T
669.8
HAZr



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

****
****

"RECONSTRUCCION DEL REFRACTARIO DE LA PRECAMARA DE COMBUSTION DE UN SECADOR DE HARINA DE PESCADO"

INFORME TECNICO

Previa a la Obtención del Titulo de

INGENIERO EN MECANICA

Presentado por:

JOSE HAZ VILLACIS

****

Guayaquil — Ecuador

AÑO

1991

A G R A D E C I M I E N T O

Al INGENIERO ERNESTO MARTINEZ , Director del Informe Técnico, por la valiosa ayuda y dirección brindada para la realización de éste Informe.

A los directivos y al personal Técnico de la Portuguesa S.A. por su valiosa colaboración.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES

A MI ESPOSA E HIJOS.

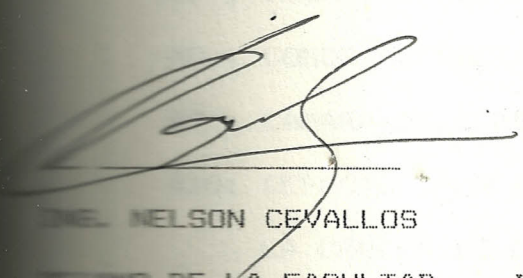
DECLARACION EXPRESA

DECLARO QUE:

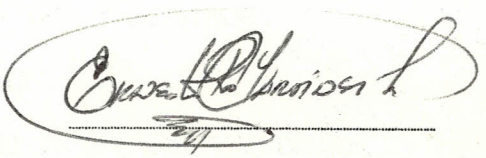
"Este Informe Técnico corresponde a la Resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de Informes Técnicos).

JOSE HAZ VILLACIS



ING. NELSON CEVALLOS
DECANO DE LA FACULTAD



ING. ERNESTO MARTINEZ
DIRECTOR DE INFORME TECNICO



ING. JORGE DUQUE
TRIBUNAL DE GRADO

INDICE DE FIGURAS

FIGURA #1 : DIAGRAMA DE FLUJO

#2 : CONJUNTO DE SECADO RUDD 200

#3 : CILINDRO SECADOR

#4 : PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN CICLON

#5 : REGULADOR DE TIRO.

#6 : CAMARA DE COMBUSTION

#7 : QUEMADOR HAUCH 786

#8 : CONOS REFRACTARIOS DEL QUEMADOR.

#9 : CAMARA DE COMBUSTION.

#10: DEFECTOS POR ABRASION EN LADRILLOS DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEBIDO A LA PRESENCIA DE POLVO EN LOS GASES DE RETORNO Y ESCORIA DE COMBUSTIBLE.

#11: CONO REFRACTARIO EXTERIOR TOTALMENTE DESTRUIDO POR EL ATAQUE DEL PENTOXIDO DE VANADIO.

#12: CONO REFRACTARIO EXTERIOR DESTRUIDO PARCIALMENTE POR ATAQUE QUIMICO DEL COMBUSTIBLE.

#13: CONO REFRACTARIO CON DEFECTO DE ABLANDAMIENTO Y AUMENTO DE POROSIDAD.

#14: ENCOGIMIENTO DE LADRILLOS REFRACTARIOS, JUNTAS ROTAS Y PRESENCIA DE ESCORIAS DE COMBUSTION.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

ANTECEDENTES.

I. ANALISIS DEL PROBLEMA

1.1 Descripción General del Proceso de secado.

1.2 Descripción de la Cámara de Combustión.

1.3 Defectos por abrasión, desgaste y ataque químico del combustible en el refractario.

1.4 Defectos por alta temperatura y choque térmico

1.5 Defectos por mala instalación del refractario.

II. SOLUCION DEL PROBLEMA

2.1 Características y Selección del material refractario.

2.2 Selección del procedimiento de instalación.

2.3 Ajuste de los parámetros de operación.

III. EVALUACION DE RESULTADOS

3.1 Eficiencia de combustión.

3.2 Calidad del producto final.

3.3 Análisis de costos de mantenimiento y por paradas forzadas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICE

ES NECESARIO COMPARARLO CON UN MAZO DE MADERA DURA,CON EL OBJETO DE EVITAR LA FORMACION DE BOLSAS DE AIRE E IRREGULARIDADES TAMBIEN SE PUEDE APRECIAR LOS ANCLAJES METALICOS FUNDADOS.

#25: VACIADO DEL CONCRETO EN DOS MOLDES, EL MOLDE SUPERIOR FUE INSTALADO LUEGO DE HABERSE LLENADO COMPLETAMENTE EL MOLDE INFERIOR, EL OBJETO DE LA INSTALACION DEL MOLDE SUPERIOR ES EL DE NO PERDER LA FORMA CONICA DE LA FUNDICION.

#26: CONO REFRACTARIO TERMINADO DE CONSTRUIR, DURANTE EL TIEMPO DE SECADO AL AIRE; NOTESE QUE SE HA DESMONTADO EL MOLDE SUPERIOR CON EL OBJETO DE PERMITIR MAYOR CONTACTO CON LA ATMOSFERA.

#27: CONO MOVIL,NOTESE LAS DEFORMACIONES EN LAS A- SAS PARA EL CENTRADO DE LA LLAMA.

#28: VISTA FRONTAL DEL CONJUNTO CONO INTERIOR Y MOVIL DESMONTADO

#29: VISTA POSTERIOR DEL CONJUNTO CONO INTERIOR Y MOVIL DESMONTADO.

#30: VISTA DEL CONO EXTERIOR DAÑADO ANTES DE SU DESMONTAJE.

#31: VISTA DEL CONO EXTERIOR RECONSTRUIDO MONTADO EN LA CAMARA.

#32: TRABAJO DE SOLDADURA EN EL INTERIOR DEL SECADOR.

#15: LADRILLOS REFRACTARIOS ASTILLADOS DEBIDO A ESFUERZOS NO UNIFORMES

#16: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN CONO REFRACTARIO EXTERIOR, NOTESE LA GRIETA PRODUCIDA POR ESTE EFECTO.

#17: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN LAS ALETAS INTERIORES DEL SECADOR, NOTESE LA RUPTURA EN LA UNION SOLDADA.

#18: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN UNA ALETA DEL SECADOR, MOSTRANDO UN ACERCAMIENTO DE LA RUPTURA DE LA UNION SOLDADA.

#19: ALETAS INTERIORES DEL SECADOR DESPRENDIDAS, LAS CUALES CAUSARON LA OBSTRUCCION DEL DUCTO DE SALIDA DE GASES

#20: ANCLAJE METALICO MAL DIMENSIONADO EN EL CONO REFRACTARIO INTERIOR.

#21: DIAGRAMA CPM DE LAS ACTIVIDADES PARA LA RECONSTUCCION

#22: MOLDE DE MADERA ANCLADO A LA ESTRUCTURA METALICA DEL CONO EFLECTOR DE LLAMA, NOTESE QUE ES NECESARIO UTILIZAR PERNOS DE ANCLAJES METALICOS PARA ASEGURAR EL MOLDE A LAS ESTRUCTURAS Y EVITAR DESCENTRAMIENTOS.

#23: ESTRUCTURA METALICA Y MOLDE DE MADERA HAN SIDO VOLTEADOS Y ESTAN LISTOS PARA RECIBIR EL CONCRETO, NOTESE LOS ANCLAJES METALICOS YA SOLDADOS Y ENVUELTOS CON PAPEL.

#24: VACIADO DEL CONCRETO REFRACTARIO EN EL MOLDE;

INDICE DE TABLAS

TABLA #1A CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR PRIMARIO

TABLA #1B CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR PRINCIPAL

TABLA #1C CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR PRINCIPAL

TABLA #2A CARACTERISTICAS DEL QUEMADOR HAUCK 786

TABLA #2B CAPACIDAD DEL QUEMADOR HAUCK 786

TABLA #3 LISTA DE MATERIALES

TABLA #3A DATOS TECNICOS DEL CONCRETO HASLE B-1500

TABLA #3B LADRILLOS AISLANTES

TABLA #3C DATOS TECNICOS DEL MORTERO UNIVERSAL

TABLA #3D MORTERO T-36

TABLA #3E LADRILLOS POROSOS

TABLA #4 CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE #6

TABLA #5A PROPIEDADES TIPICAS CONCRETOS REFRACTARIOS ALTA ALUMINA ERECOS

TABLA #5B PROPIEDADES DEL CONCRETO PUROCRETE DE ALTA PUREZA BAJO HIERRO

TABLA #5C PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO HASLE D1700A

TABLA #5D PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO KAOCRETE 30

TABLA #5E PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO ALTA TEMPERATURA REPSA.

TABLA #5F PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO KORKAST-70

TABLA #6 CALIFICACION DE LOS CONCRETOS REFRACTARIOS

TABLA #7A PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS MOREX

TABLA #7B PROPIEDADES TIPICAS LADRILLOS REFRACTARIOS SILICO ALUMINOSOS ERECOS.

TABLA #7C PROPIEDAD DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS B&W 80

TABLA #7D PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS REFRCTARIOS SILICO ALUMINOSOS SIAL 45RT

TABLA #7E PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS REPSA.

TABLA #8 CALIFICACION DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS.

TABLA #9 CARACTERISTICAS DEL MORTERO HARWACO BOND

TABLA #10 MATERIAL NECESARIO PARA LA RECONSTRUCCION DE LA CAMARA DE COMBUSTION

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

Los materiales refracarios empleados en las Cámaras de Combustión para secado de harina de pescado, estan sujetos a daños provocados por diversos factores.

El objetivo del presente informe técnico es analizar estos factores y dar soluciones concretas al problema.

En primera instancia se describe en forma general el conjunto Cámara de Combustión-Secador con recirculación de aire caliente empleado en una industria de harina de pescado.

Se estudia el material; diseño y construción original de la cámara de combustión y se analiza en base a los daños provocados por errores en la selección e instalación del material refractario, si nos conviene mantener en operación esta Cámara tal como fue concebida inicialmente.

Adicionalmente se enfoca el grave problema de mala combustión, temperatura y choque térmico que actúan como catalizadores del problema de destrucción del material de la Cámara.

Se estudia algunas alternativas de solución, centrando el

análisis en las características de algunos materiales, métodos y procedimientos de instalación de los mismos, y se seleccionan las que a nuestro criterio son las adecuadas para dichas condiciones de trabajo.

Las condiciones de Trabajo tuvieron que ser reajustadas para mejorar eficiencias y calidad del producto minimizando los riesgos que provocan la destrucción de la cámara.

Finalmente se evalúan los resultados obtenidos con esta reconstrucción, tomando en cuenta costos por mantenimiento; paradas forzadas, calidad del producto y ahorro de combustible.

ANTECEDENTES

Los grandes volúmenes de pesca y la demanda de harina de pescado en el mercado internacional, motivaron que a partir de 1984, las empresas dedicadas a la actividad pesquera estudien alternativas para futuras ampliaciones de sus instalaciones industriales.

