso se concluye con instalar los equipos fuera de la nave, frente a la columna B-10; con ello se evitaría la congestión de equipos dentro de la nave, así como la buena operatividad y maniobras de los equipos y maquinaria existente. También con esta alternativa se ha dejado proyectado la Ingeniería básica para implementar el uso de fajas transportadoras necesario para el transporte del hierro esponja y cal hacia la Planta de Acero se muestra en la Fig. N° 3-1 el trazo del recorrido a seguir.

En cuanto al equipamiento de las Obras Civiles y Eléctricas se encuentran supeditadas a la continuación del desarrollo del Proyecto, quedando las pruebas de los ensayos metalúrgicos por cuenta del

personal de Producción, ya que con la variación en el porcentaje del Hierro Esponja, en el horno eléctrico, obliga a efectuar los ajustes del caso. Consideramos que la Literatura a recomendar para el proceso de ensayos es la que enumeramos en la bibliografía [3]. En la actualidad el sistema de alimentación continua es el más empleado en las Siderúrgias Modernas del Mundo.

Con la puesta en marcha, se obtendrá sustancialmente la disminución en el consumo de la energía; por el menor tiempo en que se realiza una colada nos permite aumentar 2 coladas de acero por día los que nos da una idea del beneficio a obtener.

Se tendrá como un factor importante la INDEPENDENCIA DE LA IMPORTACION DE LA CHATARRA, ya que esta sería reemplazada por el Hierro Esponja en un gran porcentaje, materia prima producida en nuestro Complejo Siderúrgico, partiendo del pelets como mineral base que es traído de la ciudad de Marcona. Durante la fabricación del Acero se obtendría una mayor calidad de la chatarra de Fábrica o retorno, la cual, al ser procesada, brindaría mayor ventaja que la chatarra nacional o importada. Así mismo tendríamos una alta calidad del Acero al disminuir los residuos. Con la disminución de la chatarra, se evita la cantidad de elementos no deseables, puesto que la variedad de chatarra que se trae tienen diferente procedencia

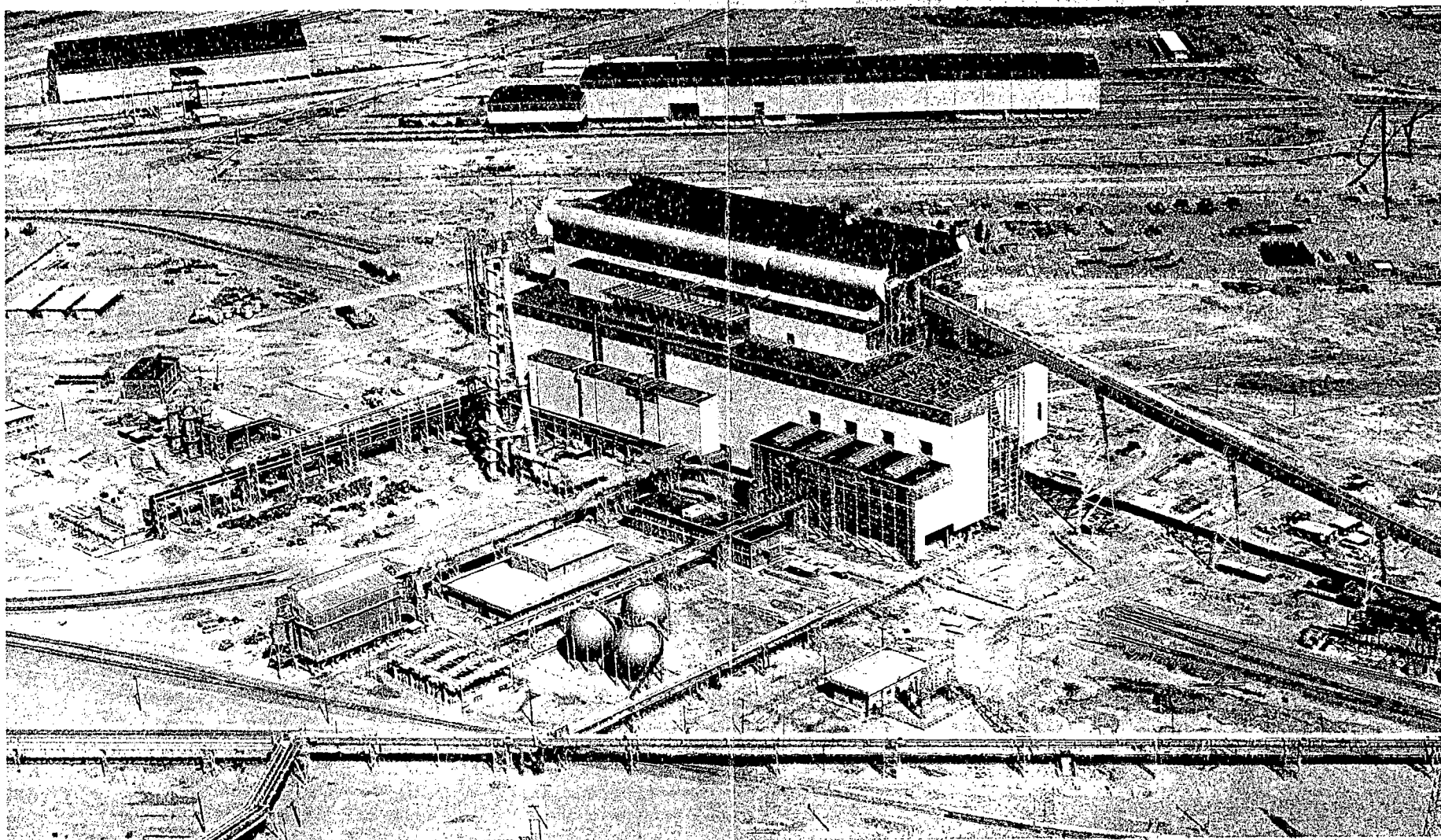
cuya razón hace que se utilice chatarra importada que la nacional puesto que esta tiene una composición con alto contenido de Azufre, es decir muchas impurezas.

