

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"DISTRIBUIDORES FRIOS PARA LA MAQUINA DE
COLADO CONTINUO"

JOSE LUIS LUEGE TAMARGO

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

1 9 7 7



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

... Tesis 1977
... de ~~11-1977~~ 246
ECHA _____
ROC _____
• _____



QUIMICA

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA:

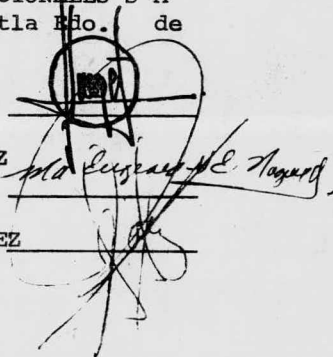
PRESIDENTE: PROFR: KURT H. NADLER GUNDEISHEIMAR
VOCAL: PROFR: FERNANDO MALDONADO MENDOZA
SECRETARIO: PROFRA: MA. EUGENIA NOGUEZ AMAYA
1er. SUPLENTE: PROFR: ALEJANDRO ESPRIU MANRIQUE
 DE LARA
2° SUPLENTE: PROFR: HUMBERTO MALAGON ROMERO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: ACEROS NACIONALES S A
 Tlalnepantla Edo. de
 México.

SUSTENTANTE: JOSE LUIS LUEGE TAMARGO

ASESOR: M en C MA EUGENIA NOGUEZ
 AMAYA

SUPERVISOR TECNICO: ING. ALFONSO PAEZ JIMENEZ



Handwritten signatures and scribbles over the names of Jose Luis Luege Tamargo and Alfonso Paez Jimenez.

A T I S E Ñ O R .

P O R Q U I E N T O D O L O P U E D O

A MIS QUERIDOS PADRES :

ALFONSO Y PIEDAD

NO HAY PALABRAS

PARA EXPRESARLES MI

AGRADECIMIENTO

A MIS QUERIDOS HERMANOS :

ALFONSO , VICTOR Y MARTIN .

A MIS FAMILIARES

A LOS AMIGOS

AL R. P. JESUS SOLIS HERNANDEZ

POR SU AYUDA Y DIRECCION

A MARIA AMPARO

AL SR. ING. PEDRO HAVA CALVILLO

GERENTE DE PERSONAL DE ACEROS NACIONALES S A

ESPECIALMENTE

AL SR. ING. ALFONSO PAEZ JIMENEZ

SUPERINTENDENTE DE ACERACION DE ACEROS NACIONALES S A

POR SU VALIOSA APORTACION

A LA PROFRA :

N. EN C. MA. EUGENIA NOGUEZ AMAYA

AL HONORABLE JURADO .

" P O R M I R A Z A

H A B L A R A E L E S P I R I T U "

I N D I C E

	PAGINA #
1) INTRODUCCION	1
2) GENERALIDADES	7
3) TIPOS DE MAQUINAS DE COLADO CONTINUO	10
3.1) RESEÑA HISTORICA	11
3.2) TIPOS DE MAQUINAS DE COLADO CONTINUO	12
3.3) OPERACION	14
4) EL DISTRIBUIDOR	22
4.1) DEFINICION	23
4.2) DIFERENTES TIPOS	23
4.3) CONSTRUCCION Y REVESTIMIENTO	28
4.4) CARACTERISTICAS DEL REFRACTARIO	35
4.5) LAS PLACAS AISLANTES	45
5) VENTAJAS Y AHORROS EN EL EMPLEO DE LAS PLACAS AISLANTES	54
5.1) AHORRO DE ENERGIA	55
5.2) AHORRO DE REFRACTARIO	56
5.3) AHORRO DE MANO DE OBRA	58
5.4) DISPONIBILIDAD DE EQUIPO	59
5.5) CONDICIONES FAVORABLES DE TRABAJO ..	60

	PAGINA #
5.6) LIMPIEZA DEL ACERO	61
5.7) AHORRO ANUAL	62
5.8) ALGUNOS CASOS DE COMPAÑIAS QUE CAMBIARON EL PROCESO EN MEXICO	66
6) CONCLUSION	70
7) BIBLIOGRAFIA	72

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

El objetivo de este trabajo es hacer un análisis de -- las ventajas económicas que el empleo de placas aislantes para el distribuidor aportan al proceso de colado contínuo, dando al final el ahorro por tonelada de acero bruto, cifra que podrá variar según el caso que se trate pero que siempre será de considerarse, pues las placas aislantes significan un avance en la tecnología del colado contínuo.

Esta tesis es el resultado de observaciones hechas por algunas Compañías que siguen este proceso y por aportaciones y experiencias de personas especializadas.

Es inminente la tremenda fuerza que ha adquirido la Industria Siderúrgica en el contínuo progreso de la civilización. Hoy en día el desarrollo de las grandes potencias está altamente vinculado con su producción de acero. Basta que miremos a nuestro alrededor para percatarnos de que en todo interviene el acero, bien sea como parte constitutiva o bien como elemento esencial - para obtener y fabricar la infinidad de satisfactores - requeridos en nuestra sociedad.

Para comprender mejor el influjo tan grande del acero en nuestro tiempo, vamos a recordar brevemente su historia. El hierro es el tercer elemento en abundancia sobre la corteza terrestre; sin embargo, no se le encuentra en estado nativo sino combinado en varios minerales. Es por eso que seguramente las primeras manifestaciones de su empleo provengan de hierro meteórico, ésto entre el tercero y segundo milenio A. de C.

Anatolia, Asia Menor, es el lugar donde comienza su desarrollo llevado a cabo por los Hititas, quienes descubren que lo que hoy llamamos hierro, convenientemente trabajado, permite la fabricación de hojas de cuchillos más filosas y resistentes que las de bronce usadas hasta entonces.

Posteriormente, hacia el siglo II A. de C., desde -- Asia Menor y Egipto estos desarrollos pasan a Medio-Oriente, norte de Africa y finalmente a Europa. Más adelante los Imperios: Egipcio, Hitita, Mecénico, -- etc., caen en decadencia y surgen las nuevas culturas sobre manera la griega y romana que asimilan la naciente tecnología del hierro. Se conservan así, reliquias arqueológicas en las culturas de Grecia, de Cassibile y Finochito al Sur de Italia y Sicilia, de Vilanova también al norte de Italia, de Hallstat en Europa centro-occidental y en la península Ibérica.

Hacia el siglo VII A. de C., termina la Prehistoria - en el sur de Europa y con ella finaliza la edad de - hierro. La rueda, otra gran palanca del progreso de la civilización, si bien inventada en China o en Ur - en la Mesopotamia hacia el 3,500 A. de C., es verdaderamente usada hasta el empleo de los rayos posibilitados por el uso del hierro, esto sucede hacia el - siglo V A. de C.

Del Siglo IV A. de C., se conserva un impresionante testigo de la historia de la tecnología del hierro: - el pilar de Delhi en la India, 40 cm. de diámetro, - 690 Cm. de altura y con 6 tn de peso constituido por múltiples trozos de 30 a 40 Kg de peso unitario.

En la edad media se empiezan a desarrollar los hornos llamados "stuckofen" entre los años 1,300 y 1,500 en Europa Central (Carintia y Estiria), principalmente produciendo bolas de hierro de hasta 500 kg que - después se forjaban.

Los "stuckofen" son los directos antecesores del alto horno moderno y se usaron hasta el 1870 aproximadamente produciendo bolas forjables de unos 200 a -- 250 kg de peso unitario.

La idea de utilizar oxígeno para eliminar el carbón y otras impurezas del hierro fundido (arrabio), que en forma distinta proporcionan los procesos Bessemer Thomas y Siemens-Martin, es otro de los grandes ade-

lantos que nos permite obtener grandes cantidades de lo que conocemos como acero y que da lugar a lo que yo llamaría precisamente la Edad del Acero.

Desde el hierro meteórico hasta la gran variedad de aceros aleados que hoy se fabrican, el hombre lo ha empleado cada vez con mayor frecuencia, de manera que ha llegado a ser la estructura, el alma que sostiene a la civilización contemporánea.

En los últimos años, la tecnología del acero ha logrado avances increíbles tanto en lo que concierne a la fusión y refinación del mismo, como a la fabricación de productos terminados. Y es precisamente el proceso de colado continuo el que marca una coyuntura decisiva en la tecnología moderna, que por el sinnúmero de ventajas que ofrece sustituirá en breve tiempo a los procesos convencionales.

En México el proceso de colado continuo ha tenido un gran desarrollo. Tanto Plantas integradas como semi-integradas han adoptado o están por hacerlo, este novedoso sistema.

En la siguiente tabla se tienen las compañías que en México emplean colado continuo:

EMPRESA	PUESTA EN MARCHA	CAPACIDAD ANUAL APROX Tn X 10 ³
1) LAMINADORA AZCAPOTZAL CO S A México D F	1973	40
2) ALTOS HORNOS DE MEXICO S A Monclova N L	1976	750
3) ACEROS NACIONALES S A Tlalnepantla México	1973	160

EMPRESA	PUESTA EN MARCHA	CAPACIDAD ANUAL APROX Tn X 10 ³
4) ACEROS CORSA S A	1976	80
5) ACEROS DE CHIHUAHUA SA Nombre de Dios, Chih.	1961	100
6) ACEROS ECATEPEC S A Tulpetlac México	1964 1971	75 75
7) CIA SIDERURGICA DE GUA DALAJARA S A Guadalajara, Jal.	1969 1977	60 140
8) HYLSA DE MEXICO Xoxtla, Pue.	1969	400
9) CIA METALURGICA VERA CRUZANA S A Córdoba, Ver.	1977	80
10) ACEROS SAN LUIS San Luis Potosí, SLP	1975	50
11) SICARTSA	1976	1,400
12) SIDERURGICA DE YUCATAN Mérida, Yuc.	1977	25

Este Estudio hecho por la Unidad de Tecnología de ILAFA (1)*, de carácter, preliminar, demuestra que la producción de acero por este proceso en 1978 será de: ----- 3,435,000.00 lo cual comparado con la de 1975, implica un aumento del 360%. Esto quiere decir también - en base a las proyecciones para producción de acero dadas en la siguiente gráfica (2) - que para 1978 cerca del 50%

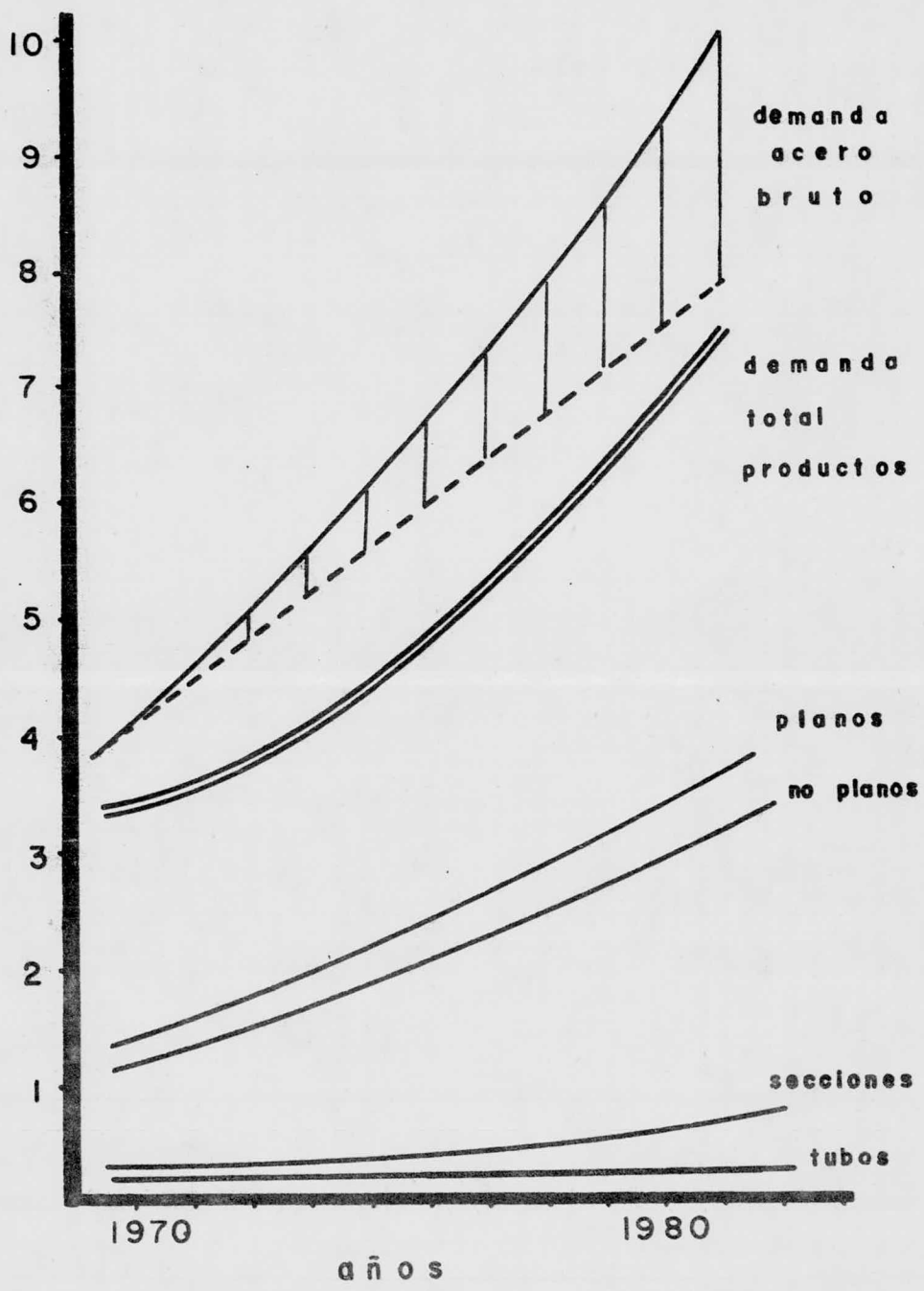
(* Referencias)

de la producción total de acero bruto será de colado -- continuo.