La Portuguesa S.A., empresa pesquera con instalaciones industriales en la Península de Santa Elena, contrató el diseño, construcción y montaje de una moderna línea de producción de 60 ton/hora, con la compañía Danesa ATLAS INDUSTRIES A/S, la cual tiene cincuenta años de experiencia en trabajos de este tipo.

El montaje de esta línea de procesamiento se inició en Junio de 1985 y culminó en Diciembre del mismo año. En Enero de 1986 empezó el período de arranque, pruebas y ajuste de la maquinaria de producción.

Durante este período se detectaron fallas de diseño en algunos equipos, que sumados a la falta de entrenamiento y experiencia en la operación de los mismos, por parte del personal técnico y operadores de planta, ocasionaron paradas, que produjeron graves perjuicios económicos a la empresa.

Uno de los problemas más graves y que requirió algún tiempo resolver, fue el deterioro prematuro del material de uno de los conos del quemador y ladrillos refractarios de la cámara de combustión del secador; además de las roturas de las uniones soldadas de las aletas interiores del mismo.

Después de cuatro meses de operación de la cámara de combustión e interior del secador encontramos las siguientes novedades:

- Un cono del quemador se encontraba totalmente destruido.
- Los ladrillos refractarios de la cámara de combustión se encontraban desgastados por abrasión y algunos desprendidos.
- Algunas aletas interiores se habían desprendido por rotura en las uniones soldadas.

Estos daños tomaron por sorpresa, tanto al personal técnico de la empresa, como a los técnicos de ATLAS, ya que un daño de esta magnitud en tan corto tiempo no es común en este tipo de instalaiones.

Procedimos a cambiar el cono destruido por uno nuevo, suministrado por el fabricante, así como a reparar los desprendimientos de los ladrillos y a soldar las aletas

desprendidas. Todos los gastos de esta primera reparación fueron absorbidos por ATLAS A/S, pues el daño ocurrió dentro del período de garantía.

En base a esta esperiencia, se programó realizar chequeos mensuales de las partes afectadas, con el objeto de establecer el avance del desgaste de las mismas y su tiempo de duración.

Paralelamente, sblicitamos información y asesoría con compañías de venta de refractarios locales y del exterior, los técnicos de ATLAS enviaron a su país el cono destruido y fotografías de los daños para analizarlos y establecer las causas del problema.

De los chequeos periódicos se determinó que el deterioro del refractario avanzaba, se realizaron reparaciones de emergencia en vista de la demanda de producción y se procuraba trabajar los equipos de esta línea con el mayor cuidado posible.

El estudio de la informacion técnica y el análisis de las propiedades de algunos tipos de materiales refractarios, nos aclaró el problema y se determinó que eran tres o cuatro las causas que lo producían.

Estas posibles causas determinadas por nosotros, fueron confirmadas por los resultados de los análisis efectuados

por expertos de ATLAS en Dinamarca.

En Mayo de 1987, con mayores elementos de juicio y luego de haber realizado algunas reparaciones, decidimos dar una solución definitiva al problema ya que las contínuas paradas y lo costoso de las reparaciones ocasionaba graves perjuicios económicos a la empresa.

CAPITULO I

ANALISIS DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO DE SECADO.

El secado es la operación más importante del proceso de elaboración de la harina de pescado; ya que con el secado se obtiene la calidad del producto final.

Antes de describir el proceso de secado es conveniente conocer las operaciones previas a esta etapa. Estas operacionesse las explicaré con la ayuda del diagrama de flujo de la Figura #1, asumiendo que se procesan 1.000 kg, de pescado de propiedades físicas constantes.

El proceso de elaboración se inicia con el almacenamiento de materia prima en pozas de

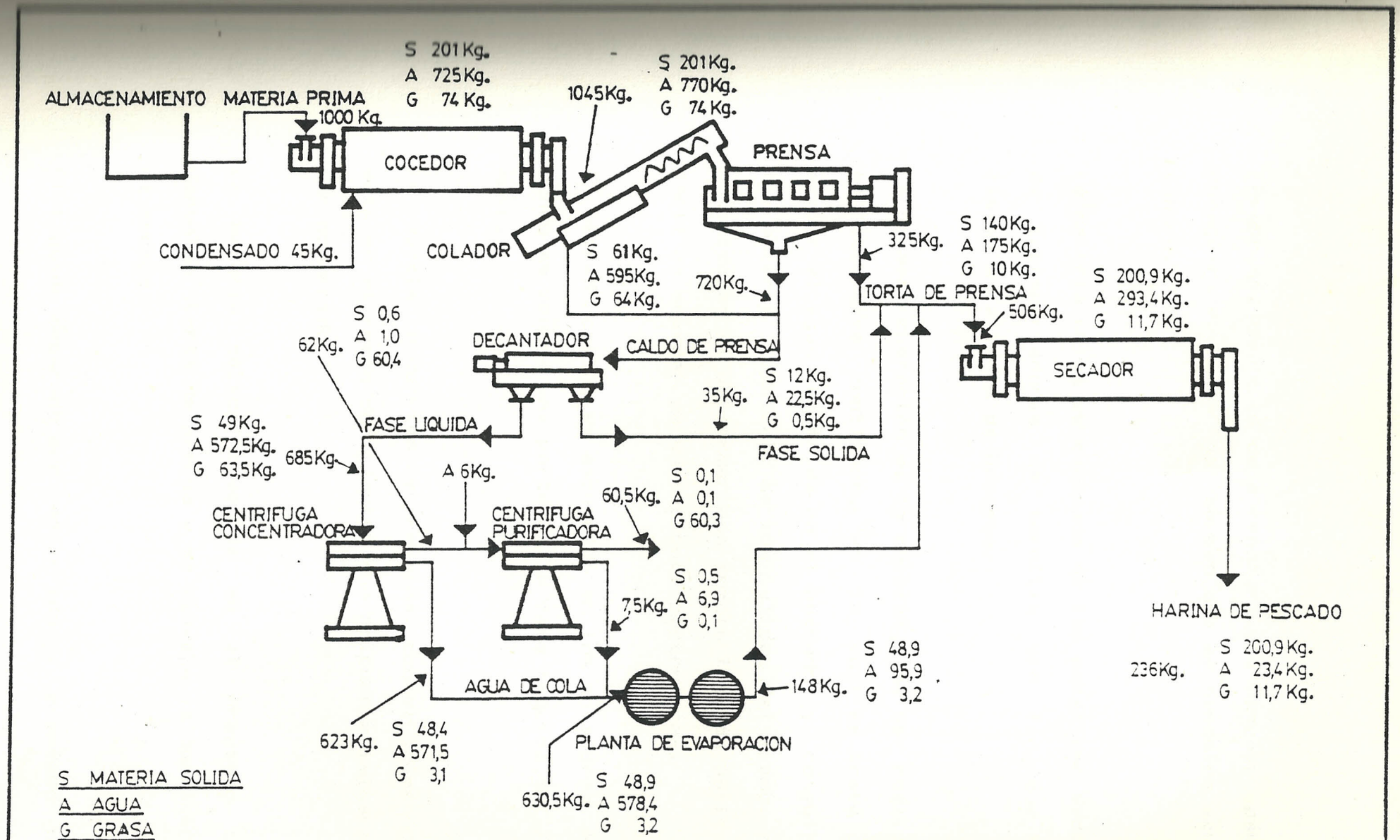


FIG. Nº1 — DIAGRAMA DE FLUJO

PLANTA DE HARINA CONVENCIONAL
Balance aproximado de masa

recepción, donde se deja reposar el pescado para desaguar el agua de bombeo que se denomina agua sangre.

La materia prima es evacuada de las pozas por medio de transportadores de tornillo sin fin que la llevan a la línea de proceso.

La primera operación es la cocción, que se realiza en cocedores contínuos, en la cual se trata de exudar el agua contenida en el pescado y coagular la materia coloidal de los tejidos del mismo, el objetivo es el de formar una mezcla líquida-sólida, fácil de separar en operaciones posteriores.

El pescado cocido es escurrido en los coladores, en donde se separa una parte de la fase líquida de la mezcla.

La mezcla escurrida es prensada, con el objeto de extraer el resto del líquido que no pudo eliminarse por escurrido.

La materia sólida obtenida en el prensado se denomina torta de prensa y se lleva a la operación de secado.

El líquido separado por escurrido y prensado se

en la Portuguesa S.A., este conjunto es mostrado en la Figura #2. Se describirá las características mecánicas y principios de operación de cada uno de sus componentes.

SECADOR

Consiste de un cilindro rotatorio con llantas, sus dimensiones son 3600 mm de diámetro por 18650 mm de longitud.

Este cilindro es accionado por un variador de velocidad que por piñones y cadena transmite su movimiento a un engranaje intermedio; que a sus vez hace girar otro engranaje de mayor diámetro ubicado a la periferia del cilindro, la velocidad de giro del cilindro secador varía entre 3 y 7 rpm.

Este cilindro se mantiene en posición horizontal y está apoyado sobre dos pares de ruedas.

La torta de prensa es alimentada por la parte superior del cilindro y cae por una rampa al interior del mismo. La torta de prensa avanza a lo largo del secador y entra en contacto con el aire caliente que fluye en sentido paralelo; esto causa una elevación gradual de la temperatura del material húmedo desde la entrada hasta la salida

denomina "Caldo de Prensa", y contiene todavía un porcentaje de sólidos y grasa.

Estos sólidos y grasa son separados del caldo de prensa por decantación y centrifugación del agua de la solución, tanto los sólidos decantados y el concentrado se mezcla con la torta de prensa antes de entrar al proceso de secado

El secado consiste en eliminar el líquido de un sólido por proceso térmico. En esta operación se producen dos procesos simultáneos.

1. Transmisión de calor para evaporar el líquido.

2. Transferencia de masa entre la humedad interna y el líquido evaporado.

La calidad y rapidez del proceso de secado depende de como se controlan estos dos procesos, lo cual depende de una serie de parámetros de operación que serán explicados más adelante.