Se obtendría mejora en la Producción de Acero, conseguido en operaciones normales con mayor acierto debido a la uniformidad del producto ya que el Hierro Esponja es una materia prima muy pura constante en su composición.

El beneficio que consideramos óptimo, es la mejora de la producción ya que se puede incrementar en el mejor de los casos en 15,000 toneladas de acero por año por cada horno, lo que hace rentable el Proyecto.

La recomendación sería que luego de realizar las pruebas y se optimice el Proceso de Fabricación del Acero se tenga en cuenta la instalación de las fajas transportadoras del tramo A-B y B-C con la cual se automatizaría el sistema. Con esto estaríamos dando un paso de actualización en el proceso de fabricación del Acero.

La realidad se aprecia en la Fig. N° 8-1; ACERIA MODERNA. Esperando que nuestro país cuente con esta infraestructura en el futuro.



ACIARIA - Esta unidade está projetada para uma capacidade de 3.371.000t por ano, com 2 convertidores de 280t cada, tipo BOF, tendo um volume interno de 490m³.

STEELMAKING SHOP - The steelmaking shop production is of 3,371,000 tons/year. The two 280 tons/charge (each) converters, BOF type, have a shell inside volume of 490m³ each.

IX. - BIBLIOGRAFIA, ANEXOS Y PLANOS

9.1. BIBLIOGRAFIA.

- [1] El enfoque de Ingeniería en las Modernas Instalaciones de Hornos Eléctricos.
Por : J. E. Medley, DV Barnes
DB. Blanck. ILAFA 1,983.
- [2] Proyecto Acería Eléctrica SICARTSA, segunda etapa.
Por : Santiago Neaves Rios.
ILAFA 1,983.
- [3] ENSATZ VON PUROFER EINSENSCHWAMM IN EINEM 35 t. ELECTRO OPEN.
VON : O. D. SCHOENMAKER AND J. Ph. GULDENMUNDT
Carga de Esponja de Hierro Purofer en un horno eléctrico de 35 toneladas.
- [4] Transporte y almacenamiento de Materias Primas. en la Industria Básica. Tomo 2
Por : L. Targhetta Arriola/ A. Lopez Roa.
Editorial Blume 1,970.
- [5] Catálogos FAMIA Internacional.
- [6] Catálogo DUNLOP Company Transport Bonden.

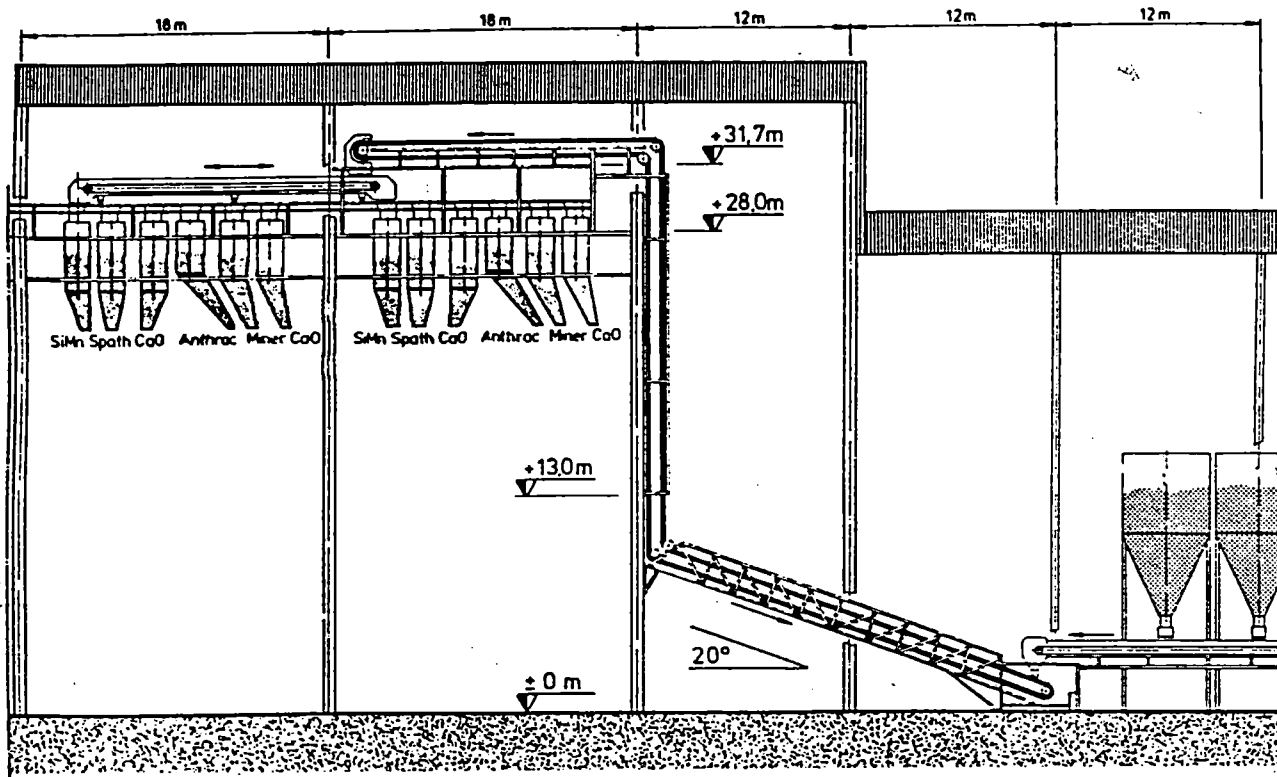
- [7] Aceros y Hornos Eléctricos
Por : Monsalve Flores.
Editorial Dossat, Madrid 1,947.
- [8] Manual de Ingeniero Químico
Por : Jhon H. Perry
- [9] Principios Generales para Evaluación de
Proyectos de Inversión.
Profesor : Luis Torres Velásquez
Dicto Cátedra en la UNAC: Del 15/08/80 al
05/02/81
- [10] Reportes de la Planta de Acero - SIDERPERU
- [11] Silos : Teoría, Investigación, Construcción
Por : Juan Ravenet Catalán
Editores Técnicos Asociados S.A.