De todo lo anterior aseguramos la importancia tan grande que este proceso tiene para el desarrollo de nuestro país, y lo trascendental de cualquier mejora para aumentar la eficiencia del colado continuo, como lo es precisamente el empleo de placas aislantes en el distribuidor de la máquina.

En este trabajo se habla en forma general del proceso - de colado continuo y de los diferentes tipos de máquinas, se analiza el distribuidor y su revestimiento y finalmente se habla de las placas aislantes y de las ventajas y ahorros derivados de su empleo.

tn. · 10⁶



G E N E R A L I D A D E S :

Desde que se obtuvo por primera vez acero en estado líquido, la práctica general ha consistido invariablemente en fundirlo y moldearlo en bloques rectangulares cuya forma definitiva se obtiene en posteriores operaciones de forja y laminación en frío o en caliente.

El proceso convencional de vaciar en lingotes está resultando obsoleto por las muchas desventajas que presenta, como son:

- 1) Fuerte inversión de capital en: moldes, instalaciones y gruas necesarias para el descoquillado de lingotes y reposición de lingoteras, hornos de recalentamiento que preparan al lingote para la laminación primaria, trenes primarios de laminación.
- 2) El lingote presenta fuertes segregaciones, mayores cuanto mayor sea la sección y que repercuten en la calidad del producto.
- 3) Hay pérdida de lingotes y de los que se laminan, le son cortadas las puntas, lo cual implica pérdidas considerables de material.

Pero una de las mayores desventajas, es sin lugar a duda, la pérdida del calor contenida en el lingote, energía que se pierde irremediablemente y que después la tendremos que proporcionar en el horno de recalentamiento para poder laminarlo. Esta forma de desperdiciar energía, como muchas otras, hay que evitarlas. Hace algunos años quizá, que no existían restricciones respecto al consumo de energéticos, pero hoy el panorama es distinto; la tecnología moderna debe prever en sus nuevos procesos el costo cada día más elevado de la energía y sobre todo ha de buscar una explotación racional de los recursos naturales, principalmente de los no renovables.

Comparando el proceso convencional de vaciar en lingotes con el colado continuo, encontramos que éste último aventaja en todo al anterior, elimina todas las inconveniencias anotadas anteriormente, prácticamente no hay pérdida de material, las segregaciones disminuyen por la naturaleza de la solidificación, mejora la calidad del material, etc., y si consideramos el consumo de gas electricidad y otros energéticos, encontraremos que el proceso de colado continuo aporta un gran ahorro de energía, esto es un factor fundamental que marca el derrotero que ha de seguir la industria del acero.

En la figura 2.1 podemos apreciar en forma esquemática las ventajas del colado continuo sobre el proceso convencional.

Ahora bien, en este trabajo de tesis se habla brevemente sobre los diferentes tipos de máquinas de colado continuo y en forma muy general sobre el proceso en sí, principalmente se habla de un sólo aspecto, que no parece de mucha importancia, pero que resulta decisivo para obtener mayores rendimientos en el proceso que de suyo --tiene bastantes y éste es: El empleo de placas aislantes en el revestimiento del distribuidor, que como podremos ver adelante ofrece un sinnúmero de ventajas y -ahorros que hacen del colado continuo un proceso aun --más ventajoso y eficiente.

A partir de ahora vamos a llamar distribuidores frios a aquellos que emplean placas aislantes y distribuidores calientes a los que no.

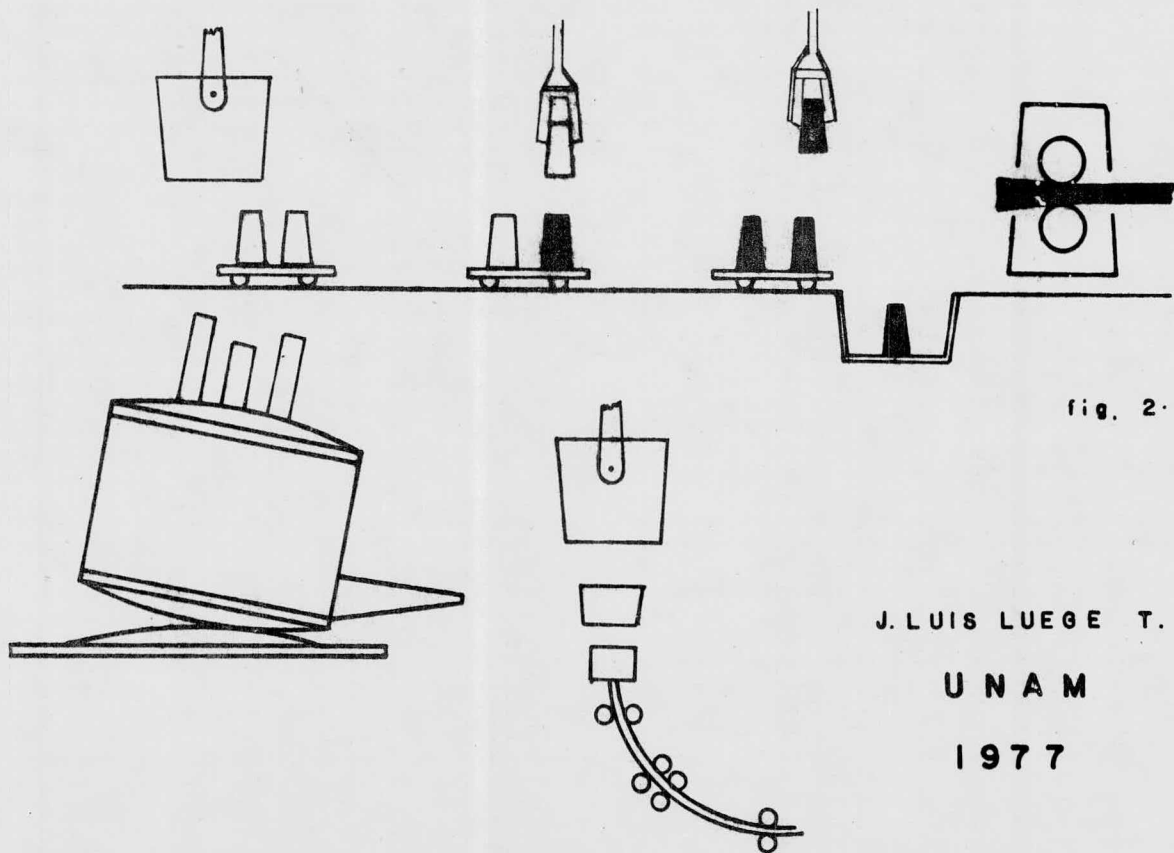


fig. 2-1

J. LUIS LUEGE T.

UNAM

1977

C A P I T U L O

I I I

TIPOS DE MAQUINAS DE COLADO CONTINUO

3.1) RESEÑA HISTORICA

3.2) TIPOS DE MAQUINAS DE COLADO CONTINUO

3.3) OPERACION

3.1) RESEÑA HISTORICA

La idea original de colar metal en una línea continua, tiene más de cien años (1857), cuando Bessemer patentó un procedimiento para colar acero en forma continua consistente de dos cilindros refrigerados interiormente -- por agua y entre los que vertía el metal líquido contenido en una artesa para su transformación en una lámina (3) (fig. 3.1); pero los problemas inherentes a la elevada temperatura operacional en el caso de acero líquido, así como los que atañen a su solidificación, hicieron que el sistema basado en dicha idea alcanzase antes su aplicación industrial en el campo de ciertos metales y aleaciones no ferrosas, que en el del acero.

El primer esfuerzo que se recuerda para colar un metal en una línea continua se origina con Siegfried Junghans, era un oficial naval que después de la 1a. Guerra Mundial, se retiró para hacerse cargo de una pequeña fábrica de latones; los primeros colados que hizo fueron púes con latones a fines de la década de 1920.

Las inconveniencias del proceso de vaciado en lingotes impulsaron a los fabricantes de acero a considerar la posibilidad de colar directamente el acero líquido en forma de palanquillas, tochos o planchones, eliminando así buena parte de los costos de fabricación y de inmovilización descritos con anterioridad.

Hasta 1930 no empezaron a funcionar satisfactoriamente instalaciones de colado continuo y ésto sólo para metales de bajo punto de fusión, con los que se obtuvieron buenos resultados.

Es hasta hace muy poco tiempo, que se consiguió idear y aplicar a escala comercial, métodos prácticos de colado continuo para el acero en pequeñas secciones. A partir de entonces, su desarrollo ha sido rápido y se ha extendido por todo el mundo.

3.2) TIPOS DE MAQUINAS DE COLADO CONTINUO

Se pueden considerar fundamentalmente tres tipos de máquinas de colado continuo que además corresponde al orden cronológico en que han ido apareciendo:

- Vertical
- Vertical con flexionador
- de Molde curvo

Las máquinas de colado continuo verticales, pueden considerarse como las primeras utilizadas a escala industrial. Tienen la desventaja de que es necesaria una -- instalación muy elevada y además excavaciones profundas para obtener el producto. En la fig. 3.2 podemos apreciar en forma esquemática este tipo de máquina con todas sus partes.

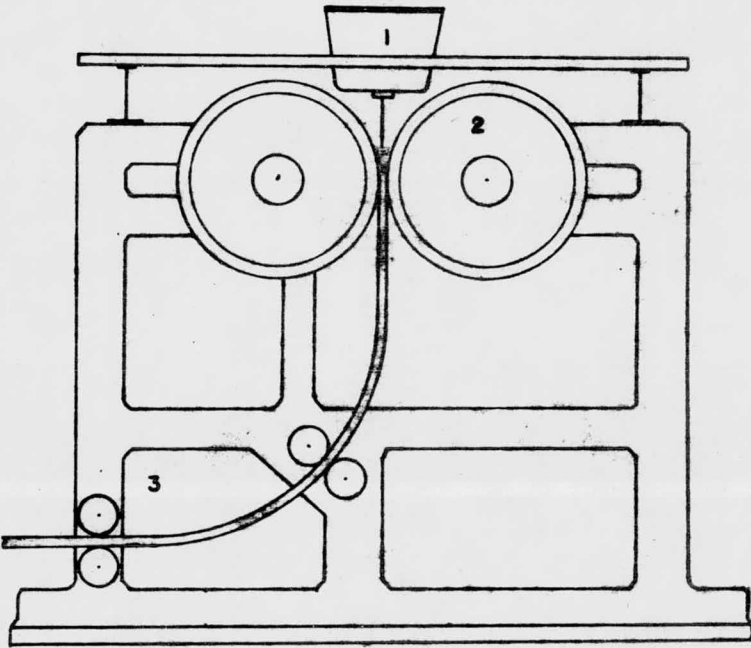
La máquina tipo recta, pero con flexionador después de los rodillos extractores, permitió el ahorro de las excavaciones, no así la altura sobre el piso, además de problemas operacionales que provocaron defectos en el producto precisamente en la zona de flexión. En la fig. 3.3 se observa una máquina de este tipo.

Las máquinas de molde curvo permitieron un considerable ahorro en las instalaciones al disminuir la altura de las mismas y evitar también la construcción de fosas.

Este tipo de máquinas tienen la característica de que el radio de curvatura del producto, determina la longitud máxima de la zona de enfriamiento secundario, en consecuencia, es necesario asegurar que la sección máxima que se puede colar pueda también ser enfriada satisfactoriamente en la longitud prevista por su radio.

En este tipo de máquina, el acero procedente de la olla fluye a través de un depósito secundario (el distribuidor), dentro de una lingotera curva de cobre, oscilante,

fig. 3-1



J. LUIS LUEGE T.

U N A M

1 9 7 7

refrigerada por agua, donde sobreviene la solidificación formándose la línea de forma curva con lo cual se suprime el equipo de curvatura.

El modelo de molde curvo, es el resultado de un profundo estudio del proceso, desarrollado en la Aktiengesellschaft der Von Moo'sschen Eisenwerke de Lucerna Suiza, miembro de la compañía CONCAST (fig. 3.4)

El modelo de máquina de molde curvo es la más moderna, tiene todas las ventajas del proceso de colado continuo pero su costo es considerablemente menor. El ahorro en el costo de la máquina, como consecuencia de la nueva concepción, hace que el proceso sea aun más atractivo para los fabricantes de acero; requiere menos construcción, elimina la necesidad de remontar la grúa y por lo tanto el edificio, elimina las fosas, reduce el período de montaje y la correspondiente mano de obra todavía más.