Para realizar la operación de secado se requiere de algunos equipos mecánicos que trabajen en conjunto; este conjunto constituye la unidad de secado. Una de las unidades de secado más modernas del pais es el conjunto Rudd 200 de ATLAS INDUSTRIES, instalado

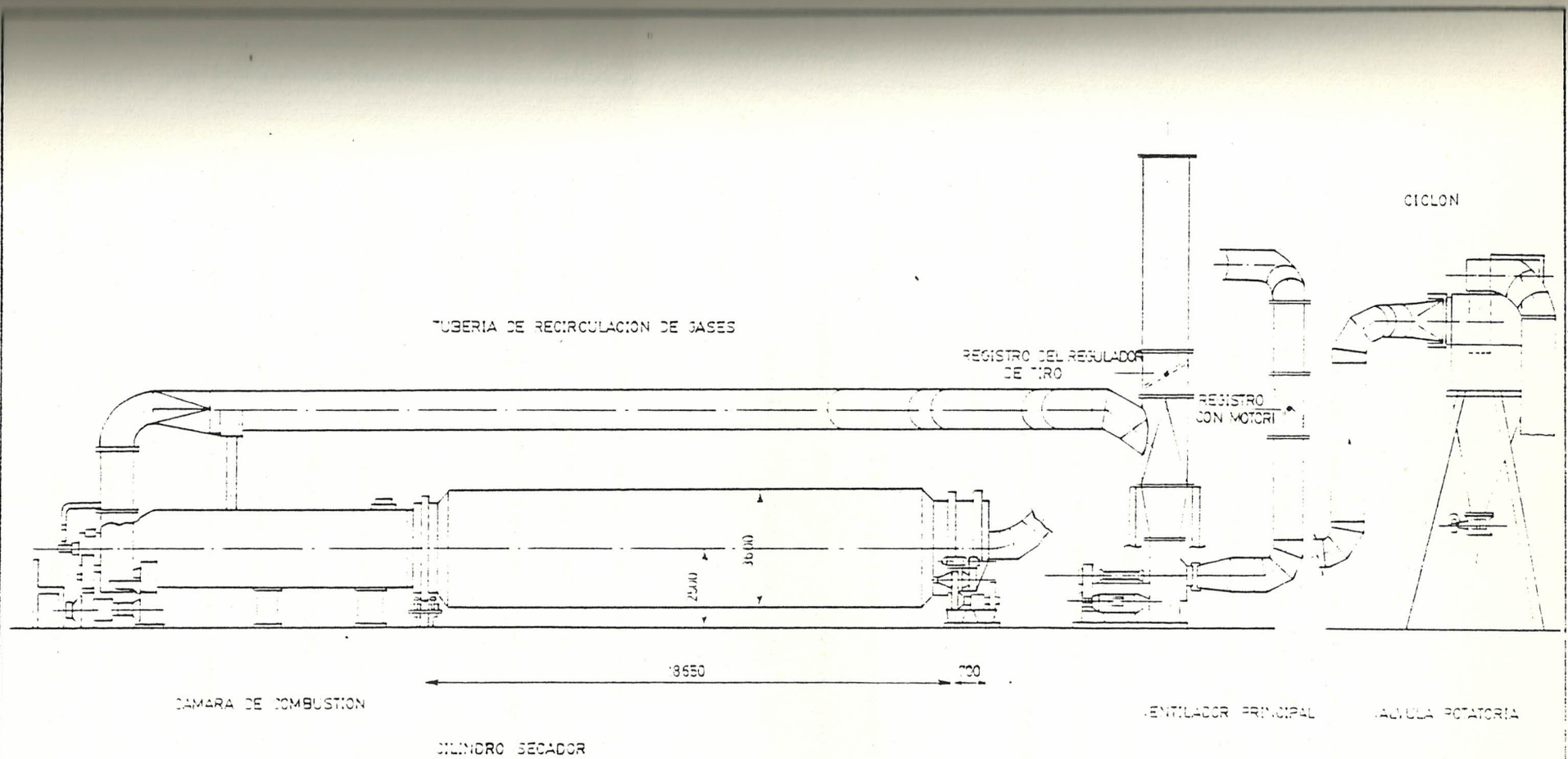


FIG. Nº 2	CONJUNTO DE SECADO RUDD 200
	DISPOSICION GENERAL

del cilindro.

La elevación de temperatura de la torta de prensa, provoca la evaporación de la humedad, la misma que es arrastrada por el flujo de aire caliente.

Con el objeto de esparcir el material humedo a través de los gases calientes que circulan por el interior del secador, el cilindro está equipado con aletas en su superficie interior.

La disposición de las aletas es importante, ya que deben diseñarse de tal suerte que eviten que el material quede retenido en el interior del secador.

La distribución general de las aletas en el secador Rudd 200 es mostrada en la Fig. 3, en el cual aparecen 5 tipos de aletas, que cumplen una función específica.

El primer grupo de aletas estan ubicadas en el primer tramo del secador, tienen forma de ángulo recto y sirven para remover el producto que ingresa en el secador, evitando su derrame.

Estas aletas al girar el cilindro alimentan el material a un segundo grupo de aletas distribuidas

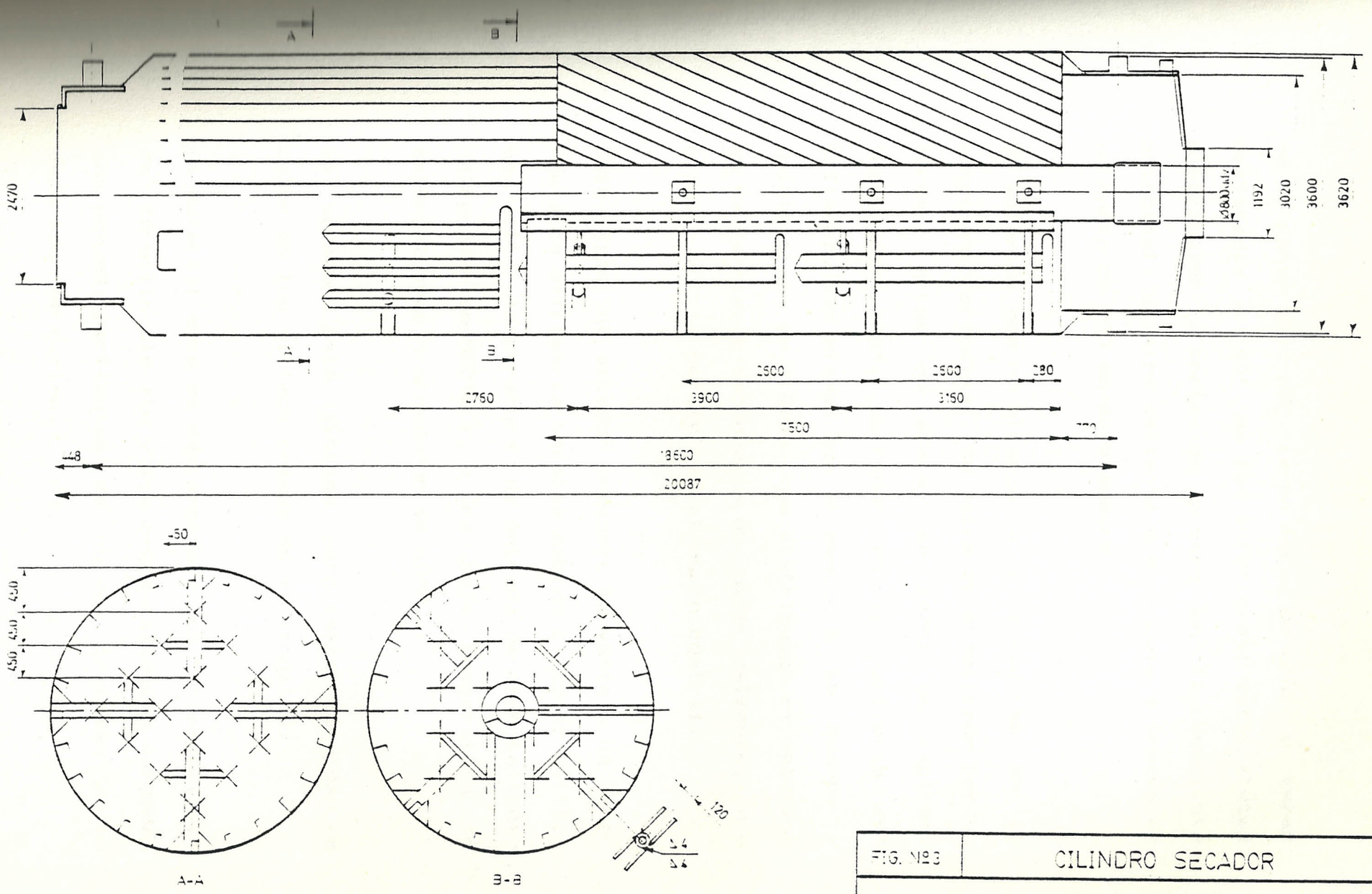


FIG. Nº3	CILINDRO SECADOR
DISTRIBUCION DE ALETAS	

en la parte central, tienen forma de cruz y estan desfasadas a 45º de las anteriores; estas aletas distribuyen la torta de prensa en la corriente principal de aire caliente que circula a través de un ducto de 800 mm de diámetro.

El material que no alcanzó a distribuirse en la corriente principal de aire es arrastrado por un tercer grupo de aletas en forma de espiral, inclinadas . 30º, ubicadas en la periferia del cilindro, las mismas que alimentan a un cuarto y quinto grupo de aletas, que distribuyen el material en la corriente secundaria de aire caliente, que circula por la periferia del ducto central.

Este tipo de secador presenta la ventaja de tener una alta eficiencia térmica debido a que se utiliza una alta temperatura de entrada de aire caliente (alrededor de 550ºC), y una baja temperatura de material seco (alrededor de 60ºC).

El secador está aislado para evitar pérdidas de calor en los últimos tramos de su longitud.

El material seco es descargado a un transportador de tornillo sin fin y los gases calientes cargados con pequeña partículas de polvo, ingresan a un separador de ciclón.

SEPARADOR DE CICLON

El principio de funcionamiento de un separador de ciclón es mostrado en la Figura #4 los gases calientes cargados de polvo ingresan tangencialmente al cilindro del separador, en donde la velocidad del flujo de entrada se convierte en un torbellino que circula hacia abajo, la fuerza centrífuga del torbellino expulsa el polvo a la parte exterior que es recogida en el cono, inmediatamente el torbellino de aire, libre de polvo, cambia su dirección tangencialmente hacia arriba y es succionado por el ventilador principal.

VENTILADOR PRINCIPAL

El ventilador principal es un extractor, cuyas características técnicas se detallan en la Tabla 1A; la capacidad de éste extractor es la suficiente para manejar el caudal de aire caliente, que circula en el secador, compensar las pérdidas en el separador de ciclón, y la resistencia de los gases de la cámara de combustión.

Este ventilador principal trabaja en conjunto con el ventilador de aire secundario ubicado en la cámara de combustión. El objeto de trabajar con un

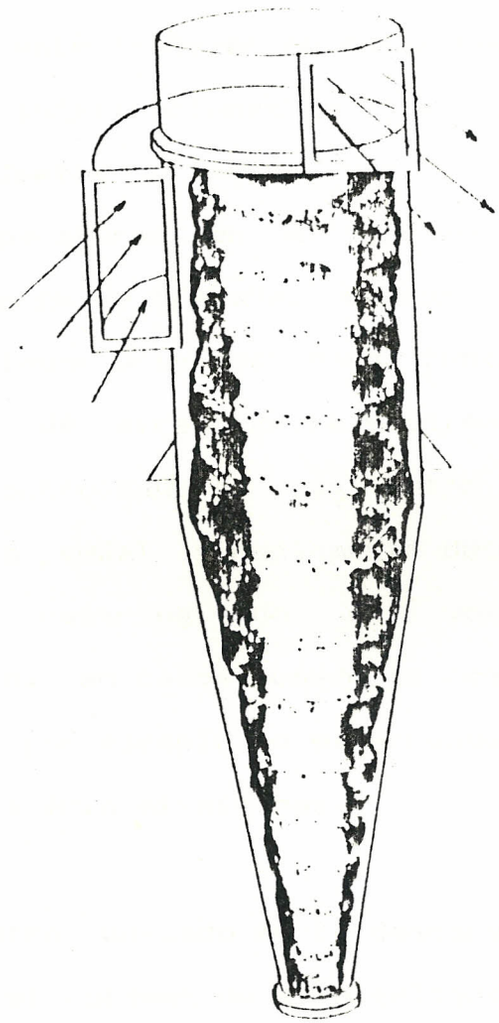


FIGURA #4 : PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE UN CICLON.

ventilador de tiro inducido y un ventilador de tiro forzado, es la de mantener en el secador una presión equilibrada.