9.2. ANEXOS.

9.2.1. ANEXO 1 : Fajas transportadoras de bornes ondulados.

9.2.2. ANEXO 2 : Balanzas Dosificadoras.

9.2.1. ANEXO 1 = Fajas transportadoras de bordes ondulados.

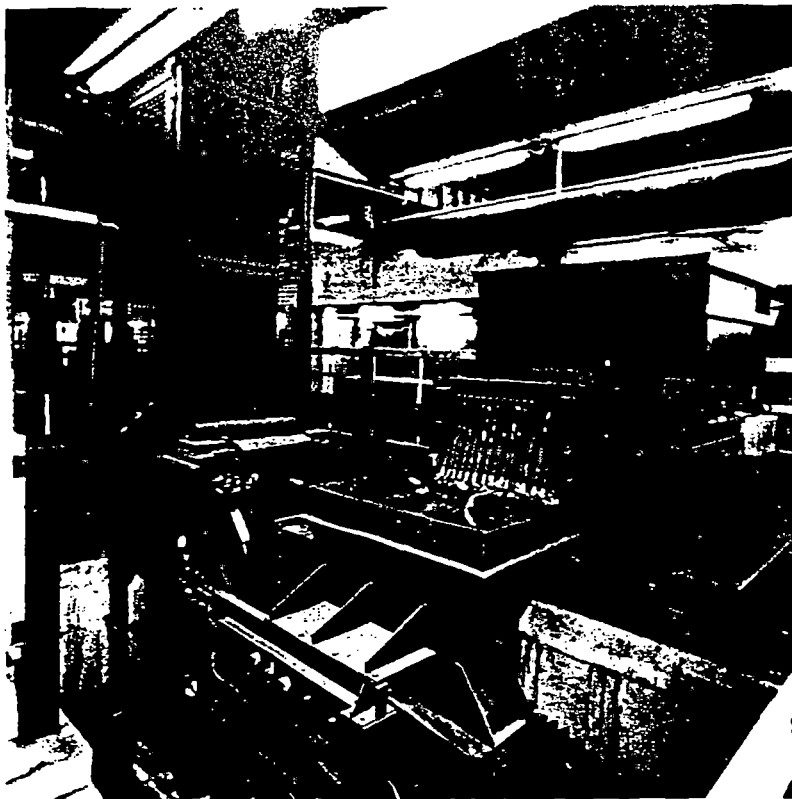


Características:

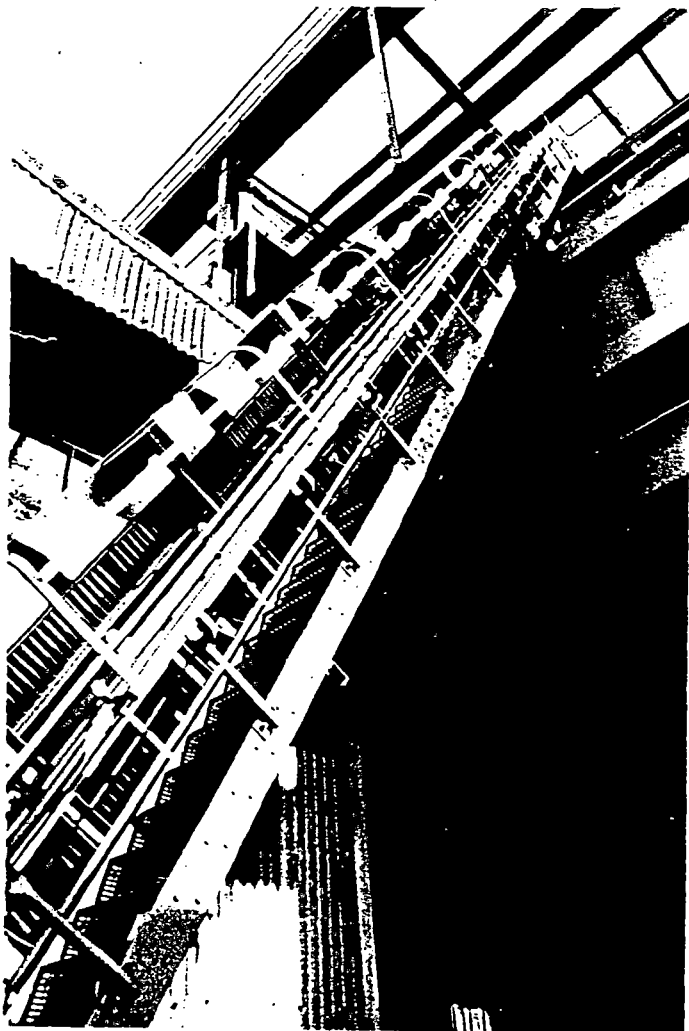
- La cinta transportadora con bordes ondulados se coloca en posición horizontal, inclinada o vertical. Tiene una anchura de p. ej. 800 mm y ha sido construida para transportar 40 m³/h de carga a granel seca (elemento aleador con granulado de 0 a 100 mm).
- El material se alimenta a la cinta transportadora de borde ondulado de tal manera, que no se produzcan pérdidas de material.
- El cambio de dirección de la cinta, verticalmente hacia arriba se efectúa a través de 2 rodillos de polea que conducen la cinta sobre la parte lisa del borde.
- Con la forma y disposición adecuadas de los bordes ondulados vulcanizados y de los travesaños, se impide la caída de la carga a granel en la parte vertical.
- Por razones de seguridad se dispone en la parte vertical del lado del material de una chapa cubridora para la protección contra la caída de material.
- Al contrario de la guía de líneas horizontal o ascendente, no se requieren para el trayecto vertical de la cinta los equipos usuales como puentes, armazones de cinta, estaciones superiores e inferiores o poleas.
- La cinta de bordes ondulados garantiza ahorro de espacio y un servicio de poco mantenimiento.
- Las bolsas de la cinta transportadora se vacían por completo en el punto de transferencia. Por ello pueden transportarse sucesivamente varios tipos de carga a granel a través del mismo trayecto de transporte.