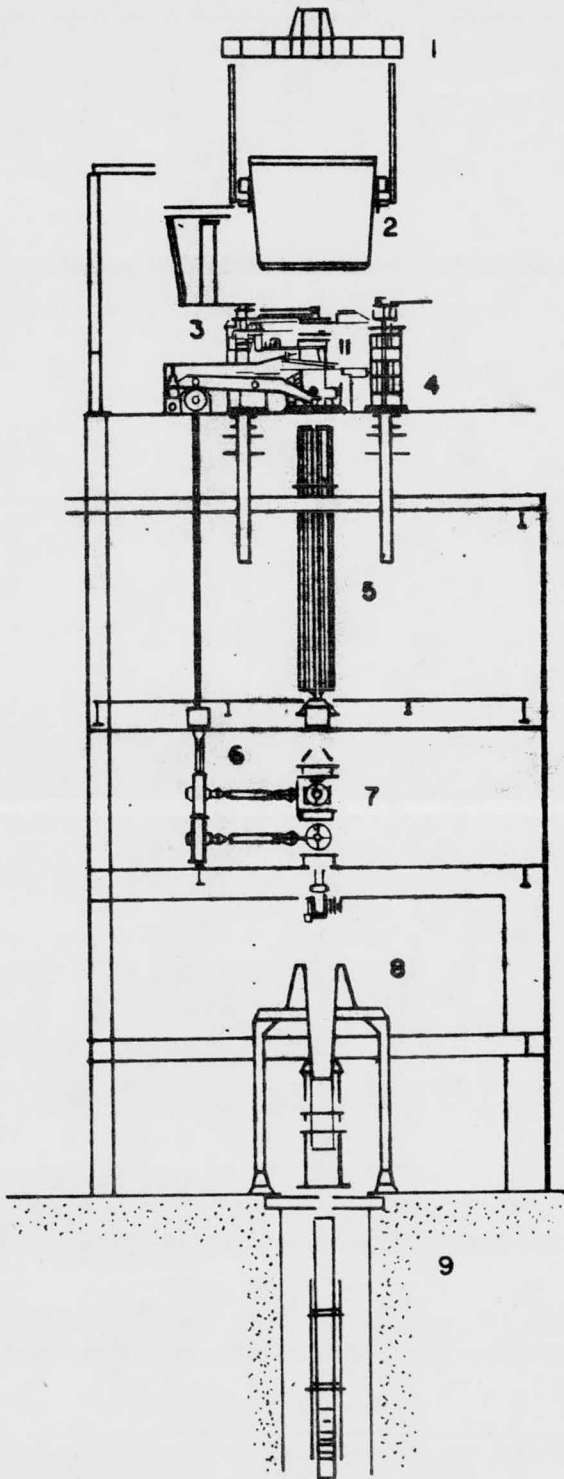
3.3) OPERACION

Al principio de la colada, un falso lingote flexible -- (la barra falsa), tapona el fondo de la lingotera, el a cero procedente de la olla pasa a través del distribuidor y fluye dentro de la lingotera, la cual oscila de a cuerdo con técnicas previamente establecidas en la máquina. El intenso enfriamiento a que se somete el acero en la lingotera, produce una delgada piel que recubre al a cero fundido.

Al salir la línea de la lingotera, siguiendo la cortina curvada de rodillos, es sometida a un enfriamiento secundario por medio de pulverizadores de agua especiales.

Posteriormente, a la salida de la cortina de rodillos, la línea pasa a través de una unidad que consiste en una serie de rodillos, los cuales extraen y enderezan la línea, el falso lingote es entonces descontactado y separado de la línea, la cual es cortada a la longitud de seada.

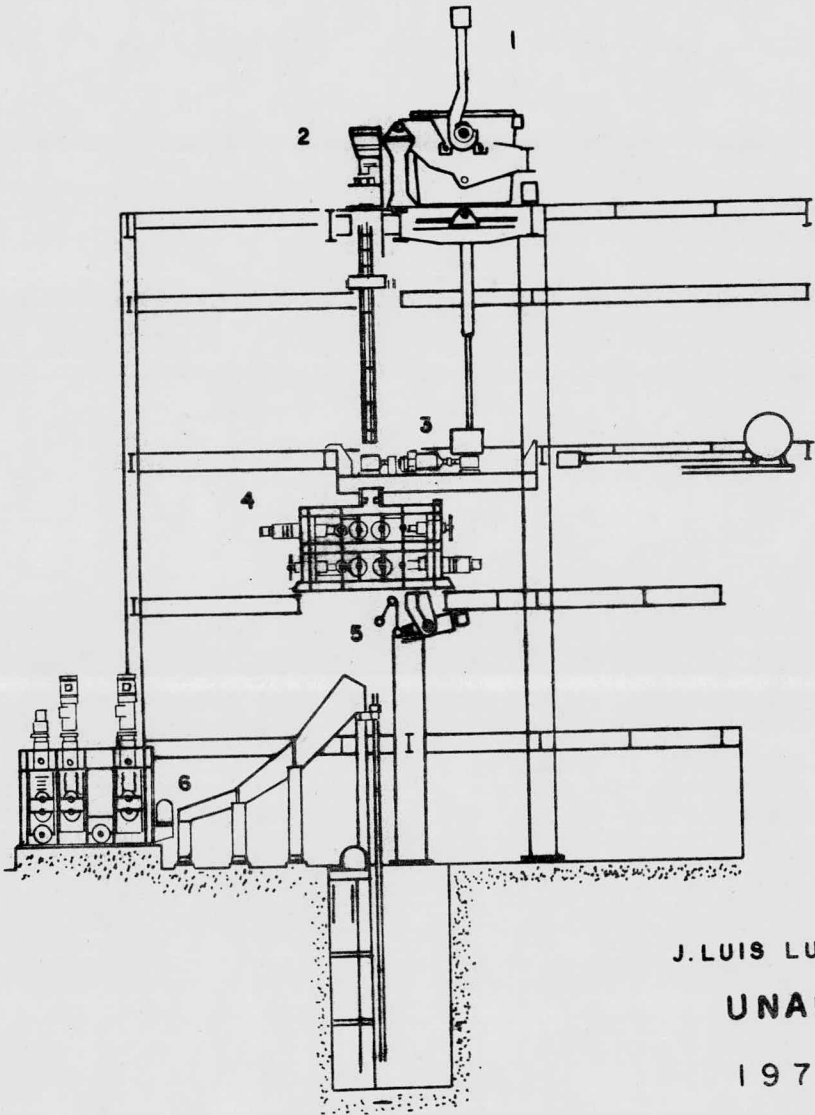
fig. 3·2



J. LUIS LUEGE T.
UNAM
1977

- 1.- GRUA
- 2.- OLLA DE COLADO
- 3.- ZONA DEL DISTRIBUIDOR
- 4.- PISO DE VACIADO
- 5.- ENFRIAMIENTO SECUNDARIO
- 6-7.- RODILLOS EXTRACTORES
- 8-9.- SISTEMA DE CORTE Y VOLTEO
DE LA PALANQUILLA

fig. 3-3



J. LUIS LUEGE

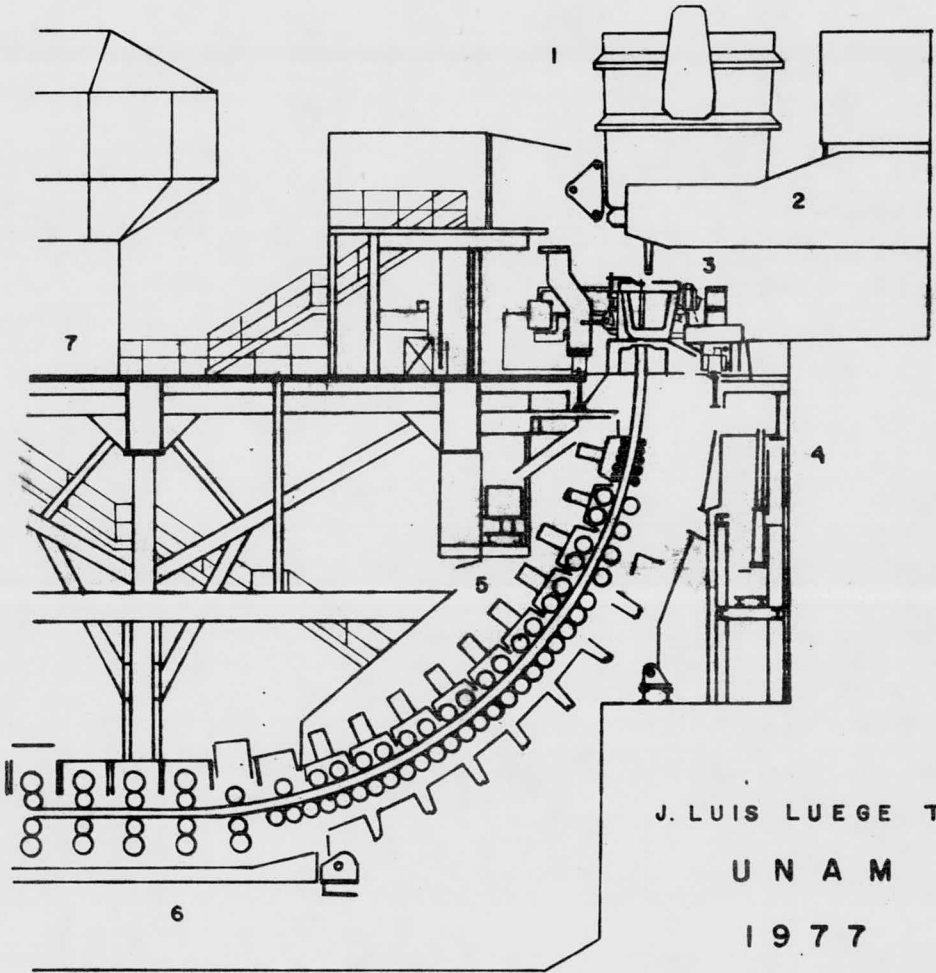
UNAM

1977

- 1.- OLLA
- 2.- DISTRIBUIDOR
- 3-4.- RODILLOS EXTRACTORES
- 5.- FLEXIONADOR
- 6.- RODILLOS ENDEREZADORES

El nivel de acero líquido en el molde es el que determinna la velocidad de la línea. Esto en la máquina funcionna automáticamente; cápsulas radiactivas de cobalto 60_ emiten radiaciones recibidas por un detector de rayos - gamma, en el momento en que el nivel alcanza esta línea de rayos, la máquina arranca y así se sigue controlando.

fig. 3·4



J. LUIS LUEGE T.

U N A M

1977

- 1.- OLLA
- 2.- TORRETA
- 3.- DISTRIBUIDOR
- 4.- ZONA DE ENFRIAMIENTO SECUNDARIO
- 5.- RODILLOS EXTRACTORES
- 6.- RODILLOS ENDEREZADORES

C A P I T U L O

I V

EL DISTRIBUIDOR

- 4.1) DEFINICION
- 4.2) DIFERENTES TIPOS
- 4.3) CONSTRUCCION Y REVESTIMIENTO
- 4.4) CARACTERISTICAS DEL REFRACTARIO
- 4.5) LAS PLACAS AISLANTES

4.1) DEFINICION

El distribuidor, es la artesa intermedia sobre la cual vacía la olla y que reparte el metal fundido en uno o varios chorros iguales. Representa la última línea de refractario a través del cual pasa el acero antes de solidificar.

Su función es principalmente la de recibir el acero proveniente de la olla, contener el metal fundido con pérdidas mínimas de calor y entregar el acero limpio (libre de productos de oxidación o inclusiones), al molde constantemente.

4.2) DIFERENTES TIPOS

Siendo el distribuidor un elemento de la máquina de colado continuo, los hay de tan diversas formas como también existen diferentes diseños de máquinas. Concast, Demag, Danieli, Koppers, Voest Alpine, Intercast, Olsson, ----- Mitsubishi, etc., son diferentes firmas que proponen el distribuidor de acuerdo al modelo de la máquina que construyen.

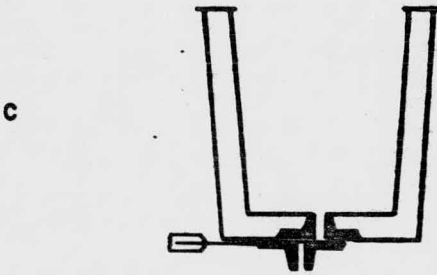
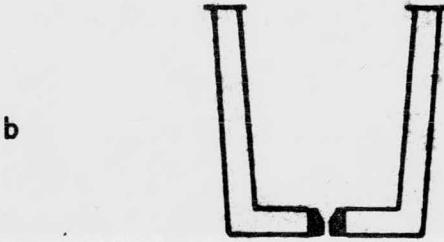
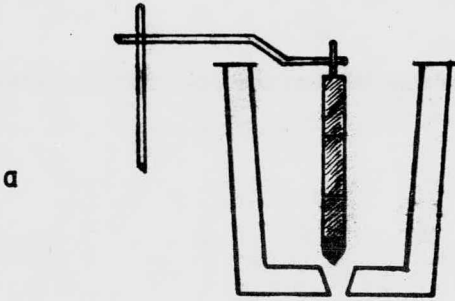
Algunas veces se clasifica a los distribuidores de acuerdo a la manera de vaciar en:

- a) de barra tapón
- b) de boquilla
- c) de válvula deslizante (fig. 4.1)

Sin embargo, normalmente se les diferencia en base a su forma física en:

- a) Tipo " V "
- b) Tipo " T "
- c) Tipo Recto

fig. 4-1

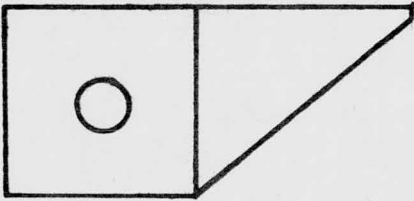
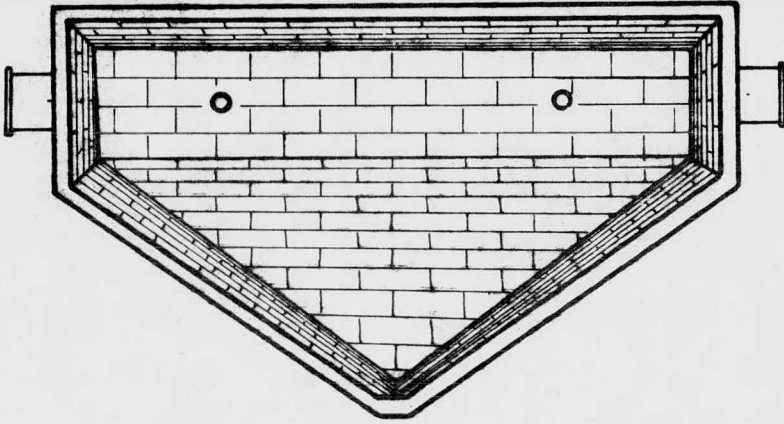


J. LUIS LUEGE T.

UNAM

1977

fig. 4.2

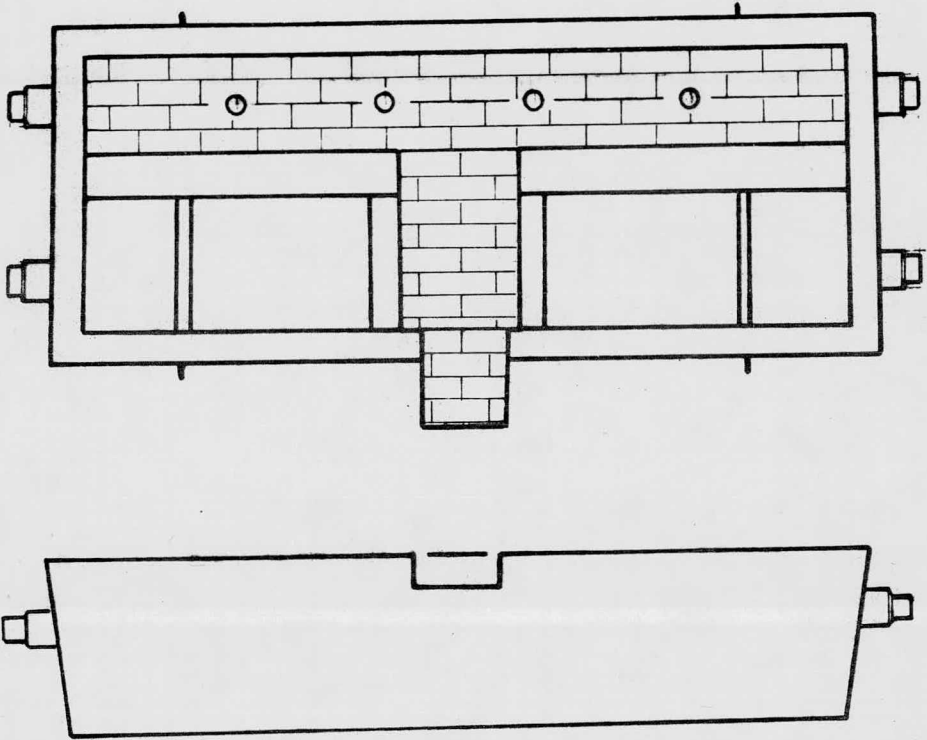


J. LUIS LUEGE T.

U N A M

1977

fig. 4.3



J. LUIS LUEGE T.

U N A M

1 9 7 7

a) Tipo " V "

Se emplea generalmente para máquinas donde la olla vacía por sifón o tetera, tiene la ventaja de que el chorro de acero no golpea directamente sobre el fondo, logrando -- así que el desgaste de refractario sea menor. Se usa -- normalmente en máquinas de uno o dos hilos de poca capacidad de refractario para su revestimiento, además presenta por su forma, mayores dificultades en cuanto a colocación y armado de las paredes refractarias. (fig. 4.2).

b) Tipo " T "

Estos distribuidores tienen una extensión o nariz por la que reciben el metal y por lo cual se les dá este nombre Aunque lo que parece más lógico es que la olla vacíe directamente sobre el distribuidor, sin embargo en varios tipos de máquinas de colado continuo la boquilla de la olla, ya fija en la parte superior de la máquina, no coincide con el distribuidor, el cual lógicamente permanece inmóvil sobre los moldes. Debido a ésto es por lo que se le construye una extensión, para que pueda ahí recibir el metal, (fig. 4.3). De no ser así, habría que construir un distribuidor demasiado grande con innumerables desventajas.

El mantenimiento de este tipo de distribuidores presenta también algunas inconveniencias, como por ejemplo: en las esquinas que forman las paredes de la nariz con la pared del distribuidor, no hay "amarres" que sujeten el ladrillo, lo cual traerá problemas derivadas de la dilatación del material. Emplea menos tabiques que el anterior pero aún sigue siendo considerable su consumo de refractario; hay zonas donde el desgaste de éste es sumamente fuerte como son las paredes cercanas al lugar donde golpea el chorro, donde además de haber impacto, se crea una turbulencia bastante violenta, fomentada además por la estrechez de las paredes de la nariz.

c) Tipo Recto

Es el más simple de todos y el que ofrece mayor número de ventajas. Su forma es sencilla al igual que su construcción; es un cajón de paredes rectas con un pequeño ángulo de salida.

No hay esquinas sin amarres, lo cual elimina los problemas que presenta el tipo anterior. Se emplea menor cantidad de ladrillos en el revestimiento y su colocación es también más sencilla. Cuando se emplean placas aislantes para recubrirlo. (debido a su forma sencilla, este tipo es el más adecuado).

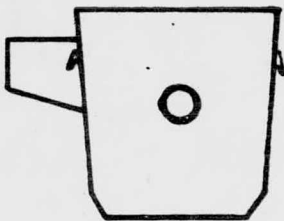
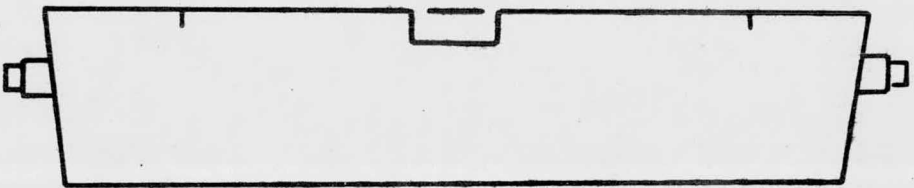
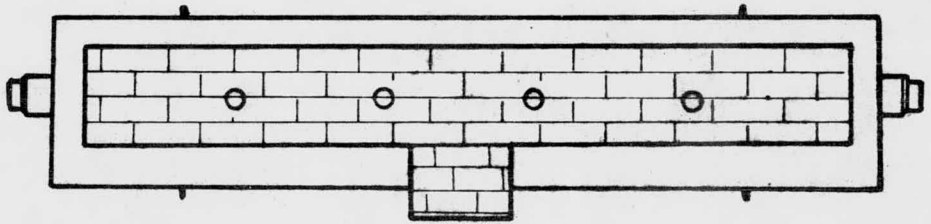
Otra gran ventaja en este tipo de distribuidor es que una vez soportado el primer impacto del chorro de metal, al subir el nivel del acero líquido se convierte éste en un colchón que elimina los serios problemas de erosión que se produce en los casos anteriores. (fig. 4.4).

4.3) CONTRUCCION Y REVESTIMIENTO

Para la construcción del distribuidor se toman en cuenta varios aspectos:

- a) Por consideraciones de dilatación, es necesario que las paredes del distribuidor tengan un cierto ángulo de salida al igual que las cajas de fundición, esto facilita la colocación de los ladrillos y la limpieza del distribuidor. Un ángulo de 10° es considerado adecuado en la práctica.
- b) Las paredes de la carcasa del distribuidor deben ser suficientemente resistentes y reforzadas para soportar la tremenda presión metalostática. Normalmente se emplean placas de $3/4"$.

fig. 4.4



J. LUIS LUEGE T.

U N A M

1977

c) La capacidad del distribuidor se determina en función de:

- número de hilos
- capacidad de la olla
- sección de vaciar
- velocidad de la máquina.

Revestimiento:

El distribuidor se recubre con dos forros refractarios, el forro de protección y el de trabajo.

El forro de protección se conoce generalmente con el nombre de teja, debido a la forma en que los ladrillos son colocados de canto. Para éste se usan casi siempre tabiques de 228.6 mm X 114.3 mm X 19.05 mm, de regular calidad de sílice-alúmina (36.5% Al_2O_3 ; 58.5% SiO_2).

El forro de trabajo varía dependiendo del proceso que se siga: para distribuidores calientes, llena exigencias mayores de calidad y resistencia que en el proceso de distribuidores fríos, donde el forro de trabajo basta que sea de mediana calidad pues sobre éste se van a colocar las placas aislantes.

Distribuidor caliente:

Se usan normalmente tabiques de 228.6 X 114.3 X 76.2 mm ó de 330.2 X 114.3 X 76.2 mm de alta calidad. Son tabiques de gran resistencia a la corrosión-erosión de alta alúmina y de magnesita. Esto se debe a que en este caso, el distribuidor se precalienta a muy alta temperatura -- (aproximadamente a 1300°C), de tres a cuatro horas antes del vaciado y después tiene que soportar el trabajo durante una o dos horas en contacto con el acero fundido, para lo cual tiene que llenar los requisitos de muy alta resistencia y poder así soportar la contaminación y erosión del acero líquido. Como podremos ver en el siguiente capítulo, este aspecto marca la principal diferencia entre los dos procesos.

Distribuidores frios:

En este caso, el forro de trabajo no se requiere de alta calidad puesto que no va a estar en contacto directo con el acero, hablando apropiadamente no es forro de trabajo, puesto que son las placas aislantes las que van a contener el acero fundido. Por lo mismo se emplean ladrillos de regular calidad, de las mismas dimensiones que para el caso anterior y con una composición igual a la del forro de protección.

En la figura 4.5 podemos apreciar un corte transversal del revestimiento para distribuidor frío y para distribuidor caliente, se puede ver como la placa viene siendo un revestimiento extra que protege a su vez el forro de trabajo.

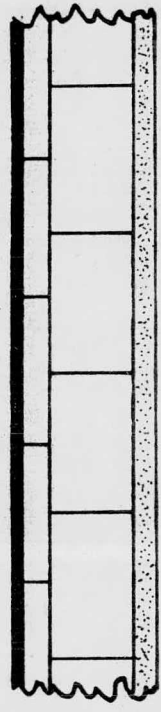
A continuación vamos a calcular la cantidad de ladrillos y el costo para el recubrimiento de un distribuidor frío y caliente, tomando como base las siguientes dimensiones: (medidas en cm hechas a un distribuidor recto en una Cía)

- base superior:	440 X 80
- base inferior:	420 X 76
- paredes longitudinales (2):	440 X 420 X 76
- paredes laterales (2):	80 X 76 X 76

Considerando que las paredes son trapecios y que la base superior no se cuenta, son cinco las caras que tenemos que forrar con la siguiente superficie total:

1)	32 680	cm ²
2)	32 680	"
3)	5 930	"
4)	5 930	"
5)	31 920	"
<hr/>		
	109 140	cm ²

fig. 4.5



J. LUIS LUEGE T.

U N A M

1 9 7 7

Tomando en cuenta que los ladrillos del forro de protección van de canto y que los de trabajo se colocan acostados, se necesitan:

418 tabiques para protección

627 tabiques para trabajo

Para poder calcular el costo del revestimiento refractario vamos a considerar los siguientes precios tomados de la Compañía: Refractarios AP Green en marzo de 1977.

Apisonable Greenram 80 M para colocar las boquillas.....	5.5	\$/Kg
Cemento duraling 63 para pegar la teja.....	3.55	\$/Kg
Cemento megaling para el forro de trabajo.....	5.15	\$/Kg
Teja (228.6 - 114.3 - 19.05 mm) Ladrillo de 36.5 Al ₂ O ₃ ; 58.5 SiO ₂	9.97	c/pza
REG (228.6 - 114.3 - 76.2 en mm) Ladrillo de 36.5 al ₂ O ₃ ; 58.5 SiO ₂	11.96	c/pza
Misma composición (330.2 - 114.3 - 76.2) ...	20.95	c/pza
KRUZITE (228.6 - 114.3 - 76.2 en mm) Ladrillo de 70% Al ₂ O ₃	23.44	c/pza
FERROX X (ladrillo básico MgO) de alta resistencia (330.2 / 152.4 - 76.2).	89.80	c/pza
FERROX X (330.2 - 114.3 - 76.2).....	67.30	c/pza

Ahora bien, considerando que en ambos sistemas, el costo de apisonable, cemento duraling y megaling sea el mismo, la diferencia esencial estriba en que en el distribuidor

caliente tenemos que emplear para el forro de trabajo la drillos de alta resistencia, Kruzite para paredes y piso y Ferrox X en la zona de mayor turbulencia por el chorro de acero:

Teja.....	\$ 4,167.46 MN
Apisonable.....	220.00 "
Cemento duraling.....	142.00 "
Cemento megaling.....	412.00 "
617 ladrillos Kruzite.....	14,462.00 "
10 ladrillos Ferrox X.....	899.00 "
	<hr/>
	\$ 20,302.46 MN

En el caso de distribuidores frios, los primeros cuatro costos de la lista anterior son iguales, sin embargo los otros varían considerablemente.