Es conveniente trabajar en estas condiciones ya que se evitan infiltraciones de aire frio y perdidas de aire caliente, y polvo, lo cual puede producir bajas temperaturas en el secador y condiciones desagradables de trabajo. La succión y la descarga del ventilador principal estan controlados mediante registros de aire. En la succión, el registro de aire es controlado por un motor eléctrico, que recibe la señal directamente desde el tablero de control, restringiendo el volúmen de aire succionado, en casos cuando se requiere reducir la potencia, por ejemplo en el arranque, en el cual el aire entra frio al sistema.

El registro ubicado en la descarga del ventilador controla el volúmen de aire caliente que recircula a la cámara de combustión. Este registro está controlado por el regulador de tiro del secador.

TABLA 1A
CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR PRIMARIO

Marca	Nordisk Ventilator Co. A/S
Tipo/Tamaño	CPC-630/100R
Serie	LG-270
Caudal	38,8 m^3/hr
Temperatura	50°C
Presión Estática	7367 N/m^2 (752 mm. agua)
Presión Total	7848 N/m^2 (800 mm. Agua)
Potencia Requerida	15 Kw.
Velocidad:	3350 rpm.

TABLA 1B
CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR SECUNDARIO

Marca	Nordisk Ventilator Co A/S
Tipo/Tamaño	CBS-710/70/R
Serie	RDO/2
Caudal	24000 m^3/hr
Temperatura	15 °C
Presión Estática	2011 N/m^2 (205 mm. agua)
Presión Total	2453 N/m^2 (250 mm. agua)
Potencia Requerida	30 Kw.
Velocidad	1860 rpm.

TABLA 1C
CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR PRINCIPAL

Marca	Nordisk Ventilator Co. A/S
Tipo/Tamaño	CT-1600/R
Serie	RDO/1
Caudal	120000 m^3/hr
Presión Estática	3159 N/m^2 (322 mm. agua)
Presión Total	3551 N/m^2 (362 mm agua)
Potencia Requerida	200 Kw.
Velocidad	1860 rpm.

REGULADOR DE TIRO

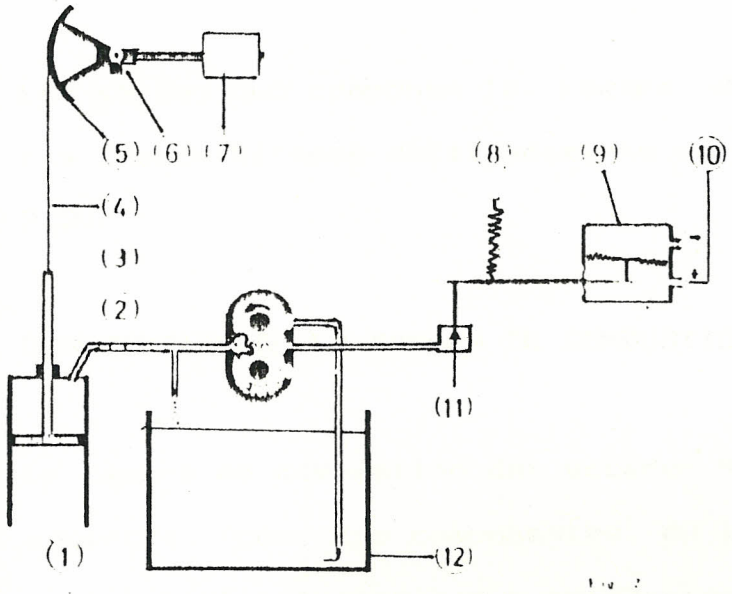
Consiste de un servomecanismo hidráulico, que recibe como señal de entrada la presión de vacío en la entrada del secador, la señal amplificada y de salida es la apertura o cierre del registro.

Este servomecanismo, es mostrado esquemáticamente en la Figura #5; y su operación es como sigue:

El vacío en el secador actúa sobre el diafragma (9), el cual está conectado a una válvula de aire (11) por medio de una palanca (8). Al incrementarse el vacío la válvula de aire se mueve succionando la bomba (3) aceite del reservorio (12) el cual es presionado al cilindro (1) incrementándose la presión y produciendo que el pistón se mueva hacia abajo, cerrándose el registro ubicado en la descarga del ventilador principal.

Al cerrarse el registro los gases calientes del secador son recirculados a la cámara de combustión, lo cual incrementa la eficiencia térmica del secador, ya que se ahorra combustible y se alivia el choque térmico en las paredes refractarias

CAMARA DE COMBUSTIÓN



1	Cilindro
2	Estrangulamiento
3	Bomba de Engranajes
4	Cable
5	Compuerta
6	Eje Compuerta
7	Contrapeso
8	Diafragma
9	Diafragma
10	Tubería de impulso
11	Válvula de aire.
12	Reservorio de aceite.

FIGURA #5 : REGULADOR DE TIRO.

La cámara de combustión, es la parte más importante de la unidad ya que en ella se genera el calor necesario para calentar el aire requerido para secar la torta de prensa.

Las partes que componen la cámara de combustión, las describiremos detalladamente en el subcapítulo 2.2.

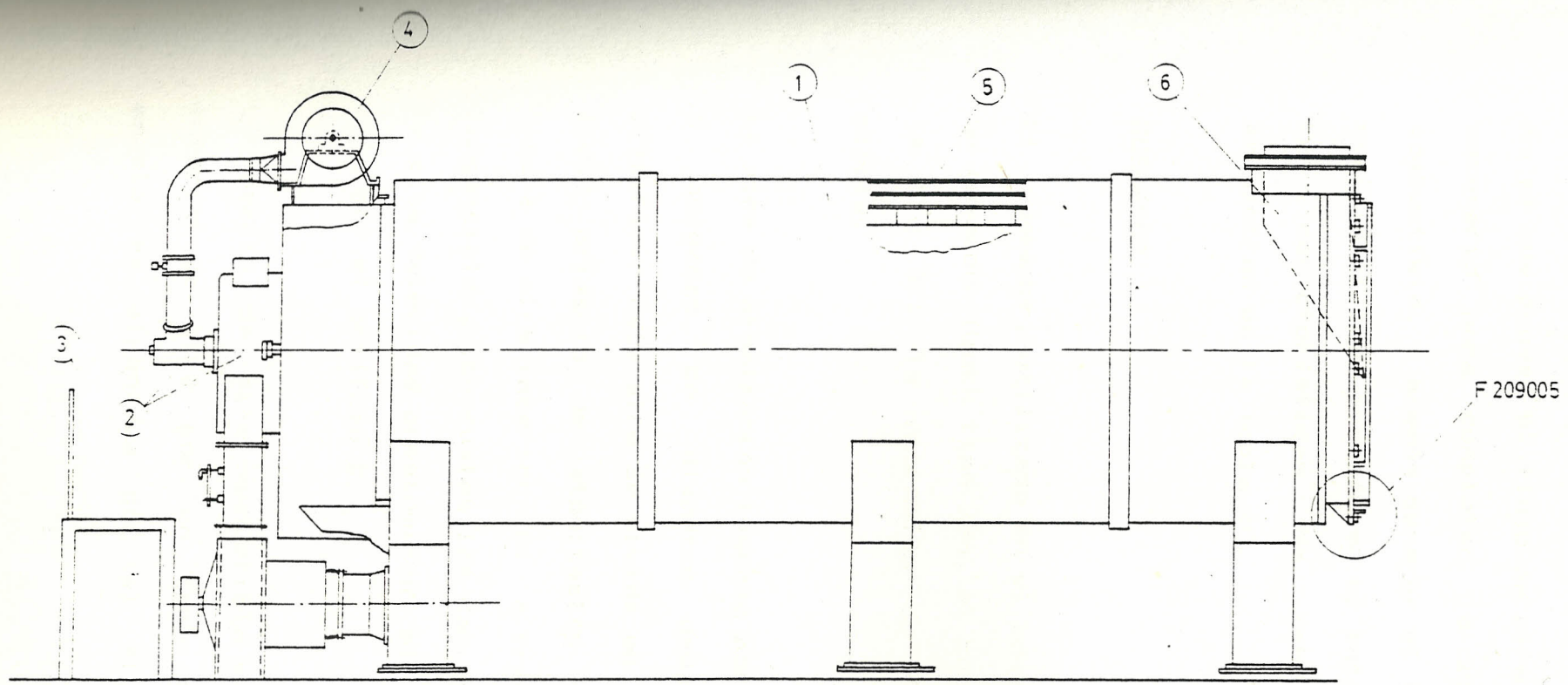
1.2 DESCRIPCION DE LA CAMARA DE COMBUSTION.

La cámara de combustión del secador Rudd 2000, es mostrada con sus componentes en la Fig #6. Las características técnicas y principios de operación de cada uno de ellos se describen a continuación.

VENTILADOR DE AIRE PRIMARIO.

Está ubicado en la parte superior de la cámara y provee del aire necesario para la atomización del combustible en el quemador. Los parámetros normales de operación de éste ventilador están especificados en la Tabla 1B.

El aire primario es alimentado al quemador por medio de un ducto de 150 mm de diámetro, y se controla mediante una válvula de mariposa.



1._ Horno
2._ Quemador Hauck 786
3._ Ventilador Secundario CBS 710/70/R
4._ Ventilador Primario CPC 630/100R
5._ Revestimiento Refractario
6._ Rampa de Alimentación

FIG. Nº6	CAMARA DE COMBUSTION
	DISPOSICION GENERAL

VENTILADOR DE AIRE SECUNDARIO.