Transporte de:

Chatarra de aluminio



Fundentes



Aleaciones



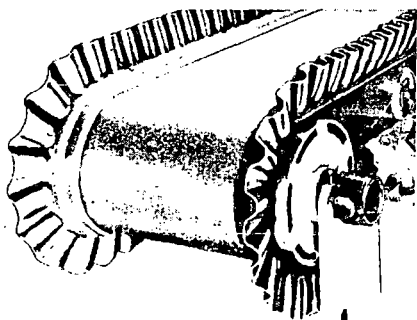
KÜTTNER

Dr. Küttner GmbH & Co.KG

Bismarckstraße 67. D-4300 Essen 1. Telefon (0201) 7293-0. Telex 857 436 Fax 77 66 88

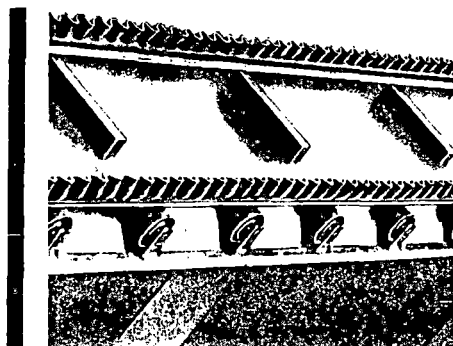
ENERKABORD Transport- en elevatorbanden

Zie onze speciale prospectus en technische documentatie.



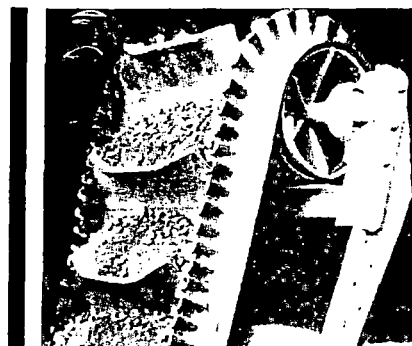
Type N 80 glad

Voor grotere capaciteiten bij
gelijke bandbreedte
Bandbreedtes 200 - 1000 mm
Kwaliteit RT (slijtagebestendig)
Kwaliteit ROM (oliebestendig)



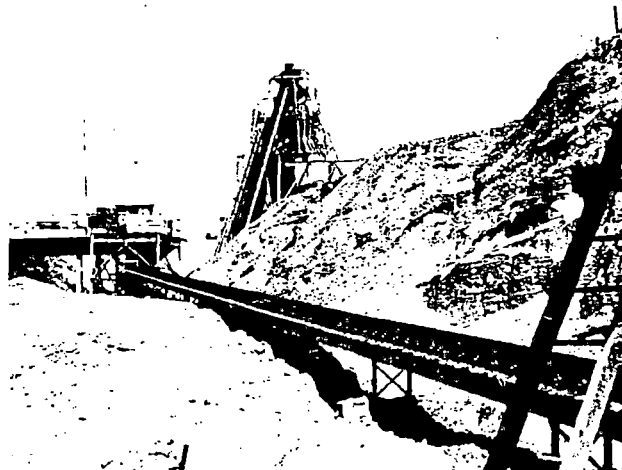
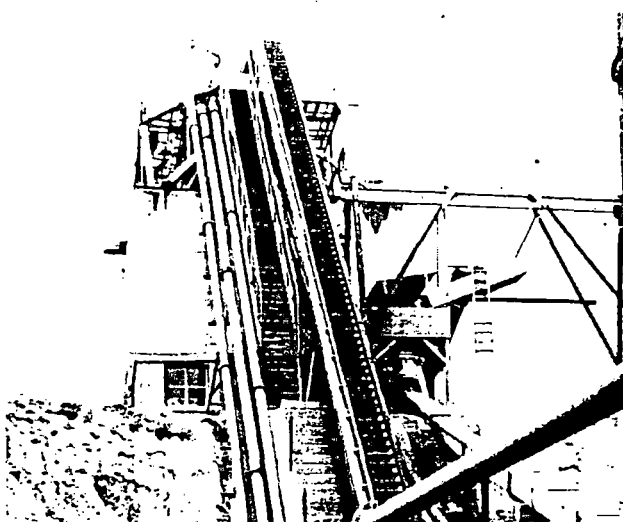
Type N 80 met blokstrippen

Voor opvoerhoeken tot 30°
Bandbreedtes 300 - 1000 mm
Kwaliteit RT (slijtagebestendig)
Kwaliteit ROM (oliebestendig)

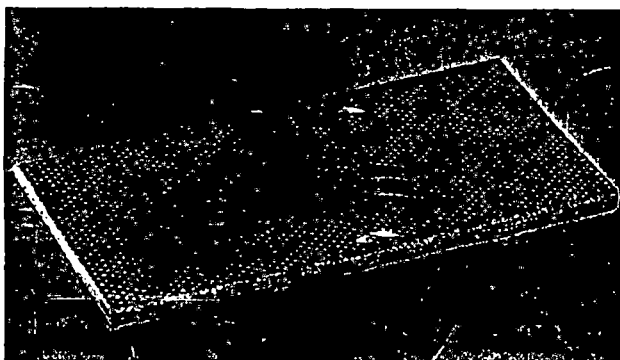


Type E 80 met bekerstrippen
80 B of 110 B-R

Voor opvoerhoeken van 30 - 90°
Kwaliteit RT (slijtagebestendig)
Kwaliteit ROM (oliebestendig)



Installaties met ENERKABORD



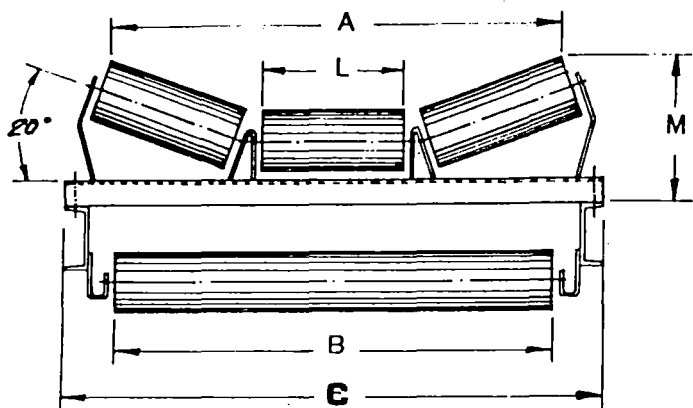
Transport- en Elevatorbanden zonder deklagen

kwaliteit C 50 kleur geel
kwaliteit C 63 kleur rood
schimmelwerend geïmpregneerd
Leverbaar met 2, 3, 4, 5 en 6 lagen.