Se emplean placas aislantes que para un distribuidor con estas dimensiones, tienen un costo de 1,100.00 pesos. Como el refractario de trabajo no va a estar en contacto -- con el metal, no necesitamos de requerimientos altos de pureza y resistencia y es suficiente un ladrillo de mediana calidad, generalmente en estos casos se usa el REG de 228.6 - 114.3 - 76.2 mm

Teja	\$ 4,167.46 MN
Apisonable	220.00 MN
Cemento duraling	142.00 MN
Cemento megaling	412.00 MN
627 ladrillos REG	7,498.92 MN
Juego de placas	1,100.00 MN
	<hr/>
	\$ 13,540.38 MN

Como se puede ver, la diferencia en costos de los revestimientos entre los dos procesos es una cifra bastante elevada y de tomarse en cuenta. En el siguiente capítulo veremos el ahorro de refractario, tomando en cuenta otras consideraciones.

4.4) CARACTERISTICAS DEL REFRACTARIO

El refractario es un material con un alto punto de fusión. Todo aquel recipiente en el cual se va a contener acero fundido tiene que estar recubierto de una pared refractaria que resista las altas temperaturas y la erosión del metal. Vamos a considerar algunas propiedades de los refractarios que se tienen que tomar en cuenta cuando se sigue el proceso de distribuidor caliente:

La selección de ese refractario es un factor crítico y depende de satisfacer una serie de requerimientos que garanticen confiable e ininterrumpidamente la función del distribuidor durante la operación.

Los más importantes son:

- 1) Refractarios adecuados que soporten las altas --- temperaturas del acero fundido.
- 2) Resistencia a la erosión en general y particularmente en el área de impacto del chorro procedente de la olla.
- 3) Capacidad de resistir el considerable abuso mecánico cuando en la limpieza se arrancan las costras de metal adheridas al refractario.
- 4) Suficiente resistencia al choque térmico, como la repentina exposición del acero líquido al empezar la operación.

Propiedades físicas del material de recubrimiento:

Considerando el proceso de erosión-corrosión, las propiedades más importantes en cuanto a la función del distribuidor de recibir el metal, controlar su temperatura y proveer acero limpio al molde son:

A) Contenido de alúmina:

El contenido de alúmina es significativo en este tipo de refractarios, porque a mayor contenido de alúmina, menos sílica y fundentes como titanatos, alcalis y óxidos.

Estos bajan el punto de fusión del refractario. La resistencia a la corrosión y la refractabilidad del ladrillo con alta alúmina, minimiza la posibilidad de inclusiones no metálicas. Desafortunadamente, el incremento de la densidad, trae consigo el aumento de la conductividad térmica del ladrillo que cuando tiene altos contenidos de alúmina, puede causar problemas térmicos con la consiguiente formación de la costra y las pérdidas totales de calor.

B) Resistencia:

Alta resistencia en refractarios es de mucha importancia para aplicaciones del distribuidor a altas temperaturas. Cuando más importante es la resistencia del ladrillo, es después de haber terminado el ciclo térmico, cuando la textura de su cara caliente está alterada por penetración del metal y óxidos y las costras de acero pegadas al refractario tienen que ser removidas cuando el distribuidor se prepara para la próxima colada. El removido de la costra es satisfactorio sólo si se produce una partición plana de la misma, de otra manera, se tirarán trozos de ladrillo. Los ladrillos debilitados por esfuerzos a altas temperaturas o alteraciones mineralógicas, son particularmente susceptibles de este tipo de destrucción. Para proteger el ladrillo es conveniente recubrirlo con una capa de mortero para que al arrancar la costra de acero caiga junto con ella y no deteriore el refractario, ahora bien, este mortero generalmente es de baja alúmina, lo que afecta el revestimiento refractario por corrosión. También se suele usar pintura refractaria que se fabrica a base de zirconio y que trabaja en la misma forma que el mortero.

Propiedades termofísicas:

Un aspecto muy importante del distribuidor que debemos considerar es precisamente lo relativo a las propiedades termofísicas de los refractarios. La cantidad de calor transferido del acero fundido al refractario es proporcional a la masa del refractario, su densidad, su calor específico medio y la temperatura media.

Puesto que el calor específico es en esencia el mismo para refractarios de baja y alta alúmina, el principal medio de control del flujo de calor para la selección de un material, es su densidad. Entonces la tendencia al encostrado inicial así como la pérdida de temperatura debidas al elevado flujo de calor, se verá disminuído por seleccionar un producto de baja densidad y baja conductividad térmica.

El camino práctico que se sigue es obtener un alto prelentado del revestimiento que al disminuir la diferencia de temperatura, evita el alto flujo de calor.

Selección del refractario para aplicación en el distri-buidor:

Un refractario adecuado para esta aplicación deberá tener la suficiente refractabilidad, alta resistencia en moderada y alta temperatura y buena resistencia a la corrosión y a la erosión; deberá tener resistencia al choque térmico y minimizará las pérdidas de calor. Es obvio que todos estos requerimientos no pueden ser combinados en un producto refractario simple, no en todos los casos se podrán cubrir los requerimientos teórico - prácticos; deberán satisfacer ciertas condiciones particulares.

Las tablas I y II, enlistan una variedad de refractarios propuestos para aplicación del distribuidor en diferentes casos. (4) (5)

De usar un 50% Al_2O_3 a el alta pureza 70% Al_2O_3 , aumenta la vida del refractario de 15 a 35 coladas por revestimiento. Los ladrillos bajos en alcalis y de baja porosidad, (A y B tabla II), aumentan un 10% la vida del estandar 70% Al_2O_3 .

Exámenes de la microestructura y del diagrama de equilibrio, confirman la importancia de 2 - 3% menos de porosidad y la pérdida significativa del contenido de alcali.

Se ha visto que un ladrillo 50 - 70% Al_2O_3 con un mortero compatible, dá máxima vida en cuanto a erosión corrosión y óptimo también desde el punto de vista económico.

Es necesario en la zona de impacto del metal, recubrir con un ladrillo de alta resistencia y refractabilidad -- tal como 90% Al_2O_3 ó de magnesita. Estos ladrillos son por supuesto altos en conductividad térmica y densidad -- y por lo tanto, la probabilidad de la formación de la costra de acero en su superficie es mucho mayor, así que se requiera de un sobrecubierto (pintura) aislante y de un alto precalentamiento.

Las dificultades operacionales en el removido de la costra, pueden superarse por varios caminos: por un lado es posible el uso de algún tipo de mortero que forme una capa vidriosa monolítica, esta capa se romperá fácilmente durante el removido de las costras, minimizando así el peligro de sacar y romper los ladrillos. Sin embargo la baja resistencia a la erosión corrosión de este tipo de ladrillos generalmente baja la vida del revestimiento y trae consigo un alto número de inclusiones en el acero.

Por otro lado, ladrillos de alúmina de alta resistencia pueden usarse si se emplean otros medios que minimicen las pérdidas de calor y la tendencia al encostrado.

El uso de compuestos liberadores de la costra, pueden mejorar grandemente esta condición, permitiendo el fácil levantamiento de la costra del distribuidor recubierto con ladrillo de alta alúmina.

Si en adición, calentadores de suficiente capacidad se ponen a precalentar el distribuidor sobre $1100^{\circ}C$, pero preferible a $1400^{\circ}C$, la diferencia de temperatura entre el revestimiento y el acero es pequeño y el flujo de calor se ve disminuido grandemente.

Estos pasos compensan las desventajas del ladrillo de alta alúmina mientras que al mismo tiempo se toman sus ventajas de alta resistencia a la erosión-corrosión y al trabajo mecánico.

Compuestos liberadores de la costra:

En orden de la resistencia a la penetración del metal, a la erosión y en particular a la caída del ladrillo durante el removido de la costra, una gama de productos bajo el nombre de "compuestos liberadores de la costra", han salido al mercado.

Estos materiales generalmente se aplican llanamente sobre el revestimiento refractario. Su composición varía de productos a base de arcilla quemada a minerales de cromo, de magnesita. Muchos contienen aditivos orgánicos. Mientras la selección de estos materiales es importante, estos solos, no aseguran un resultado satisfactorio, hay otros factores como:

- 1) Consistencia apropiada de la mezcla con agua y su aplicación por el trabajador.
- 2) Habilidad y buen control del precalentamiento del distribuidor.
- 3) Expansiones térmicas incompatibles entre el refractario y el recubrimiento.
- 4) Productos inconsistentes del lote que se suministra.

Se ha tratado de ver cual es el parámetro más importante para hacer trabajar a estos productos; pero son muchas las variables que en esto influyen: estabilidad del volumen de refractario sobre la habilidad de adherencia de la capa o lechareada, composición química y grosor de la capa, habilidad de retardar la penetración del metal, el efecto del vaciado, el contenido de agua, etc.

En la tabla 3 se pueden observar algunos tipos de compuestos liberadores de la costra con su composición y análisis de criba.

T A B L A I

PROPIEDADES DE LOS REFRACTARIOS PARA EL REVESTIMIENTO DE
DISTRIBUIDORES CALIENTES

CLASE	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	alcalis	densidad g/cm ³
REGULAR expandible	27	64	2.0	1.0	0.8	1.2	4.0	2.30
REGULAR no expandible	35	59	2.0	0.3	0.5	1.7	1.6	2.25
50% Al ₂ O ₃ expandible	50	44	1.3	0.5	0.2	1.0	2.0	2.40
50% Al ₂ O ₃ no expandible	51	44	1.7	0.1	0.3	2.2	0.9	2.46
60% Al ₂ O ₃ alta pureza	60	35	1.2	0.1	0.1	2.2	0.2	2.55
70% Al ₂ O ₃ estandar	72	23	1.5	0.2	0.2	2.9	0.5	2.58
70% Al ₂ O ₃ especial	70	25	1.0	0.05	0.07	3.1	0.1	2.60

T A B L A I
(continuación)

CLASE	porosidad aparente %	calor específico cal / g / °C	conductividad térmica cal / seg / cm ² / cm / °C
REGULAR expandible	12.3	0.24	0.0025
REGULAR no expandible	12.0	0.24	0.0025
50% Al ₂ O ₃ expandible	15.0	0.24	0.003
50% Al ₂ O ₃ no expandible	11.0	0.24	0.003
60% Al ₂ O ₃ alta pureza	14.2	0.25	0.004
70% Al ₂ O ₃ estandar	20.6	0.25	0.004
70% Al ₂ O ₃ especial	17.0	0.25	0.005

T A B L A I I

PROPIEDADES DE ALGUNOS REFRACTARIOS DE 70% Al_2O_3

TIPO	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	alcalis	densidad g / cm^3
A	70.3	25.4	3.1	1.0	0.05	0.07	0.1	2.57
B	71.5	24.4	2.3	1.3	0.1	0.1	0.3	2.67
C	69.0	27.0	2.5	1.3	0.2	0.2	0.3	2.59
D	71.8	23.0	2.9	1.5	0.2	0.2	0.5	2.58
E	70.2	24.0	3.0	1.6	0.1	0.1	1.0	2.65
F	72.5	20.7	2.9	2.2	0.3	0.3	1.0	2.56

T A B L A I I
(continuación)

TIPO	Porosidad aparente %	Módulo de ruptura Kg / cm ²		Subsidiencia bajo carga en caliente (en %)	
		1260 °C	1500 °C	1450 °C	1650 °C
A	17.1	147.6	50.0	-0.37	-6.94
B	16.3	168.5	45.5	-0.17	-6.33
C	18.6	81.7	28.0	-----	-10.40
D	20.6	58.9	20.6	-0.90	-12.47
E	20.8	99.3	25.8	-0.87	-12.50
F	19.9	78.9	19.6	-1.34	-9.07

4.5) Las placas aislantes:

El empleo de materiales aislantes en la industria del acero tiene ya varios años. Al finalizar la década de los 50 se les utiliza para la fabricación de mazarotas para lingotes y los resultados son excelentes, actualmente este es uno de sus principales usos en este terreno.

Es hasta 1972 cuando aparecen placas fabricadas de material aislante para utilizarse como revestimiento de los distribuidores en máquinas de colado continuo y desde entonces - han acarreado importantes beneficios para la industria siderúrgica. Actualmente se emplean regularmente por lo menos en un 30% de las plantas de colado continuo en todo el mundo. (6)

Aunque la operación de una mazarota y de una placa aislante es diferente, las propiedades requeridas para el aislamiento en los dos sistemas son similares.

Un buen aislante para contener acero fundido, deberá cumplir convenientemente ciertos requerimientos.

Cuando un gradiente de temperatura se establece a través de un cuerpo, la velocidad con la cual fluye el calor por él, depende de algunas variables. Durante el período inicial de transferencia de calor, la velocidad de conducción varía con el tiempo. No obstante, después de un tiempo finito se alcanza el estado estable. Vamos a considerar estas dos etapas separadamente:

Período inicial:

Bajo condiciones normales y dimensionales, el calor demandado por el aislante está gobernado por la capacidad térmica y la difusividad de temperatura del cuerpo por °C

$$C = M \cdot c$$

M = masa

V = volúmen

$$C = V \cdot d \cdot c$$

d = densidad

c = calor específico

Si las pérdidas de calor del aislante deben minimizarse en este período, la capacidad térmica deberá ser mínima. En otras palabras, los materiales aislantes deberán ser de bajo calor específico y baja densidad.

La difusividad de temperatura mide el cambio de ésta producido en la unidad de volúmen de material, por la cantidad de calor que fluye en la unidad de tiempo, de área y de espesor teniendo una diferencia de temperatura unitaria entre las caras. Esta es una medida de la velocidad de --cambio de temperatura dentro del aislante y consecuentemente afecta el tiempo necesario para que termine este período.