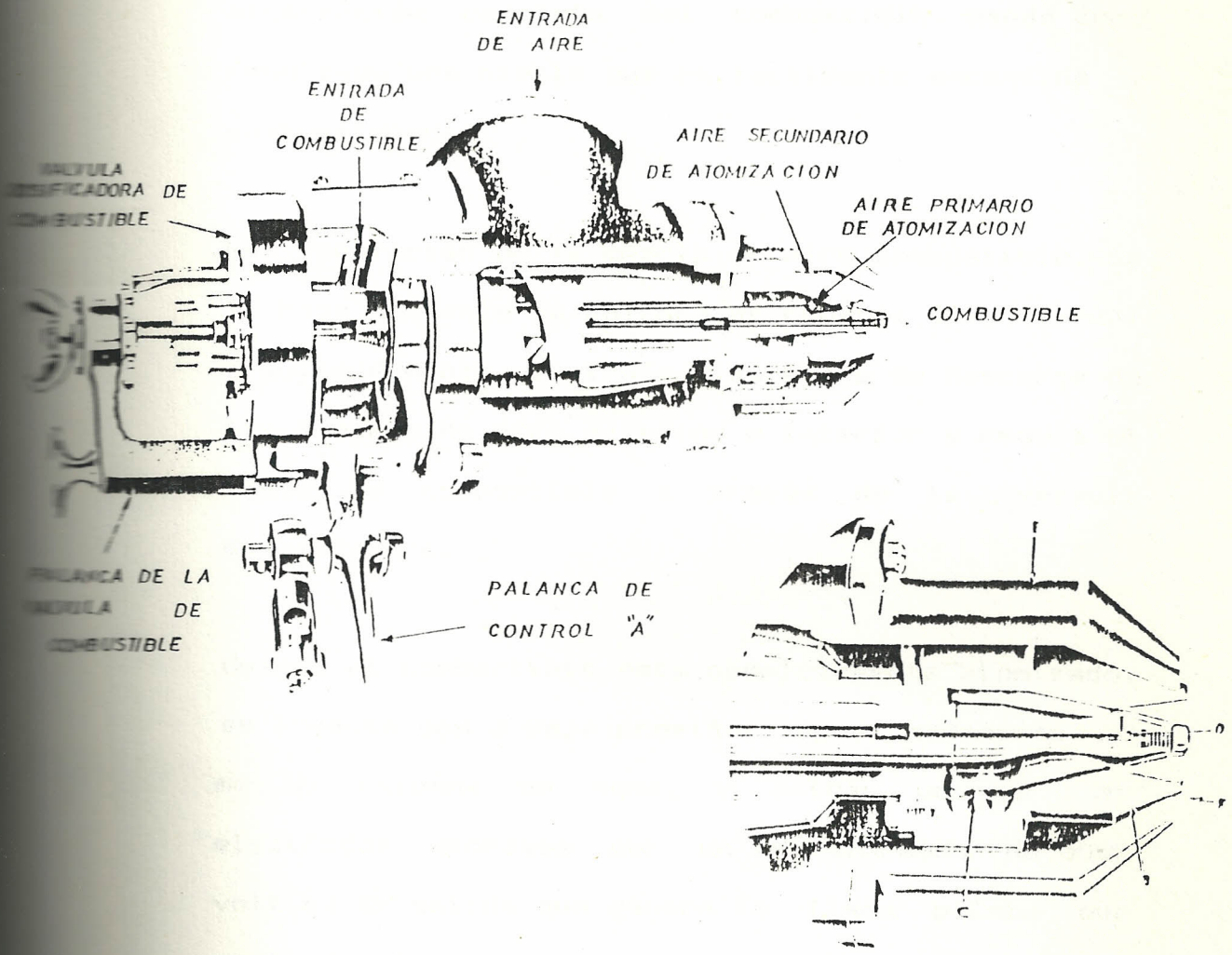
Es el que provee el flujo de aire de exceso, que es necesario para completar la combustión total del combustible, y además generar el tiro inducido para equilibrar la presión en el interior del secador. Las características de este ventilador se encuentran en la Tabla 1C.

QUEMADOR

El quemador, utilizado en el conjunto Rudd 200, es un quemador Hauck tipo 786, el cual es mostrado en la Fig #7; la operación de éste quemador es simple.

El aire de atomización ingresa por una conección de 6 pulgadas de diámetro desde un ventilador primario. Este aire se divide en dos flujos; un flujo primario de atomización que ingresa a la tobera de aire interior (B) a través de orificios tangenciales, los cuales les dan turbulencia, y por la alta velocidad preatomizan el combustible que sale por el orificio D.

La mezcla de aire combustible sale por la tobera interior de aire por un cono divergente, esta mezcla es alcanzada por el flujo secundario de



B.- BOQUILLA INTERIOR DE AIRE

C.- ENTRADA DE AIRE DE ATOMIZACION

D.- ORIFICIO DE COMBUSTIBLE

E.- BOQUILLA ESTACIONARIA DE AIRE SECUNDARIO

F BOQUILLA MOVIL DE AIRE SECUNDARIO

FIGURA #7 : QUEMADOR HAUCK 786.

atomización que sale por un cono convergente por la tobera exterior de aire, lo cual produce la atomización completa del combustible, dando como resultado una niebla que es facilmente encendida y combustionada.

La regulación de la mezcla de aire combustible, se la hace mediante la palanca de control (A), la cual simultáneamente controla las áreas de descarga de las toberas de aire exterior e interior y regula el flujo de combustible a través de la válvula dosificadora.

Cuando el combustible está completamente atomizado, se inyecta gas a baja presión, aproximadamente 50 mm de columna de agua, y actúan un par de electrodos operados por un transformador de 5000 voltios de salida que genera la llama piloto que enciende el combustible.

Una vez encendido el combustible se conecta la palanca A, a un mecanismo que actúa con un motor modulador que recibe la señal de temperatura de gases de salida del secador, por medio de una termocupla regulable.

Cualquier variación de temperatura de gases de salida del secador regula automaticamente la

relación de aire combustible en el quemador.

Los parámetros de operación del quemadorestán especificados en las Tablas 2A y 2B .

REVESTIMIENTO REFRACTARIO.

La cámara de combustión se encuentra revestida con material refractario, debido a las altas temperaturas que se generan en su interior. El revestimiento refractario se compone de tres partes;

1.- Revestimiento refractario del quemador

2.- Revestimiento refractario de la Precámara de combusttión.

3.- Revestimiento refractario de la cámara de combustión.

El revestimiento refractario del quemador, está compuesto por tres conos tal como se indica en la Figura #8.

En el cono interior de posición (4) se alojan las toberas del quemador; y es el que está sujeto a la mayor incidencia te la temperatura de la llama. Se instala en la cámara de combustión mediante una

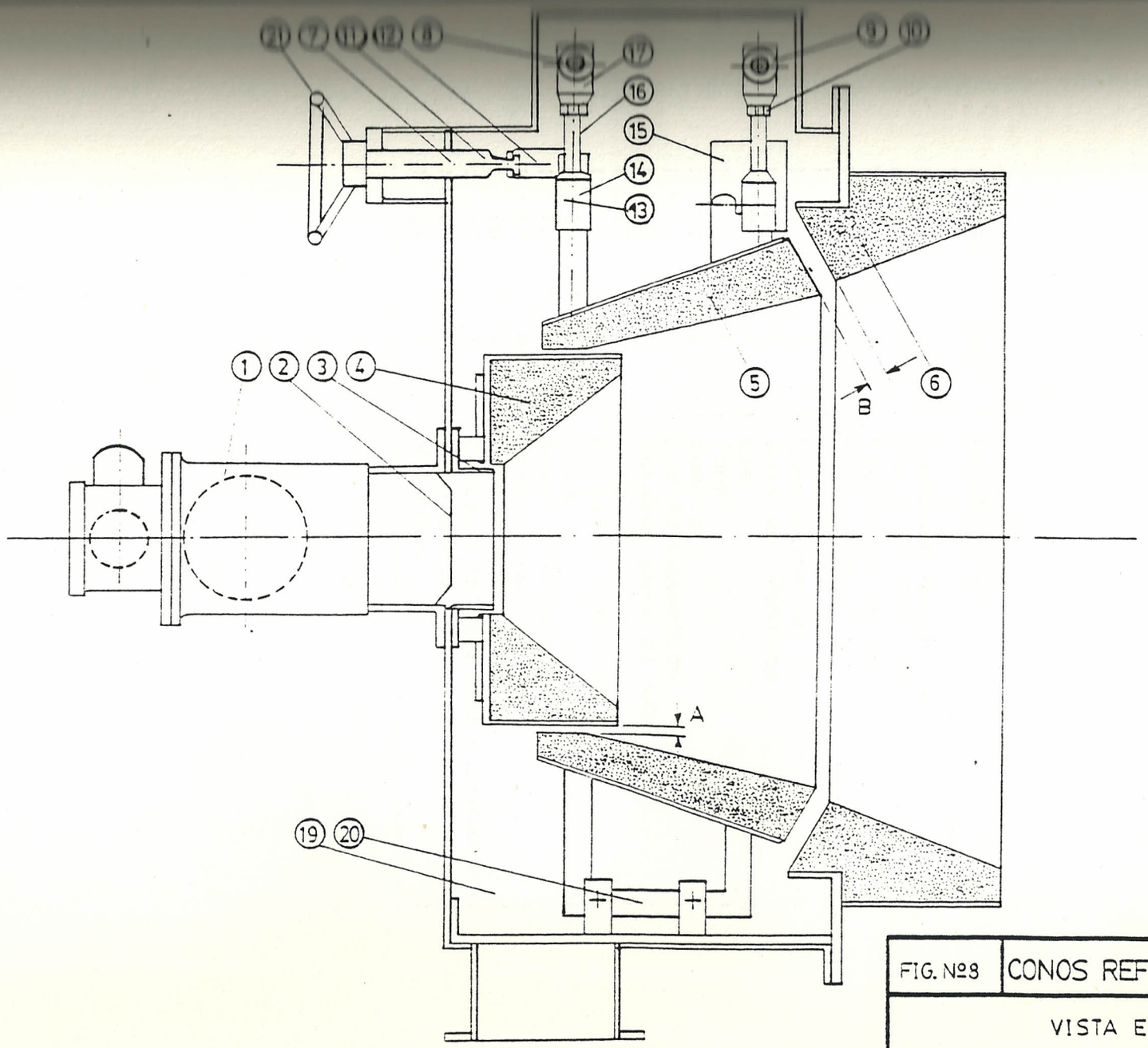


FIG. Nº8 CONOS REFRACTARIOS DEL QUEMADOR

VISTA EN CORTE

POSI.	CANT.	DESCRIPCION
1	1	Quemador Hauch 786
2	1	Placa de Montaje
3	1	Registros de aire
4	1	Cono interior
5	1	Cono Móvil
6	1	Cono Exterior
7	1	Guía del Vástago
8	2	Eje
9	4	Tope
10	4	Tuerca
11	1	Eje de Conección
12	1	Eslabón para el vástago
13	4	Pasador
14	4	Colgador inferior
15	2	Guia
16	4	Brazo articulado
17	4	Brazo Superior
18	4	Cojinete lateral
19	1	Carcaza del conjunto quemador
20	1	Guia móvil
21	1	Volante.

TABLA 2 A
CARACTERISTICAS DEL QUEMADOR HAUCK 786

Diámetro de tubería	200 mm
Diámetro de tubería de combustible	12 mm
Presión de suministro de aire	711-1422mm agua
Presión de suministro de combust.	1,4-2,5 Kg/cm²
Temperatura de sumunistro	
Combust. liviano 200 seg Redwood	74° C
Combust. medios 950 seg Redwood	110° C
Combust. pesados hata 3500 seg Red	120° C

TABLA 2B
CAPACIDADES DEL QUEMADOR HAUCK 786

PRESION mm Agua	CONSUMO AIRE Max. m³/hr	CONSUMO DE COMBUSTIBLE(l/hr) MAXIMO	MINIMO
711	2973	277	38,6
889	3313	307	45,5
1067	3636	341	49,1
1422	4180	386	53,2

NOTA: Esta tabla es válida para combustibles de 9094 Kcal/litro. Para combustibles más livianos o más pesados la capacidad variará de acuerdo al valor calorífico.