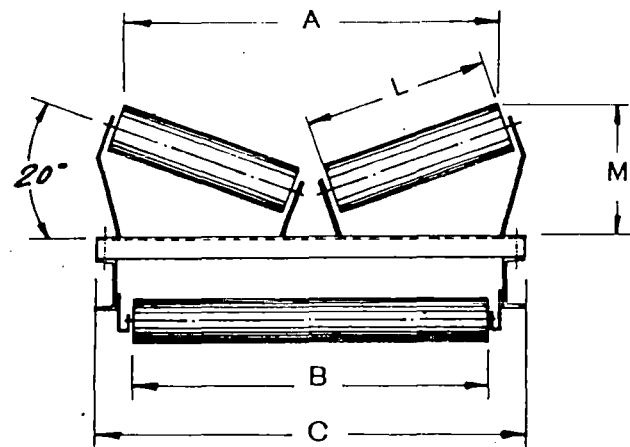


Slijtagebestendige transportbanden met T-strippen

voor grotere opvoerhoeken
Leverbare T-strippen (hoogte/voetbreedte)
15/25 25/40 40/60 50/70S 60/80 80/100
normale uitvoering met 1, 2 of 3 strippen/m



RODILLOS TRIPLES



RODILLOS DOBLES

RODILLOS PARA FAJAS TRANSPORTADORAS

CARACTERÍSTICAS DE LOS RODILLOS Y SOPORTES

LOS RODILLOS, diseñados y fabricados por FAMYA INTERNACIONAL S.A. son ejecutados con cubos y ejes de acero montados sobre rodamientos de bolas herméticos, con CARGA DE GRASA por vida.

EL TIPO LIVIANO en diámetros de 3" y 4" tiene el rodamiento fijado con anillo Seeger y tapa de protección.

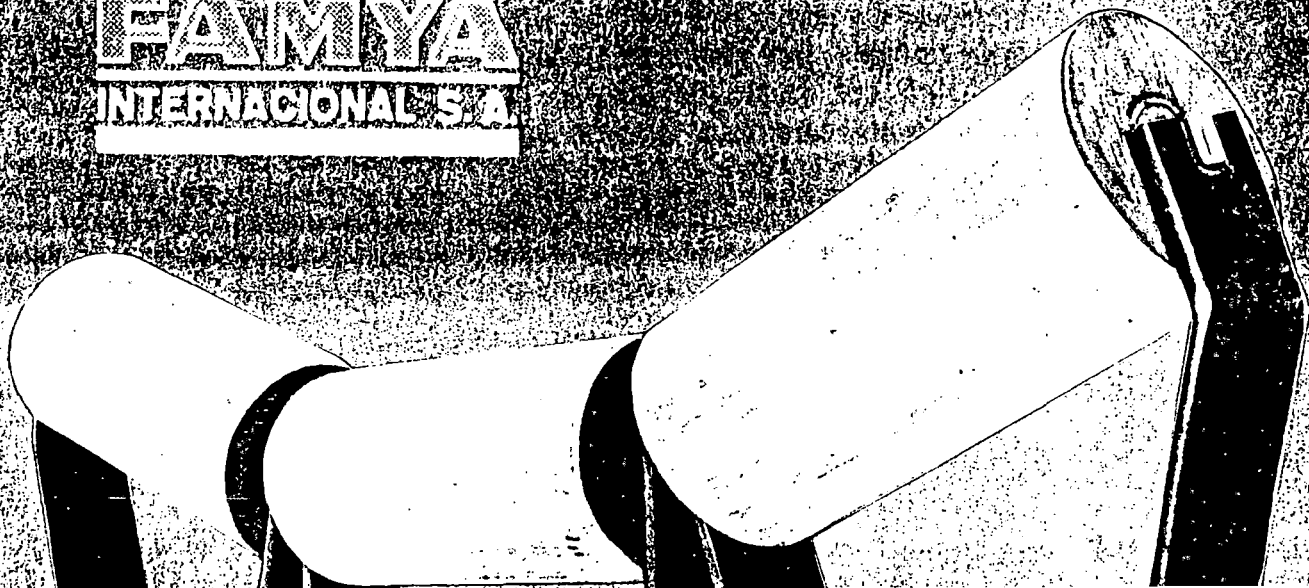
EL TIPO PESADO en diámetros 4" y 6" tiene el rodamiento fijado por tuercas y protección por doble anillo laberinto, con disco de fieltro embebido en aceite que lo hace hermético al polvo. Este diseño ha sido aprobado por el Departamento Técnico de SKF.

Los soportes son ejecutados en acero estampado y armados sobre bastidor de canal U, que tiene agujeros alargados para alinear.

A PEDIDO FABRICAMOS MEDIDAS ESPECIALES PARA REPUESTO

ANCHO FAJA	RODILLOS DOBLES					RODILLOS TRIPLES																
	DIAMETRO 76 mm (3")					DIAMETRO 76 mm (3")					DIAMETRO 102 mm (4")					DIAMETRO 152 mm (6")						
	A	B	C	M	L	A	B	C	M	L	A	B	C	M	L	A	B	C	M	L		
14"	440	430	550	175	200																	
16"	480	480	600	185	225																	
18"	530	530	650	195	250	560	530	650	170	180	530	530	650	210	175							
20"	580	580	750	205	275	600	580	750	175	190	600	580	750	220	190							
24"											680	680	850	235	225	670	680	910	300	23		
30"											830	840	995	250	275	820	840	1060	330	28		
36"											970	990	1195	265	325	960	990	1210	345	33		
42"																1140	1140	1365	375	39		

FAMYA
INTERNACIONAL S.A.