Aunque materiales con baja densidad, bajo calor específico y alta conductividad térmica alcanzan el equilibrio rápidamente, la realización de estas condiciones estables dependerá también de la eficiencia del aislante durante el estádo estable.

Estado estable:

Cuando se ha alcanzado el estado estable, el único factor que controla el flujo de calor a través del aislante, bajo cualquier combinación de temperaturas y condiciones dimensionales, es la conductividad. Esta debería ser tan baja como fuera posible. Así, considerando los requerimientos para el estado estable y el transitorio, un buen aislante debe tener bajo calor específico, baja densidad y baja conductividad térmica. Además obviamente, debe ser compatible y capaz de soportar los requerimientos físicos y refractarios del contacto con acero fundido.

Selección de materiales:

Lo dicho en el párrafo anterior y como se menciona al hablar de refractarios, este factor limita la selección de los materiales refractarios y se restringe a la flexibilidad de selección en el calor específico del material. Así

las ganancias térmicas mayores se obtienen minimizando la conductividad térmica y la densidad. Este fue precisamente el paso tomado en el desarrollo de las mazarotas.

Un método de fabricar aislantes fue inventado de tal manera que permitía materiales fibrosos y refractarios molidos moldeados en diferentes formas. La estructura aislante -- producida por este proceso, imitaba la forma de los aislantes bien conocidos como el corcho y la vermiculita, reemplazando las construcciones refractarias masivas de ladrillos y concreto, por una estructura esquelética de fibra y componentes granulados.

Este tipo de matriz, ha demostrado tener ventajas considerables sobre los refractarios comunes.

Así como crea una estructura compatible con la baja conductividad térmica, el método podría producir también materiales de muy baja densidad. La combinación de estas propiedades térmicas altamente ventajosas, con la capacidad de contener acero fundido, revolucionó la tecnología de las mazarotas aislantes sobre la década de los 60's.

Aislantes para distribuidores fríos:

Aunque este buen éxito demostró la viabilidad del concepto, éste no abrió el camino completamente para ser aplicado en los distribuidores fríos. En el campo de las mazarotas, los nuevos aislantes se compararon con los aislantes refractarios bajo condiciones de mínima turbulencia en el acero. La comparación en el colado continuo se hizo con refractarios altamente precalentados, trabajando con acero líquido y escoria muy turbulentos, dos factores más se consideraron:

- 1) El aislante, tuvo que modificarse para soportar la erosión debida a la turbulencia. Cualquier mejora en la resistencia al metal y a la escoria se puede lograr sólo a expensas de las propiedades aislantes ideales. Ya sea rellenos de refractarios -- granulados que se puedan usar, o la relación fibra-relleno puede ser alterada para lograr mayores resistencias y densidades.

- 2) Ya hechas tales modificaciones, los méritos de ese sistema pueden compararse con el sistema tradicional.

Se hicieron cálculos teóricos y mediciones prácticas y las pérdidas de calor a través de los ladrillos precalentados a diferentes temperaturas, fueron comparados con los ocurridos a través de las placas aislantes, tomando en cuenta las etapas transitoria y estable.

Se ha demostrado que una placa aislante (7) a 25°C tuvo una pérdida de calor similar a la de un ladrillo aluminosilíceo a 700°C en su centro, considerando que la temperatura de la cara caliente en ambos casos era de 1500°C. Este modelo representó un distribuidor forrado con ladrillos trabajando a 1000°C. Aparte de estos cálculos, la posibilidad de un sistema de distribuidores fríos se vió evidente.

Mediciones experimentales de las pérdidas de calor usando un instrumento AMITEC, fueron hechas principalmente durante el estado transitorio en una gamma de ladrillos comunes y forros de concreto con sistemas diferentes de soporte. La concordancia con los resultados calculados fue muy satisfactoria.

La comparación con el estado estable involucró mediciones en tiempos largos de la pérdida de calor a través de los diferentes sistemas. Nuevamente aquí, las placas aislantes demostraron una eficiencia equivalente a la de ladrillos precalentados, aunque la concordancia con los valores teóricos calculados no fue tan cercana.

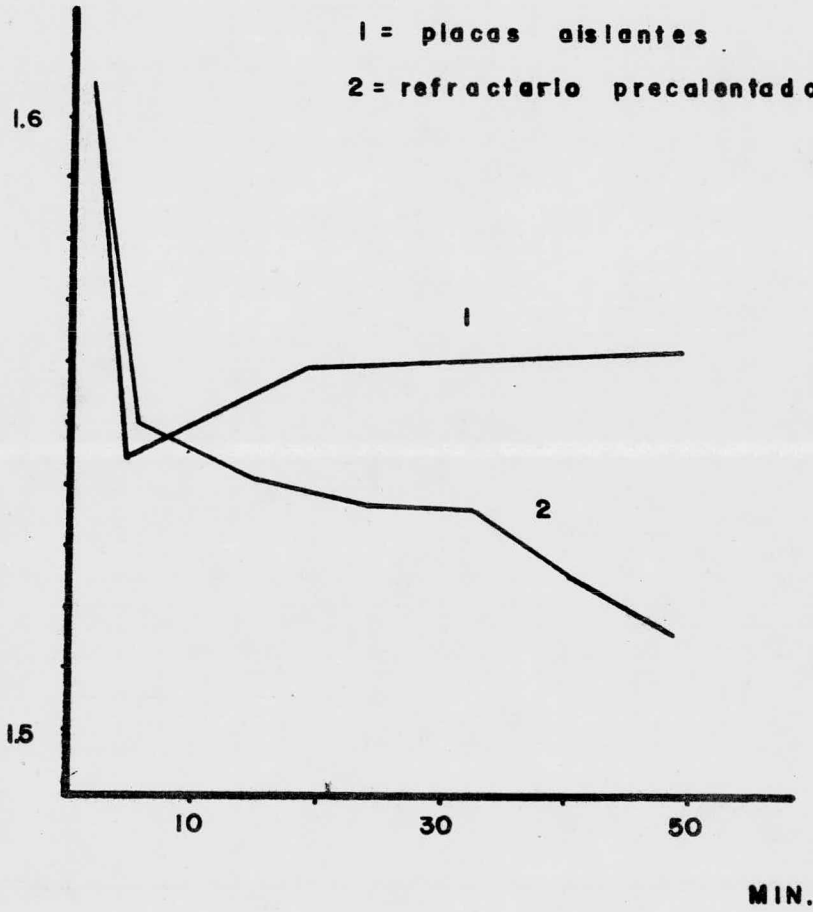
En la siguiente figura observamos las mediciones experimentales hechas en distribuidores precalentados y distribuidores fríos para aceros 1010 y las siguientes condiciones:

capacidad de la olla: 150 tn

capacidad del distribuidor: 17 tn

velocidad de flujo de metal en
el distribuidor: 150 tn/hr.

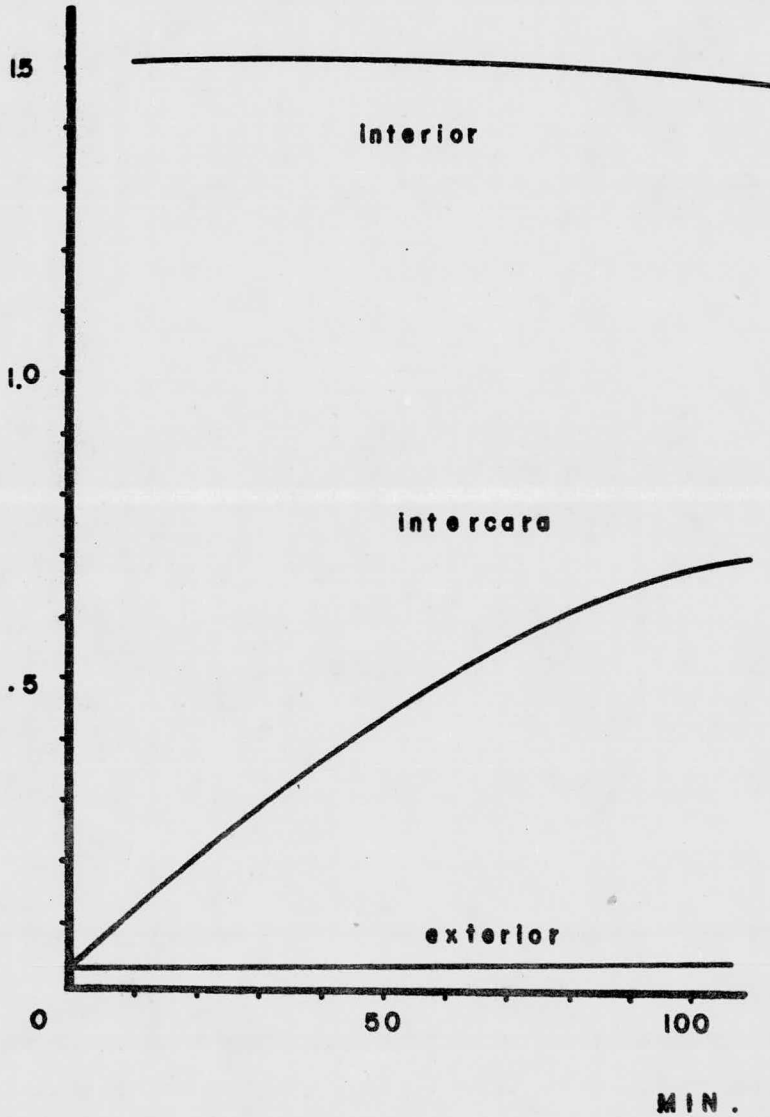
°C · 1000



TEMPERATURAS DEL DISTRIBUIDOR

VS. TIEMPO

°C . 1 000



Si comparamos estos resultados con los de un sistema convencional de distribuidores precalentados, veremos como en éstos la caída de temperatura en el interior del distribuidor es mucho mayor y el exterior de la carcasa llega a --- temperaturas cercanas a los 700°C y a veces más.

Composición de las placas aislantes:

Están compuestas básicamente de materiales refractarios molidos, de fibras orgánicas y cerámicas y resinas orgánicas que aglutinan el material.

Los materiales granulados, las fibras y algunas soluciones se mezclan, se les adiciona agua y se pasan a un tanque re-movedor hasta que la mezcla esté homogénea, se vierten en moldes sobre mesas de vacío para quitarles la mayor cantidad posible de agua y después en un horno se les quita el resto de humedad. Aunque los fabricantes no dan las especificaciones exactas en cuanto a composición química y propiedades físicas, las placas en forma general tienen el siguiente análisis:

SiO ₂	83 - 85	%
Al ₂ O ₃	1 - 2	%
Fe ₂ O ₃	1.00	%
MgO	1.00	%
alcalis	0.30	%
orgánicos	11 - 12	%

Propiedades físicas:

densidad	0.95 - 1.05 g / cm ³
color	beige

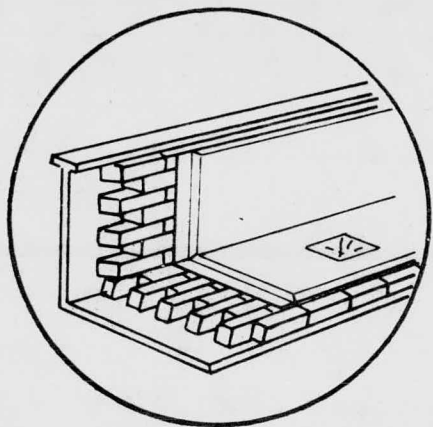
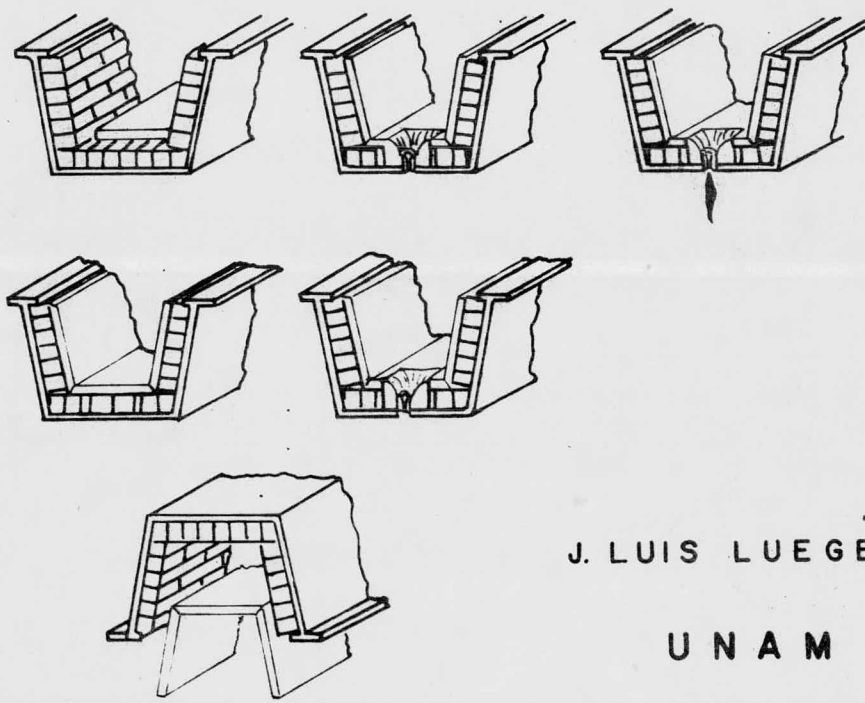


fig. 4.6



J. LUIS LUEGE T.

UNAM

1977

resistencia
transversal 30.00 Kg / cm²

En la figura 4.6 se aprecia la situación de la placa sobre el refractario y su caída al voltear el distribuidor para limpiarlo.