En aplicaciones donde exista considerable arrastre, tales como en calentadores de aire, secadores y cámaras de combustión que operan bajo altas presiones de succión, las capacidades arriba anotadas pueden ser incrementadas hasta cuatro veces.

Bajo tales condiciones la presión de aire al quemador debe ser mínimo de 889 mm de agua para

placa de montaje, la cual se sujeta mediante pernos a la brida del quemador, éste cono que es fijo debe estar alineado con la línea de centros del quemador, para que la llama se centre.

El cono de la posición 5, es un cono móvil y mediante el volante de la posición (21) puede moverse hacia adelante y hacia atrás, hasta una distancia máxima de 55 mm y mínimo de 8 mm.

Al variar la posición del cono móvil, se hace más grande o más pequeña el área de entrada de aire secundario B. Variando el flujo de aire secundario, lo cual hace cambiar la forma de la llama.

El área de la endija posterior A, también varía con el movimiento del cono móvil, debe tomarse en cuenta que las áreas transversales de ambas aberturas A y B, deben ser iguales para que la llama del quemador se mantenga alineada con respecto a la linea de centros de la Cámara de Combustión.

asegurar una eficiente atomización, y además se debe proveer de un flujo de aire secundario para completar la combustión.

El cono exterior, posición 6, es un cono fijo, el cual se aloja en la precámara de combustión; por su forma divergente, permite que los gases calientes generados por el contacto de la llama con el aire secundario se propagen en la precámara de combustión.

En la construcción original de estos tres conos, se empleó concreto refractario B 1500 de Hasle. Las características de éste material aparecen en la Tabla 3A.

El revestimiento refractario de la precámara y cámara de combustión propiamente dicha, está formado por ladrillos; en la Figura #9, se muestra la forma y dimensiones de ambas partes.

El revestimiento de la precámara soporta temperaturas más altas que el de la cámara. Por la parte exterior de la precámara fluyen los gases calientes recirculados por el ventilador principal, los mismos que se unen al flujo principal de aire caliente en el interior de la cámara de combustión, una distribución aproximada de las temperaturas que

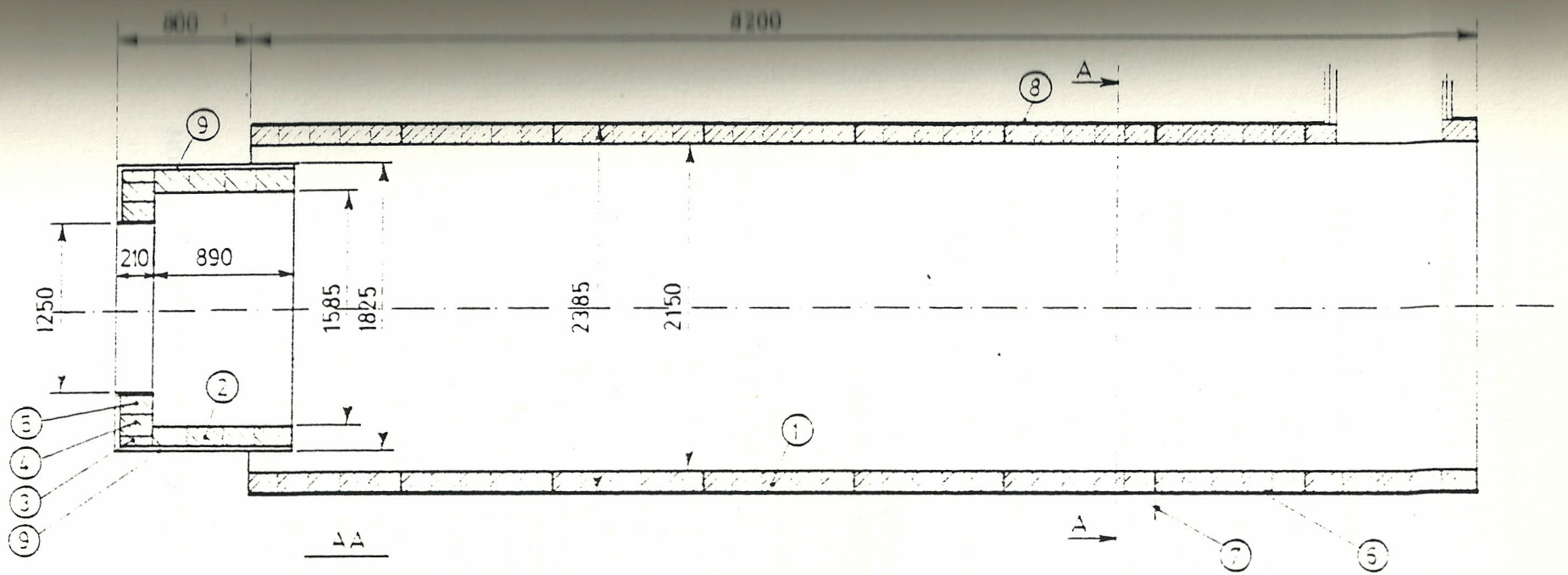


FIG. Nº9	CAMARA DE COMBUSTION
	REVESTIMIENTO REFRACTARIO

soportan los distintos tipos de revestimientos es la siguiente:

Aproximadamente 1500° C en los conos interior móvil, 1200° C en la cámara de combustión y 550° C en la entrada del secador. Los materiales empleados para la construcción de las precámaras y la cámara se muestran en la Tabla 3.

Las características de dichos nateriales se especifican en las Tablas 3A- 3B- 3C- 3D- 3E.

TABLA 3
LISTA DE MATERIALES.

POSICION	CANTIDAD	DESCRIPCION	TIPO Y MARCA
1	4300	Ladrillo arco # 1	P - 28 ISOMAX
2	875	Ladrillo arco # 1	JM-3000 HASLE
3	55	Ladrillo llave # 1	JM-3000 HASLE
4	100	Ladrillo arco # 1	JM-3000 HASLE
5	80	Ladrillo cuña 1-X	JM-3000 HASLE
6	60m.	Papel aislante espe- espesor 2 mm.	K - 45KERLAE
7	2 rollos	Revestimiento ayslan- te espesor 12 mm	K -60/160 kg KERLANE
8	5 rollos	revestimiento aislan- te espesor 12 mm	K-45/128 Kg. KERLANE
9	2 rollos	revestimiento aislan- te espesor 6 mm.	K-45/160 Kg. KERLANE
	700 Kg.	Mortero .	Universal de Hasle.
	100 Kg.	Mortero alta alúmina.	T-36 APGreen

NOTA: Refiérese a la Fig #9 para ubicar las posiciones.

TABLA 3A
DATOS TECNICOS DE CONCRETO
HASLE B-1500

ANALISIS QUIMICO	
AL_2O_3 + TO_2	49,0%
SiO_2	41,0%
Fe_2O_3	1,0%
CaO	7,5%
DATOS FISICOS	
Refractariedad0	33 SK
Máxima Temperatura de Servicio	1500 °C
Cantidad Requerida	2,0 Kg/L
Tamaño de grano	5,0 mm.
MODULO DE RUPTURA DESPUES	
DE CALENTAMIENTO A : Kp/cm²	
110° C	70
500° C	50
1000° C	40
1500° C	80
RESISTENCIA A LA RUPTURA EN FRIO	
DESPUES DE CALENTAMIENTO A:kp/cm²	
110° C	500
500° C	400
1000° C	350
1500° C	500
ENCOGIMIENTO LINEAL DESPUES	
DE CALENTAMIENTO A: %	
110° C	0,2
500° C	0,0
1000° C	0,0
1500° C	1,0
CONDUCTIVIDAD TERMICA	
Kcal/mh°C 400° C	0,85
800° C	0,91
1200° C	0,99
Ataque de Alcali (escala 0-10)	9
Resistencia a la Abrasión	0,7 g/cm²
Resistencia al choque térmico	High
Expansión Lineal a 1000°C	0,52 %
Adición de agua aproximadamente	15 %

TABLA 3B
LADRILLOS AISLANTES

PROPIEDADES FISICAS		JM-3000
Límite de Temperatura (°C)		1650
Densidad (Kg/dm³)		1,04
Módulo de ruptura (Kg/cm²)		14
Esfuerzo a la compresión en frio (Kg/cm²)		28
Encogimiento lineal a temperatura promedio		0,8
30°C abajo de la temperatura promedio (%)		
Expansión Térmica reversible a 1100 °C		0,7
	200 °C	0,398
	400	0,405
	600	0,412
Conductividad Térmica	800	0,419
kcal/m²/m/h/°C	1000	0,426
a temperatura promedio	1200	0,443
	SiO_2	29,40
	Al_2O_3	66,60
Análisis Químico tipico %	Fe_2O_3	0,71
	CaO	0,30
	$MgO+K_2O+Na_2O$	0,70

TABLA 3C
DATOS TECNICOS DEL MORTERO UNIVERSAL

ANALISIS QUIMICO		
$Al_2O_3+TiO_2$	%	55
SiO		38
Fe_2O_3	%	1,5
DATOS FISICOS		
Refractariedad	SK	35 1780°C
Temperatura servicio máximo °C		1700
Cantidad requerida	Kg/L.	2,3
Tamaño de grano máximo	mm	,5
Adición de agua	1/100 kg.	20

TABLA 3D
MORTERO T-36

Alto contenido de alúmina	
Contenido de alúmina	88 %
Características de secado	al aire
Condición de embarque	húmedo
Máxima temperatura recomendada	1760 °C Cono pirométrico 36
Kilogramos requeridos para unir 1000 Ladrillos 9x4½x2½	200 kg.
Cantidad requerida de agua por 100 Kg	1 litro
Tamaño de grano	Espcif ASTMC-92
Trabajabilidad	Buena
Empaque	tambores de 500 y 100 kg.

TABLA 3E
LADRILLOS POROSOS

CALIDAD	POROSOS 26	POROSOS 28
Grupo ASTM	26	28
Temperatra máxima	1430 °C	1540 °C
Resistencia a la Ruptura Kg/cm²	25 - 30	20 - 25
Densida Bruta Kg/cm³	800-850	800- 850
Cono Pirométrico equivalente:	33 / 34	35
	1740 °C	1770 °C
Porosidad	65 -70 %	65 - 70 %
Expansión Térmica aprox. 0-100 °C	0,4 %	0,5 %
Cambio lineal permanen. ASTM C-210		
24 horas a 1400 °C	- 0,4 %	-------
24 horas a 1510 °C	------	- 1,5 %
ANALISIS QUIMICO:		
Al_2O_3	36 -38 %	54 %
SiO_2	58 -60 %	42 %
Fe_2O_3	1,2 %	1,0 %
CaO + MgO	0,2	- 0,2
K_2O + Na_2O	2,0 %	1,5 %
Conductividad Térmica Kcal/m,h,°C		
a 200 °C	0,22	0,25
a 600 °C	0,28	0,31
a 1000 °C	0,35	0,40

La construcción de la precámara y de la cámara según el diseño original se hizo de la siguiente manera.