The FEEDWEIGHT[®] model WLC

9.2.2. ANEXO 2 : BALANZAS DOSIFICADORAS

Wherever precision proportioning or batching of solid materials is an essential part of production, the FEEDWEIGHT accurately and automatically controls the rate of feed and continuously totalizes the weight delivered to process. Employing the field proven principles of wide conveyor belts, with ample size feed-hopper openings combined with the MERRICK method of regulating a constant load per foot of material on the belt, insures the most accurate rate of feed possible.

SPECIFICATIONS:

ACCURACY: $\pm 0.5\%$ of totalized weight based on two circuits of belt travel when installed in accordance with Merrick recommendations and instructions.

REPEATABILITY: $\pm 0.5\%$ after calibration with material tests. Minimum test requirement two (2) circuits of the belt.

STANDARD SIZES: 18" to 42"

STANDARD LENGTH: 7'-6" pulley centers on 18" - 30" sizes. 8'-6" pulley centers on 36" - 42" size and above. Extended lengths available in 6" increments up to 35'-0".

CAPACITY: Based on design capacity.

MAXIMUM -- 360 TPH
 MINIMUM -- 0.3 TPH

{ Depending on feeder size and material density

RANGE: 3:1 Standard - 100:1 Optional

WEIGHT PER FOOT OF MATERIAL ON BELT:

MAXIMUM - 200#/FT.

MINIMUM - 4#/FT.

BELT SPEED: MAXIMUM - 60 FPM 72 FPM Absolute

MINIMUM - 3 FPM

POWER REQUIRED: Standard 208, 230/460 and 575

volts - 3 phase - 60 cycles

115 - 1 phase - 60 cycles for lamp and totalizer

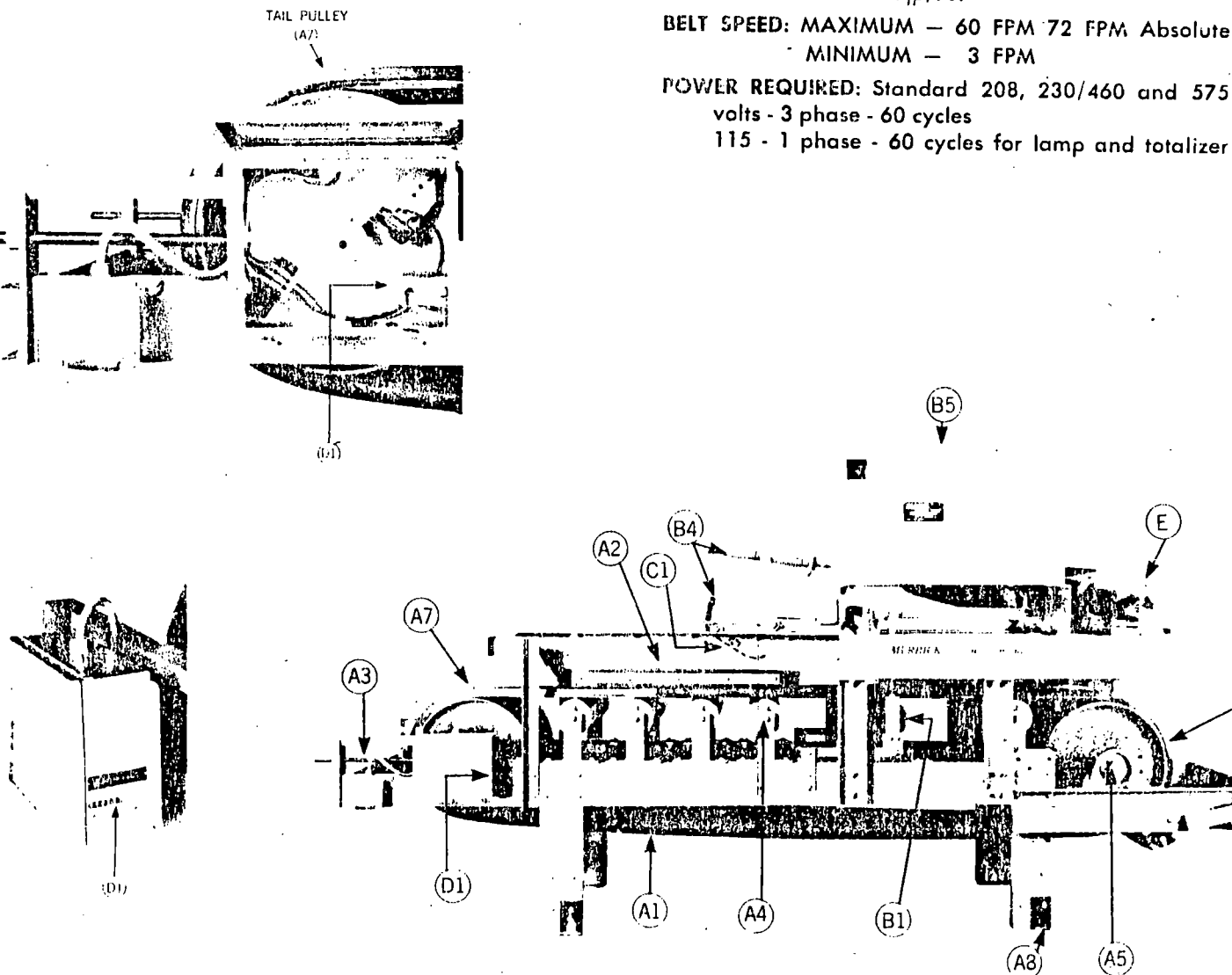


Fig. 2

STANDARD EQUIPMENT:

A. SELF CONTAINED BELT FEEDER

- 1.) Top grade flat rubber belt with 1" high flange. Rated 150° F, Flexco splice and sealing strip.
- 2.) Flanged carbon steel infeed skirts including full length skirtboards.
- 3.) Screw take-up assembly.
- 4.) Sealed lube for life idlers.
- 5.) Cast iron housed ball bearing pillow blocks for head and tail pulley mounting.
- 6.) Rubber lagged head pulley with demountable taper bushed hubs.
- 7.) Bare tail pulley with demountable taper bushed hubs.
- 8.) Four (4) floor supports (Nominal 1'-2 $\frac{3}{4}$ ") on standard length machines and extended lengths up to 15'-0".