C A P I T U L O

V

VENTAJAS Y AHORROS EN EL EMPLEO DE LAS PLACAS AISLANTES

- 5.1) AHORRO DE ENERGIA
- 5.2) AHORRO DE REFRACTARIO
- 5.3) AHORRO DE MANO DE OBRA
- 5.4) DISPONIBILIDAD DE EQUIPO
- 5.5) CONDICIONES FAVORABLES DE TRABAJO
- 5.6) LIMPIEZA DEL ACERO
- 5.7) AHORRO ANUAL
- 5.8) ALGUNOS CASOS DE COMPAÑIAS QUE CAMBIARON SU PROCESO EN MEXICO

Se ha tomado como base para el análisis de este capítulo - una planta semi-integrada, mexicana, que tiene tres hornos eléctricos de 20, 30 y 50 tn., con planta de colado continuo de cuatro hilos para palanquilla de 88.9 X 88.9 mm.

Su producción mensual es de 15,000 tn., y emplea en el colado continuo distribuidores de las siguientes dimensiones (en cm.): 440 80 76, tipo recto. Hace dos años cambian el proceso de distribuidor caliente a distribuidor ---frio.

5.1) AHORRO DE ENERGIA

Cuando el distribuidor no se recubre con placas aislantes, para evitar pérdidas de calor, es necesario precalentarlo hasta 1,300°C por lo menos. Para cubrir las necesidades de una planta como la que se toma como base, se requiere de cuatro estaciones precalentadoras de dos quemadores y con un poder calorífico cada una de:

$$2,520,000 \text{ Kcal/hr} \quad (8)$$

Si consideramos que una estación tarda 3 hrs., en precalentar un distribuidor hasta esa temperatura y que 1 m³ de gas natural tiene un poder calorífico de 8,900 Kcal., el consumo de gas natural para el precalentamiento de cada distribuidor será:

$$2,520,000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}} \times 3 \text{ hr} \times \frac{1 \text{ m}^3}{8,900 \text{ Kcal}} = 850 \text{ M}^3$$

Como varios distribuidores se precalientan simultáneamente, las estaciones trabajan constantemente. De las cuatro estaciones, tres de ellas trabajan un promedio de 20 hrs., - diarias y la otra 8 hrs. Trabajando durante 350 días en un año el consumo de gas será:

$$\frac{850 \text{ m}^3}{3 \text{ hr}} \times \frac{68 \text{ hr}}{1 \text{ día}} \times 350 \text{ días} = 6,743,333.1 \text{ m}^3$$

Este consumo anual de gas natural se reduce al 99% cuando se emplean placas aislantes, para lo único que se emplea el gas es para secar el apisonable de las boquillas que -- contiene algo de humedad.

Energía eléctrica:

Cada estación de precalentamiento cuenta con un motor eléctrico de 5 HP para ventear aire a los quemadores. (9)

Puesto que trabajan el mismo tiempo, el consumo de energía eléctrica sería:

$$4 \times 5 \text{ HP} \times \frac{0.7457 \text{ Kw}}{1 \text{ HP}} \times 68 \text{ hr} \times 350 \text{ días} = 354,953.2 \text{ Kw - hr}$$

Para enfriar los distribuidores después del vaciado para poderlos reparar se utiliza un ventilador que tiene un motor eléctrico de 25 HP y que trabaja aproximadamente 20 -- horas al día, en un año consume:

$$25 \text{ HP} \times \frac{0.7457 \text{ Kw}}{1 \text{ HP}} \times 20 \text{ hr} \times 350 \text{ días} = 130,497.5 \text{ Kw - hr}$$

Este consumo de energía eléctrica cuando se emplean placas aislantes, significa un ahorro al 100%.

5.2) AHORRO DE REFRACTARIO

Como vimos en el capítulo anterior, el forro refractario del distribuidor cuando se emplean placas aislantes es mucho más económico debido principalmente a que no se emplean ladrillos de alta calidad.

Si tomamos en cuenta que las placas aislantes se cambian cada vez que se baja el distribuidor, pero que normalmente hay dos, tres y en algunas ocasiones se hacen hasta cuatro empalmes, es decir, que se unen las vaciadas de dos o más hornos continuamente en el mismo distribuidor, sacando la vida promedio de las placas en base a un año, se puede asegurar que es de dos vaciadas.

También vamos a considerar aquí que con las placas, el recubrimiento refractario aumenta su vida un promedio de 12 veces como se puede constatar en los ejemplos del último inciso de este capítulo.

Además, cuando no se emplean las placas, la zona de mayor turbulencia donde cae el chorro de acero, se refuerza con ladrillos de alta resistencia, en el caso contrario no hay necesidad de emplearlos.

Un aspecto importantísimo que no hemos considerado en el refractario de las tapas. Los distribuidores además de -- que se adiciona aislante a la superficie del metal, utilizan tapas para proteger a los operadores de salpicaduras y evitar pérdidas de calor. Pues bien, en el sistema convencional, desde el precalentamiento se ponían las tapas del distribuidor, incluso se les sellaba con algun mortero para que se guardara más el calor, como los quemadores de -- las estaciones precalentadoras apenas y entran por los orificios de las tapas, la temperatura en esta zona llega a ser tan alta que no la resisten los refractarios de las tapas. La estructura de éstas por la elevada temperatura se deforman y hechan a perder.

Las tapas para un distribuidor con las dimensiones anotadas al principio, necesitan 180 ladrillos REG (alúmina sílice de regular calidad).

Con este sistema, las tapas se revestían dos veces al mes, siguiendo el sistema de distribuidores frios durante hasta un año sin ningún problema.

Para ilustrar este ahorro de refractario, vamos a poner como ejemplo el caso de esta misma compañía, que cuando cambiaron a distribuidores frios la vida del refractario aumentó de 15 a 190 vaciadas, después de las cuales el recubrimiento se cambiaba totalmente tanto el forro de protección como el de trabajo. (10)

Esta Compañía hace 12 vaciadas al día, en un año hará:

$$12 \times 350 = 4,200$$

Esto quiere decir que si usamos placas aislantes cada 190_ vaciadas había que forrar un distribuidor o sea, que en un año se forraban 22 distribuidores. En el otro caso, cada_ 15 vaciadas había que hacerlo o sea, en un año se forraban 280 distribuidores.

En un año:	SIN PLACAS	CON PLACAS
Forro nuevo	280 veces	22 veces
Placas	ninguna	2,100 juegos
Ladrillo tapas	24 veces	ninguna
Ladrillo alta calidad	280 veces	no se usan

Sin lugar a dudas el ahorro de refractario es la principal y mayor conveniencia de los distribuidores frios. Representa grandes utilidades para aquellas compañías que emplean este sistema en el colado continuo.

5.3) AHORRO DE MANO DE OBRA

Cuando se emplean placas aislantes, se requiere de menos mano de obra, principalmente por la mayor rapidez de limpieza del distribuidor. En algunas plantas que cambiaron el proceso, el tiempo de limpieza y preparación disminuyó de 3 a 5 veces.

Cuando el distribuidor es precalentado, residuos de escoria incrustados entre los ladrillos cercanos a los quemadores, se licuan por las altas temperaturas y solidifican nuevamente en el fondo y en las boquillas donde la temperatura es inferior; esto ocasiona muchas veces serios problemas pues por esta causa se tapaban las boquillas y tan sólo para esto se necesita un obrero que cuide y limpie constantemente las boquillas.

En las plantas que han cambiado el proceso a distribuidores fríos se emplean de 6 a 3 obreros menos en estas operaciones, lo cual implica un buen ahorro al año.

5.4) DISPONIBILIDAD DE EQUIPO

Un problema grave en las plantas de colado continuo es el que haya defasamientos en el tiempo, es decir, que por alguna circunstancia el distribuidor no tenga la temperatura adecuada en el momento de vaciar, o viceversa. Y no hay disponibilidad de equipo porque siendo indispensable el precalentamiento cuando no se emplean las placas aislantes, no se pueden tener en un momento dado más de uno o dos distribuidores listos para vaciar y si estos presentan algún problema se última hora, pues simplemente no se puede vaciar; o se hace, arriesgando la vida del personal y el equipo y con el peligro de tener pérdidas incalculables.

Cuando se emplean las placas aislantes, se evita el precalentamiento y con ello sus problemas derivados, la carcasa del distribuidor no se calienta más de 60°C y el refractario es protegido también por las placas, de tal suerte que aunque la temperatura del acero fundido sea superior a $1,530^{\circ}\text{C}$, el distribuidor permanece frío ahorrándose de esta forma el tiempo tan largo de enfriamiento.

Así que por este sistema pueden tenerse listos para vaciar los distribuidores que se quieran, los tiempos de limpieza más cortos y la rapidez y facilidad con que se colocan las placas hacen que se puedan tener en condiciones varios distribuidores a la vez.

Como se podrá ver en el último inciso de este capítulo las compañías cuando operaban con distribuidores calientes tenían más distribuidores y sin embargo menos disponibilidad de equipo.

Se evitan las estaciones precalentadoras y los ventiladores, teniendo más espacio libre en la zona de distribuidores. No hay movimientos para colocar los distribuidores en las estaciones y en el lugar de ventilación, además --

hay que considerar el ahorro de las estaciones de precalentamiento y los ventiladores.

Una estación de precalentamiento de esa capacidad actualmente cuesta: \$ 750,000.00 (precio dado por Marcoco S A Marzo 1977), cuatro estaciones implican una erogación de: \$3,000,000.00; el precio dado por la misma compañía para un ventilador con motor de 25 HP acondicionado para enfriar los distribuidores es de: \$350,000.00. Damos aquí los precios pues estos costos no los voy a tomar en cuenta para la evaluación del ahorro anual, sin embargo si se va a considerar el gasto de mantenimiento de las estaciones que es de: \$10,000.00, mensuales y también el consumo de energía.

Al usar placas aislantes hay un fuerte ahorro en la herramienta empleada sobre todo en la limpieza del distribuidor. Cuando se emplea el distribuidor caliente, una costra de a cero se adhiere a la superficie del refractario introduciéndose por los poros y entre las rendijas de éste, esta costra una vez enfriado el distribuidor se tiene que quitar por medios mecánicos. Pistólas neumáticas, cinceles, martillos, barretas, etc., representan un gasto excesivo en esta operación. Así que con el uso de placas aislantes no sólo podemos hablar de disponibilidad de equipo sino también de ahorro de equipo, que sumándose puede llegar a una considerable cantidad.

5.5) CONDICIONES FAVORABLES DE TRABAJO

En este aspecto, el empleo de placas aislantes ofrece ventajas incomparables, principalmente porque elimina los problemas inherentes a las altas temperaturas que se presentan en el sistema distribuidor caliente.

Cuando se forra con placas aislantes, la carcasa del distribuidor se mantiene a temperaturas cercanas a los 60°C mientras que en el caso contrario se llega hasta 700°C. Esto, además de ser peligroso, dificulta la labor de las personas que trabajan cerca de él, como por ejemplo los obreros que colocan cadenas para mover el distribuidor, co-

locar tapas, etc., los operadores que cuidan el buen funcionamiento de los moldes de la máquina en el momento de vaciar, tienen que hacerlo a unos cuantos centímetros del distribuidor, y si éste se encuentra a una temperatura calcinante, pues es obvio que esto represente serias dificultades; los obreros que dan mantenimiento al distribuidor, a pesar de que pasen varias horas tienen que hacerlo cuando esté aún caliente.

Pero el obrero no sólo tiene que soportar el calor, en el desprendimiento de la costra adherida al refractario ocupan bastante tiempo y es un trabajo muy pesado, mientras que cuando se emplean placas aislantes no sólo se evitan las inconveniencias de las altas temperaturas, sino que además el trabajo de limpieza y mantenimiento se hace con mucha facilidad puesto que la costra de acero cae junto con las placas calcinadas cuando se voltea el distribuidor.

Otra de las muchas ventajas de las placas aislantes, es que se puede mantener una mucho mayor limpieza en la zona de los distribuidores, pues en el caso contrario el volumen de escombros y de refractario es también mucho mayor.

Este es un factor decisivo para alcanzar altas eficiencias y definitivamente este nuevo sistema ha contribuido grandemente en este aspecto. Para el obrero encargado de la limpieza del distribuidor, las placas aislantes representan un trabajo ligero, limpio, seguro y agradable.

5.6) LIMPIEZA DEL ACERO

Otra ventaja que seguramente es una de las más importantes, puesto que se logra mayor calidad en los productos terminados, es que con las placas aislantes se reduce grandemente el número de inclusiones no metálicas en el acero.

Cuando no se emplean placas aislantes, desde el precalentamiento el refractario está expuesto a altas temperaturas, que después en el vaciado por la acción del metal líquido, y por la contaminación se erosiona fuertemente proporcionando así impurezas al acero.

A pesar de que la mayoría de los óxidos, por su baja densidad, flotan en el acero fundido, algunas impurezas son arrastradas por el flujo del metal hacia el molde donde por la solidificación quedan finalmente obstruidas en el acero.

Aunque en México no hay ningún estudio que demuestre que con el empleo de las placas aislantes se tienen menos inclusiones no metálicas en el acero, debido a que las plantas que cambiaron el proceso no llevaron un control estadístico de ello y a que otras iniciaron ya la operación de colado continuo con revestimiento de placas aislantes en sus distribuidores, sin embargo resulta obvio pensarlo así ya que en los distribuidores fríos el acero nunca está en contacto con refractario.