Los revestimientos refractarios de las posiciones 2,3,4,5, se instalaron anillo por anillo, empezando desde el exterior hacia el interior, para el caso de los anillos de posiciones 3,4,5, y desde la izquierda hacia la derecha en el caso de la posición #2, previamente se cubre la plancha metálica con el revestimiento de expansión indicado en la posición 9, el cual es fijado con una goma termoestable.

El revestimiento de la cámara posición 1, también se instala anillo por anillo empezando de izquierda a derecha.

La plancha metálica inicialmente fue protegiga con revestimiento de expansión posición (8), el cual se instala cubriendo la parte superior en un ángulo de 120°. Esta capa de revestimiento se instala en tramos de un metro a medida que se avanza con las instalaciones de los ladrillos, el resto de la estructura metálica es cubierta con revestimiento posición (6).

Cada 5 anillos de ladrillos refractarios se instala una junta de expansión posición (7), que permite compensar las dilataciones y contracciones de los ladrillos. La cámara de conmbustión sufrió daños prematuros en el

material refractario, debido a que los materiales seleccionados y los métodos de instalación empleados en el diseño original, no fueron los adecuados para las condiciones de operación a que fué sometida, y los daños producidos, se debieron a tres factores que serán analizados en los siguientes subcapítulos.

1.3 DEFECTOS POR ABRASION DESGASTE Y ATAQUE QUIMICO DEL COMBUSTIBLE EN EL REFRACTARIO

Antes de analizar los defectos causados por la combinación de algunas condiciones de operación,es conveniente revisar los conceptos de abrasión, erosión, escorificación de refractarios, liga cerámica, porosidad aparente y eutéctico que aparecen en el glosario.

DEFECTOS POR ABRASION

La abrasión en los refractarios, se presenta principalmente por el impacto de materiales sólidos que circulan en la corriente de aire caliente y que producen socavaciones en las estructuras del material.

La Figura #10, muestra éste defecto, el cual se presentó a lo largo de los ladrillos de la cámara de combustión, la posible causa de éste ataque

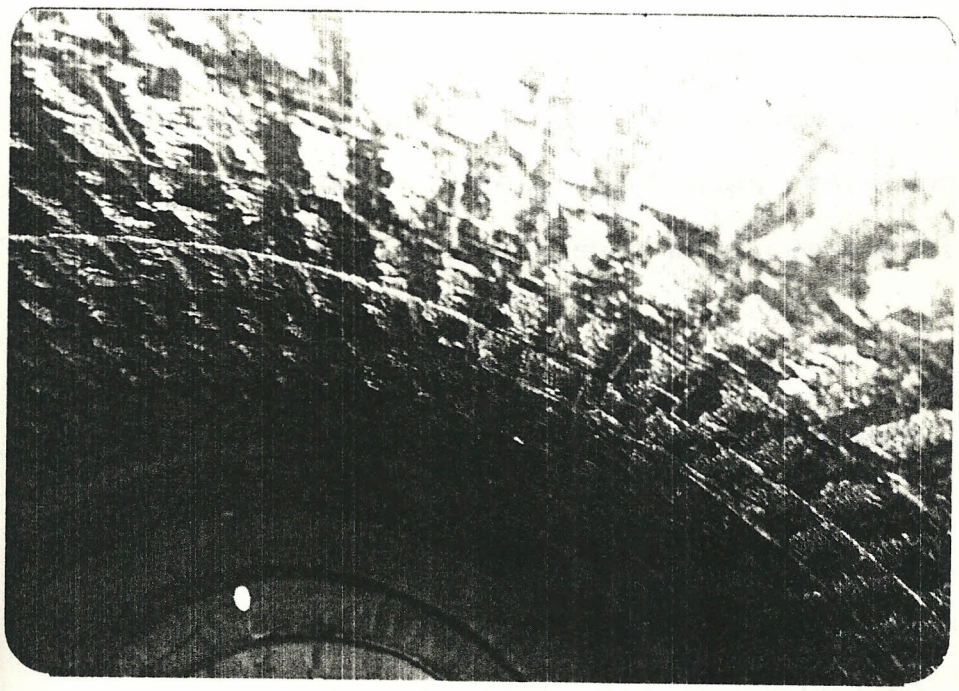


FIGURA #10: DEFECTOS POR ABRASION EN LADRILLOS DE LA CAMARA DE COMBUSTION DEBIDO A LA PRESENCIA DE POLVO EN LOS GASES DE RETORNO Y ESCORIA DE COMBUSTIBLE

puede originarse en partículas de polvo en los gases calientes recirculados o en escorias sólidas de combustible no combustionado proveniente de la precámara de combustión.

La resistencia a la abrasión está ligada con la resistencia a la compresión de los refractarios en relación directa, a medida que disminuye la resistencia a la compresión, aumenta la proporción de desgaste por erosión, Los materiales refractaios aislantes, como el caso de los ladrillos JM 3000 y P-28 tienen bajas resistencia a la compresión por lo que tienen baja resistencia al ataque por abrasión.

DEFECTOS POR EROSION Y ATAQUE QUIMICO DEL COMBUSTIBLE

El combustible, utilizado en la operación de secado, es el combustible #6, conocido comunmente como bunker. En nuestro pais este combustible tiene la siguiente composición aproximadamente:

TABLA #4
CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE #6

Gravedad específica a 15°C	0.9428
API a 15°C	18,6
Punto de inflamación	125°C
Viscosidad Cst. a 40°C	230
Cenizas	0,22%
Azufre	2,31%
Vanadio	240 ppm

Del análisis de ésta composición, se nota que los contenidos de azufre y vanadio en el combustible ecuatoriano son elevados, lo cual causa dificultades en las partes que se encuentran en contacto con los gases de combustión de estos combustibles.

Durante la combustión el Vanadio forma compuestos nocivos para los materiales refractarios. El Vanadio al oxidarse forma una gama extensa de compuestos, el principal es el pentóxido de vanadio V_2O_5, que tiene un bajo punto de fusión, alrededor de 600°C.

Además del pentóxido de Vanadio tiene una baja tensión superficial y una alta presión de vapor, a altas temperaturas, lo cual hace que penetre por los poros de las superficies refractarias. El fenómeno de difusión del pentóxido de vanadio se incrementa con la presencia de óxidos alcalinos

como K_2O, Na_2O, Ca_2 que forma parte de la composición química de los refractarios.

El pentóxido de vanadio reacciona con estos óxidos alcalinos formando compuestos eutécticos de bajo punto de fusión, la formación de estos eutécticos provoca la disminución del punto de ablandamiento, debido a la ruptura de la liga cerámica.

La Figura #11, muestra el cono refractario exterior del quemador totalmente destruido, debido a éste fenómeno.

Se nota cambio de color, presencia de cenizas por la parte interior, notable porosidad debido al ablandamiento del material y grietas localizadas debidas a la erosión.

la Figura #12, muestra un cono refractario exterior afectado por ataque químico, se nota el cambio de color del material, el ablandamiento producido y muestras de ataque de impurezas de combustible en la parte oscura.

La Figura #13, muestra más claramente el ablandamiento y la ruptura de la liga cerámica.

1.4 DEFECTOS POR ALTA TEMPERATURA Y CHOQUE TERMICO

puede originarse en partículas de polvo en los gases calientes recirculados o en escorias sólidas de combustible no combustionado proveniente de la precámara de combustión.

La resistencia a la abrasión está ligada con la resistencia a la compresión de los refractarios en relación directa, a medida que disminuye la resistencia a la compresión, aumenta la proporción de desgaste por erosión, Los materiales refractaios aislantes, como el caso de los ladrillos JM 3000 y P-28 tienen bajas resistencia a la compresión por lo que tienen baja resistencia al ataque por abrasión.

DEFECTOS POR EROSION Y ATAQUE QUIMICO DEL COMBUSTIBLE

El combustible, utilizado en la operación de secado, es el combustible #6, conocido comunmente como bunker. En nuestro pais este combustible tiene la siguiente composición aproximadamente:

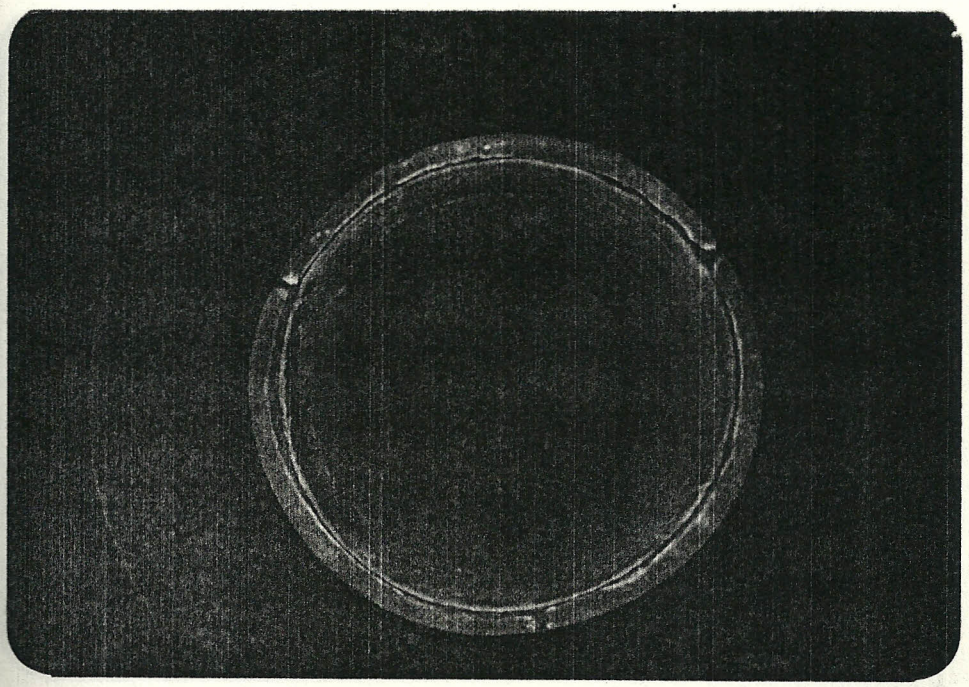


FIGURA #11: CONO REFRACTARIO EXTERIOR TOTALMENTE DESTRUIDO POR EL ATAQUE DEL PENTOXIDO DE VANADIO.