B. AUTOMATIC WEIGHT CONTROL LOOP

- 1.) Weight sensing idler.
- 2.) Null balance weigh beam with adjustable rider weight.
- 3.) Powered feed regulator, ratchet and ratchet mechanism driven by feeder drive.
- 4.) Feed control quadrant gate with gate screw and handwheel assembly driven automatically by powered feed regulator.
- 5.) Dust proof cabinet.

C. STARVATION ALARM

- 1.) Load sensing paddle mounted to feed control gate with Mercury type switch rated 440V AC @ 5 amps with adjustable mounting clip.

D. MASTER WEIGHT TOTALIZER

- 1.) 6 digit electro-mechanical, non-resettable counter actuated from cam and switch assembly. Mounted at tail pulley. Registers in weight units required. (Tons, Pounds, Kilos, Barrels). Requires 115V single phase 50-60 cycle power.

E. VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) INCLUDING:

- 1.) Dust tight mechanical variable speed transmission with integrally coupled inductive motor.
- 2.) Drive motor
 - a.) TEFC Housing.
 - b.) NEMA Design B - Normal starting torque.
 - c.) Class B 40°C ambient — insulation.
 - d.) 1.0 continuous duty service factor.
 - e.) 208, 230/460 and 575 volts, 3 phase, 60 cycle power.
- 3.) Suitable gear reducer and coupling.
- 4.) Suitable chain and sprocket drive with open back chain guard.
- 5.) Head pulley drive.

F. CALIBRATION WEIGHT

- 1.) For adjusting weight control loop.

G. PAINTING

- 1.) Merrick Blue-Green Enamel

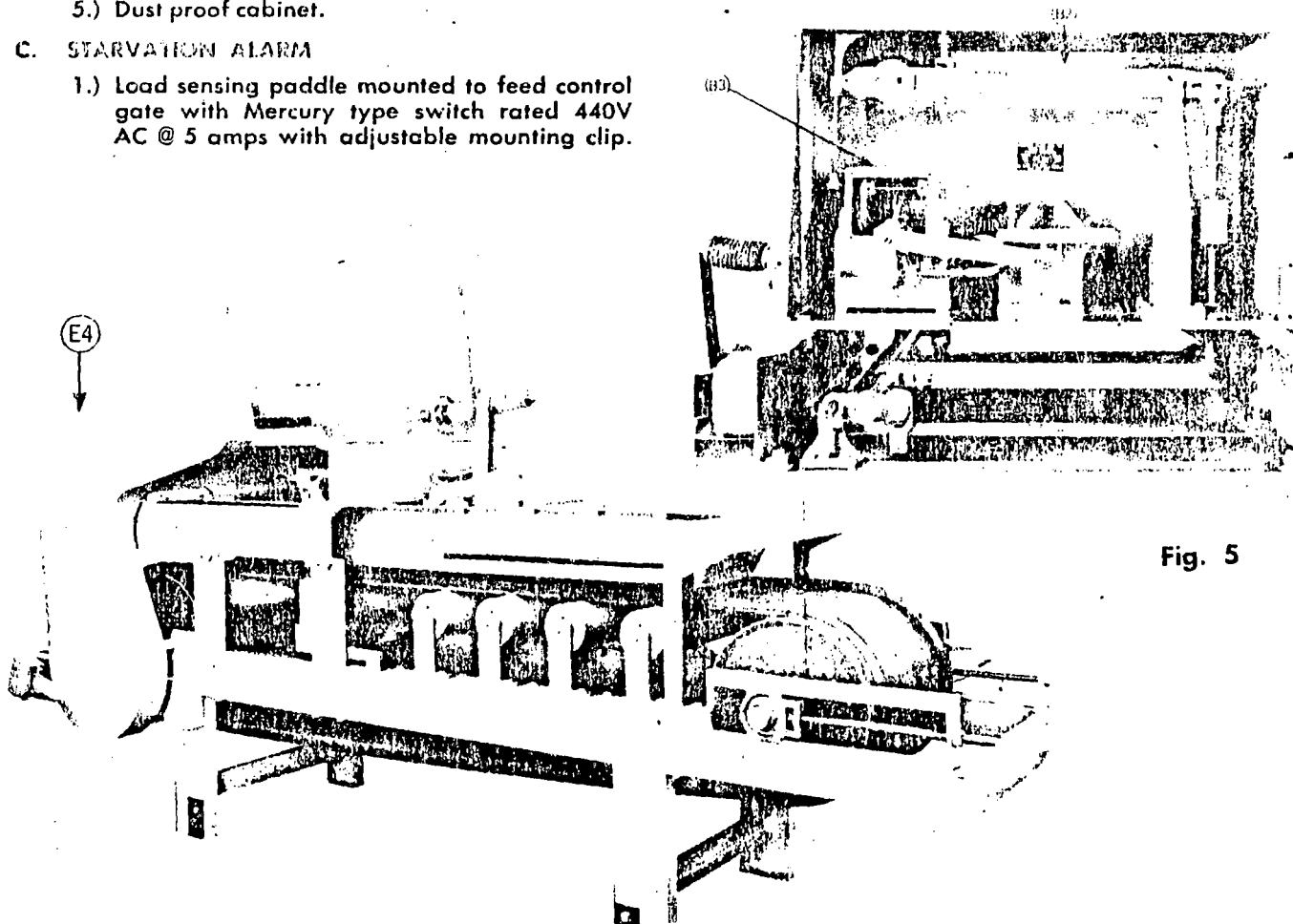
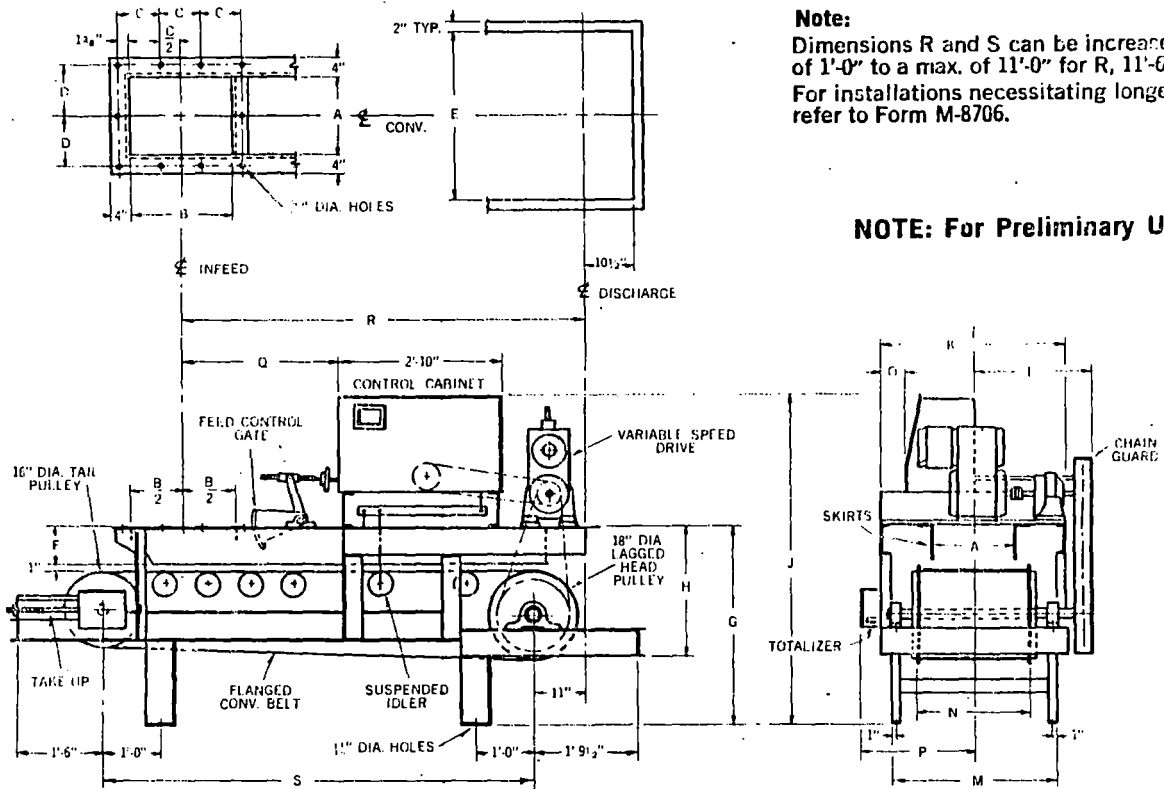