5.7) AHORRO ANUAL

Sin tomar en cuenta el costo de las estaciones precalentadoras, ni de los ventiladores, ni de otros equipos complementarios (herramienta por ejemplo), vamos a evaluar un ahorro anual tomando en cuenta lo siguiente:

- a) DISTRIBUIDORES Y TAPAS
- b) MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE GAS
- c) GAS
- d) ENERGIA ELECTRICA
- e) REFRACTARIO
- f) MANO DE OBRA

NOTA: Tomando siempre la misma base que al principio del capítulo.

a) DISTRIBUIDORES Y TAPAS

En esta compañía cuando no se empleaban las placas aislantes, por las temperaturas tan grandes que alcanzaba la estructura del distribuidor, por la presión metalostática y el ablandamiento de la carcasa, las paredes se deformaban de tal forma que el distribuidor perdía sus dimensiones. Había necesidad de comprar un distribuidor es de -----

\$90,000.00 MN y el de las tapas de \$12,000.00 MN, lo cual implica un gasto anual de \$612,000.00 MN

b) MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES PRECALENTADORAS

El mantenimiento de una sólo estación es de \$10,000.00 MN mensualmente.

$$10,000 \times 4 \times 12 = \$480,000.00 \text{ MN}$$

c) GAS

Cada estación utiliza 850 M³ de gas natural para el pre calentamiento de un distribuidor.

Un metro cúbico de gas cuesta en la industria \$0.20 MN -- lo cual implica que el precalentamiento de un distribuidor cuesta:

$$850 \text{ M}^3 \times 0.20 \text{ MN} \frac{\text{pesos}}{\text{M}^3} = \$170.00 \text{ MN}$$

Tomando en cuenta que las estaciones trabajan 68 horas diarias durante 350 días del año, el gasto en un año será:

$$\$56.70 / \text{hr} \quad 68 \text{ hr} / \text{día} \quad 350 \text{ días} = \$1,349,460.00$$

d) ENERGIA ELECTRICA

Por concepto de las estaciones:

$$354,953.20 \text{ Kw-hr} \frac{0.60 \text{ pesos}}{1 \text{ Kw-hr}} = \$212,971.92 \text{ MN}$$

Por concepto de ventilador:

$$130,497.5 \text{ Kw-hr} \frac{0.60 \text{ pesos}}{1 \text{ Kw-hr}} = \$78,298.50 \text{ MN}$$

e) REFRACTARIO

	SIN PLACAS	CON PLACAS
Forro nuevo	19,638.34 X 280	12,440.38 X 22
	= \$5,498,735.20 MN	= \$273,688.36 MN

	SIN PLACAS	CON PLACAS
Placas	-----	$1,100 \times \frac{4200}{2} =$ \$2,310,000.00 MN
Ladrillo tapas	2,152.8 X 24 = \$51,667.20 MN	-----
Ladrillo de magnesita	898.0 X 280 = \$251,440.00 MN	-----

Lo que nos dá un total de:

Sin placas:..... \$5,801,842.40 MN

Con placas:..... \$2,583,688.30 MN

Lo cual implica un ahorro anual de:

\$3,218,154.10 MN

que sin lugar a dudas es el ahorro más importante.

f) MANO DE OBRA

Considerando que con el nuevo proceso se dejen de emplear tres obreros en una Compañía como ésta, y que el ingreso mensual de un obrero es de: \$6,000.00 MN (con algunas horas extras e incentivos)

$3 \times 6,000 \times 12 = \$216,000.00 \text{ MN}$

Tomando en consideración estos factores, el ahorro anual sería de:

EQUIPO	\$ 612,000.00 MN
MANTENIMIENTO (estaciones)	480,000.00 MN
GAS	1,349,460.00 MN
ELECTRICIDAD	291,270.42 MN
REFRACTARIO	3,218,154.10 MN
	<hr/>
AHORRO ANUAL	<u><u>\$ 5,951,884.52 MN</u></u>

SIENDO LA PRODUCCION ANUAL DE 180,000 Tn -----

EL AHORRO POR Tn ES: \$33.00 MN

5.8) ALGUNOS CASOS DE COMPAÑIAS QUE CAMBIARON EL PROCESO EN MEXICO

Se analizan a continuación algunas de las ventajas que aportaron varios Clientes que consumen placas aislantes fabricadas en México.

CASO A

	REFRACTARIO	PLACAS AISLANTES
1) No. DE COLADAS AL DIA	6	10
2) CONSUMO REFRACTARIO	ALTO	MENOS 1/4 PARTE
3) APISONABLE EN BOQUILLAS	20 Kgs	12 Kgs
4) CONSUMO DE GAS	ALTO	NADA
5) ROTURA DE HILOS	10%	1%
6) VIDA DEL DISTRIBUIDOR	25 coladas	290 coladas
7) TIEMPO DE LIMPIEZA DEL DISTRIBUIDOR	1 hora	20 '
8) CALENTAMIENTO	1 hora 30'	25 '
9) CALENTAMIENTO DE OLLA PARTE SUPERIOR	NECESARIO PARA MANTENER TEMPERATURA	ELIMINACION
10) No. DE DISTRIBUIDORES EN OPERACION	6	3
No. DE TAPAS	6	1

11) ESTACION DE PRE CALENTADO	REFRACTARIO NECESARIA PA RA DISTRIBUI DOR	PLACAS AISLANTES ELIMINADA
12) EFICIENCIA METALICA	85 % 3,500 Tn/mes	96.5 % 6,000 Tn/mes

CASO B

1) No. DE COLADAS AL DIA	10	17
2) VIDA DEL DISTRIBUIDOR	15 coladas	190 coladas
3) CONSUMO APISONABLE	160 Kg/Dist	24 Kg
4) CONSUMO CROMO PLASTI CO	350 Kg/Dist	24 Kg
5) USO DE GAS	ALTO	SE ELIMINO
6) ROTURA DE HILOS	12 %	2 %
7) PRODUCCION	10,000 Tn/mes	15,000 Tn/mes
8) No. DE DISTRIBUIDORES EN OPERACION	21	7
No. DE TAPAS	15	3
9) LIMPIEZA DISTRIBUIDOR	1:30' - 2:30'	20'
10) EFICIENCIA METALICA	87 %	95 %
11) REGRESOS DE COLADA	5/mes	--
12) EMPALMES	2	3
13) CALENTAMIENTO	1:30 hrs	20'

CASO C

	REFRACTARIO	PLACAS AISLANTES
1) No. DE COLADAS AL DIA	5	8 a 9
2) VIDA DISTRIBUIDOR	15 coladas	195 coladas
3) CONSUMO APISONABLE	10 Kg	5 Kg
4) No. DE DISTRIBUIDORES EN OPERACION	7	3
5) CONSUMO DE GAS	ALTO	SE ELIMINÒ ESTACION
6) ROTURA DE HILOS	14%	2%
7) CALENTAMIENTO	1:20'	20'
8) LIMPIEZA	1:30'	20'
9) EFICIENCIA METALICA	80%	93%
10) COLADAS REGRESADAS	10/mes	1
11) CONSUMO DE REFRACTARIO	ALTO	BAJO
12) PRODUCCION	2,550 Tn/mes	4,000 Tn/mes

CASO D

	REFRACTARIO	PLACAS AISLANTES
1) No. DE COLADAS AL MES	457	572
2) PRODUCCION	32,000 Tn/mes	40,000 Tn/mes
3) No. DE DISTRIBUIDORES EN OPERACION	14	5
4) CONSUMO DE GAS	ALTO	BAJO
5) VIDA DEL DISTRIBUIDOR	40	200
6) OLLAS EN TRANSITO	1/2 hora	1 hora
7) EFICIENCIA METALICA	90 %	97 %
8) AHORRO DE REFRACTARIO	ALTO	BAJO
9) TERMINACION DE COLADAS DE ACEROS BAJO Y ALTO CARBON	PROBLEMA	SIN PROBLEMA
10) TAPAS DISTRIBUIDOR	12	4
11) MANO DE OBRA	9 PERSONAS	3 PERSONAS
12) LIMPIEZA DE ACERO	INCLUSIONES DE Al_2O_3	MAYOR LIMPIEZA

CONCLUSION:

El empleo de placas aislantes en el distribuidor, ha revolucionado el concepto de revestimiento refractario. - En pocos años se ha impuesto en la industria siderúrgica debido a todas sus ventajas que hacen de éste un sig tema práctico que enriquece más el Proceso de Colado -- Continuo de tanta importancia en México y en el mundo entero.

Estas ventajas de las que hemos venido hablando y que abaratan el costo del acero por este proceso, dado el impulso tan grande que tiene en el País, son trascendentes para un mejoramiento económico. A continuación y a manera de resúmen vamos a enlistar las principales de ellas, con lo cual damos por concluído este trabajo cuya finalidad no ha sido agotar el tema sino abrir a un estudio la consideración de usar Distribuidores frios para la máquina de colado continuo.

- AHORRO EN EL COSTO DE REFRACTARIO INCLUYENDO TABI -- QUES Y MORTEROS.
- AHORRO EN EL COSTO DE PRECALENTAMIENTO Y ELIMINACION DE ESTACIONES DE PRECALENTADO Y AHORRO EN MANTENIMIENTO DE ESTACIONES.
- AHORRO EN EL COSTO DE MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DEL DISTRIBUIDOR Y SU CORRESPONDIENTE MANO DE OBRA.
- AHORRO EN EL COSTO DE TAPAS INCLUYENDO MANO DE OBRA, MAYOR DISPONIBILIDAD.
- MAYOR DISPONIBILIDAD DE DISTRIBUIDORES DISMINUYENDO DEMORAS POR FALTA DE ELLAS, REDUCIENDOSE EL AREA DE TRABAJO; MAYOR LIMPIEZA Y ORDEN.
- MENOR MANO DE OBRA

- MAYOR LIMPIEZA DEL ACERO
- MAYOR EFICIENCIA METALICA
- MEJORES CONDICIONES DE TRABAJO PARA LOS OPERADORES
- AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD POR MENOR NUMERO DE HILOS ROTOS Y PROBLEMAS DE TEMPERATURA ASI COMO DE FALTA DE DISTRIBUIDORES .
- MAYOR SEGURIDAD
- MENOR AREA Y MENOR INVENTARIO DE MATERIALES REFRACTARIOS COMO DE ESTRUCTURAS DE DISTRIBUIDORES Y TAPAS .
- POSIBILIDAD DEL USO DE REFRACTARIO DE MENOR CALIDAD Y CONSECUENTEMENTE MENOR COSTO .
- REDUCCION DE COSTO AL EFECTUAR EMPALMES DE COLADA .
- ELIMINACION DEL OXIGENO EN LIMPIEZA DE DISTRIBUIDORES Y EQUIPO CONTRA LA CONTAMINACION .
- MEJORAMIENTO EN LA FLEXIBILIDAD DE MANO DE OBRA .
- EL USO DE MATERIAL AISLANTE COMPLEMENTO DEL SISTEMA EVITA LA OXIDACION DEL METAL Y FORMA UNA CAPA PROTECTORA EN TODA LA COLADA
- FACILIDAD EN LA LIMPIEZA DE LOS DISTRIBUIDORES .
- AUMENTO EN LA VIDA DE LOS DISTRIBUIDORES .
- MAYOR CALIDAD DESDE EL PUNTO DE VISTA METALURGICO .

BIBLIOGRAFIA:

- 1) Estudio hecho por la Unidad de Tecnología de ILAFA para el colado continuo en Latinoamérica.
Rev. Siderúrgica Latinoamericana # 204 Abril '77
- 2) - The Steel Industry of México
 - R. Paez Garza
El desarrollo de la Industria Siderúrgica Mexicana
Rev. Siderúrgica Latinoamericana ILAFA # 134 June 1971
 - G. M. Bueno y F. González
La Industria Siderúrgica en México en los últimos años.
- 3) Aguilar M.
Consideraciones sobre la colada continua del acero
Rev. Cerámica y Vidrio Vol. 13 # 4 Jul-Agosto '74
- 4) R. L. Shultz and P. H. Schorth
Refractories for Tundish Applications
Armco Steel Co.
- 5) Ing. Juan Manuel Bravo
Refractarios usados en distribuidores de colado continuo
Cía. Mexicana de Refractarios A. P. Green S A
- 6 y 7)
J. H. Courtenay
Development of the garnex cold tundish lining system
Steel Times Feb 1977
- 8 y 9)
Consulta personal
Especificación dada por la Cía MOROCO S A
(fabricante de estaciones precalentadoras)

- 10) Consulta personal
Dato aportado por la Compañía OXALMEX S A (fabricante de placas aislantes en México)
- 11) Foseco in the steel making industry
Foseco steel mills international limited England
- 12) Garnex: Tundish liner system
Foseco steel mills international limited England
- 13) Especificaciones técnicas Garnex
Departamento técnico de FOSECO México, Tlalnepantla.
México
- 14) Oscar Tillero Silvia
Optimización de la energía por el uso de fibra cerámica fiberfrax
Rev. Siderúrgica Latinoamericana Nov '76
- 15) José Apraiz Barreiro
El hierro y el Acero en la Antigüedad
Ed. Vizcaina España 1960
- 16) Harbison Walker
Modern Refractory Practice
Mc. Grow Hill 1961
- 17) Ing. Elmar Wagener
Requisitos Metalúrgicos de la colada continua de acero
Demag A. G. Duisburgh-Alemania Marzo 30, 1973.