Fig. 5

MERRICK model WLC FEEDWEIGHT

Either Right Hand (as shown) or Left Hand (opposite hand) units available



Note:
Dimensions R and S can be increased in increment of 1'-0" to a max. of 11'-0" for R, 11'-6" for S.
For installations necessitating longer units, refer to Form M-8706.

NOTE: For Preliminary Use Only

Fig. 7

STANDARD UNIT SIZE DIMENSIONS

SIZE	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
18	12	22	8 1/4	7 3/8	30	8	3'-6"	27%	5'-9 3/8"	33 1/2"	1'-10"	2'-5"	18	6	1'-9"	2'-8 1/2"	7'-0"	7'-0"
24	17	22	8 3/4	10 1/8	36	8	3'-6"	27%	5'-9 3/8"	39 1/2"	2'-1"	2'-11"	24	7	2'-0"	2'-8 1/2"	7'-0"	7'-0"
30	22	22	8 3/4	12 3/8	42	10	3'-8"	29%	5'-11 1/8"	45 1/2"	2'-4"	3'-5"	30	7	2'-3"	2'-8 1/2"	7'-0"	7'-0"
36	26	30 3/8	11 1/8	14 3/8	48	12	3'-10"	31%	6'-1 1/8"	51 1/2"	2'-7"	3'-11"	36	7	2'-6"	3'-8 1/2"	8'-0"	8'-0"
42	30	30 3/8	11 1/8	16 3/8	54	14	4'-0"	33%	6'-3 3/8"	57 1/2"	2'-10"	4'-5"	42	8	2'-9"	3'-8 1/2"	8'-0"	8'-0"

Belt Width	Max. Tonnage @ 60 FPM Material 100# / C.F.	Rated Max. Lump Size	Width Between Skirts	Rated Depth Load	Calc. Cu. Ft. Per Ft.	Approx. Shipping Weight Domestic
Inches	Short-TPH	Inches	Inches	Inches	C.F./Ft.	Lbs.
18	85	1 1/8	14	4 7/8	0.48	2250
24	117	1 1/2	17	5 1/2	0.65	2350
30	135	1 3/4	22	6 3/4	1.03	2850
36	247	2 1/2	26	8 1/4	1.49	3250
42	360	2 3/4	30	9 1/2	2.00	4000

- Standard operating range is 3:1. Wider ranges can be supplied. State minimum and maximum capacities required.
- For materials other than 100# per cu. ft., multiply tonnages by proportionate factor.
- For ratings less than the maximum tonnages listed, the speed of the Feedweight belt is proportionally reduced.
- Choice of the correct FEEDWEIGHT SIZE is determined by lump size of the material to be handled, as well as maximum tons per hour.