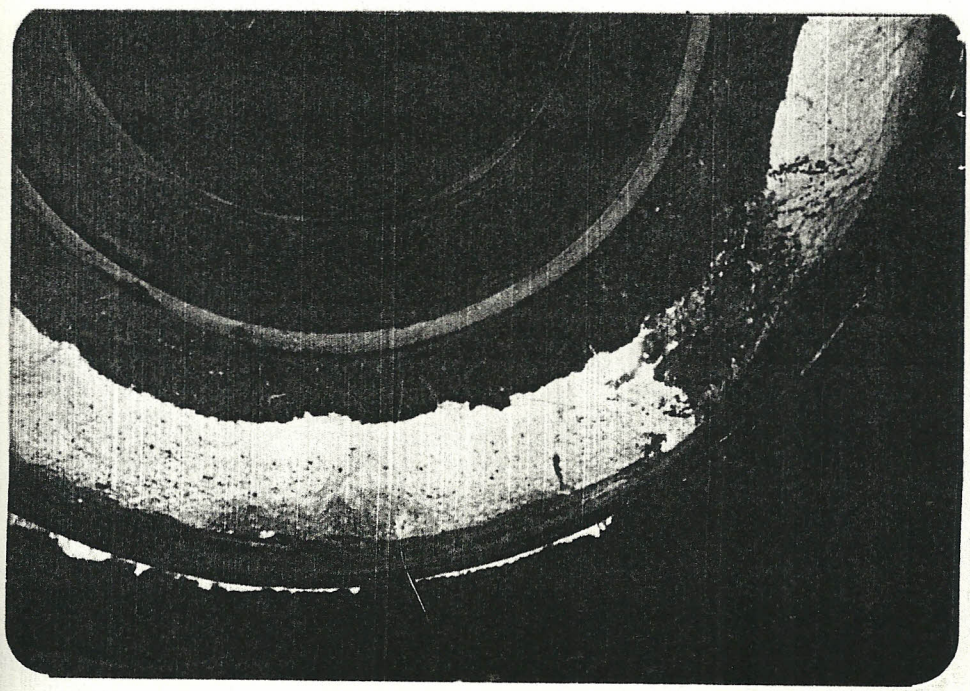


FIGURA #12: CONO REFRACTARIO EXTERIOR DESTRUIDO PARCIAL-
MENTE POR ATAQUE QUIMICO DEL COMBUSTIBLE.

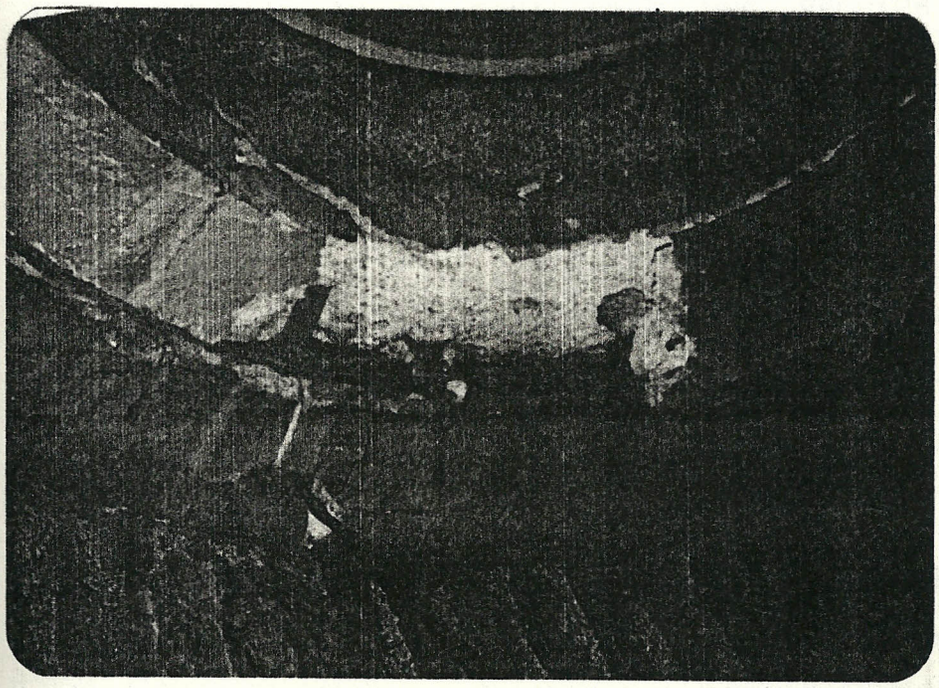


FIGURA #13: CONO REFRACTARIO EXTERIOR CON DEFECTO DE ABLANDAMIENTO Y AUMENTO DE POROSIDAD.

Por efecto del calor que circula en la cámara de combustión, los refractarios son afectados por tres fenómenos térmicos: ablandamiento,expansión térmica, conducción térmica.

El fenómeno de ablandamiento se presenta cuando el refractario se calienta a una temperatura próxima a la de fusión y se manifiesta por pérdida de cohesión, éste fenómeno fué analizado en el subcapítulo anterior como un efecto del ataque químico.

El fenómeno de expansión térmica, se presenta debido a que el refratario se expande o se contrae por efecto de la temperatura y se producen cambios cristalográficos en su composición a esa temperatura, debido a éstos fenómenos de expansión y contracción se producen defectos como el encogimiento y astillamiento cuyas definiciones aparecen en el glosario.

La expansión térmica es una consecuencia de la conductividad de cada material y de la temperatura dentro de la cámara. Como dato importante podemos decir que la conductividad térmica está en relación directa con la densidad y porosidad, y es una propiedad importante ya que nos indica la

distribución de temperatura a la que puede someterse un revestimiento refractario.

Del control coordinado de la expansión y conducción térmica depende la resistencia a los cambios bruscos de temperatura fenómeno conocido como choque térmico.

En la Figura #14, se muestra el fenómeno de encogimiento de ladrillos refractarios en la precámara de combustión, debido a alta temperatura los ladrillos se contrajeron y se produjo un cambio lineal permanente, que hizo que se rompan las juntas entre ladrillos. Nótese además que existen muestras de escorias de combustión que penetran en éstas aberturas y atacan quimicamente al ladrillo.

En la Figura #15, se muestra el fenómeno de astillamiento o ruptura de ladrillos debido a esfuerzos no uniformes, el defecto pudo ser causado por encogimiento (defecto estructural) y agravado por fluctuaciones de temperatura que produjeron la ruptura por deformaciones cristalinas bruscas, Nótese, las aberturas entre ladrillos (encogimiento), las roturas de ladrillos especialmente en las uniones (astillamiento),y la presencia de escorias de combustible no quemado.

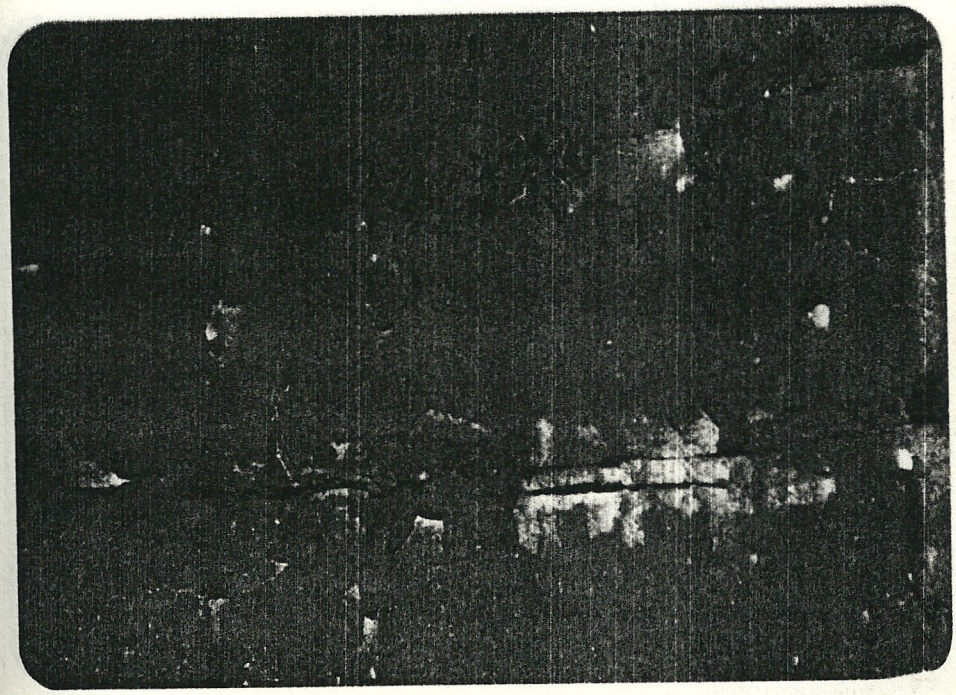


FIGURA #14: ENCOGIMIENTO DE LADRILLOS REFRACTARIOS,JUNTAS ROTAS Y PRESENCIA DE ESCORIAS DE COMBUSTION

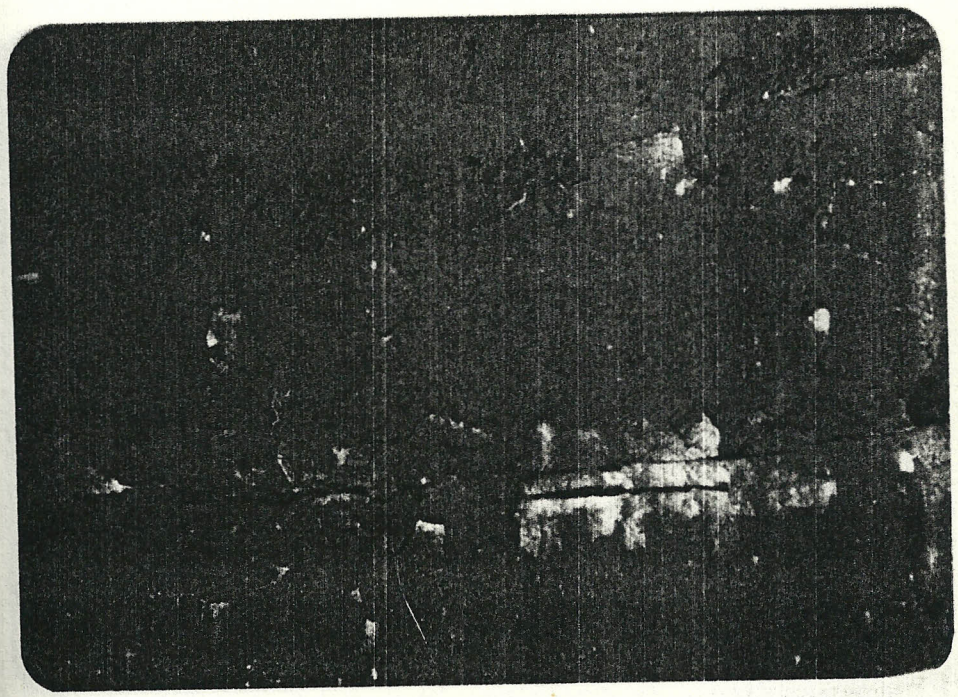


FIGURA #14: ENCOGIMIENTO DE LADRILLOS REFRACTARIOS,JUNTAS ROTAS Y PRESENCIA DE ESCORIAS DE COMBUSTION

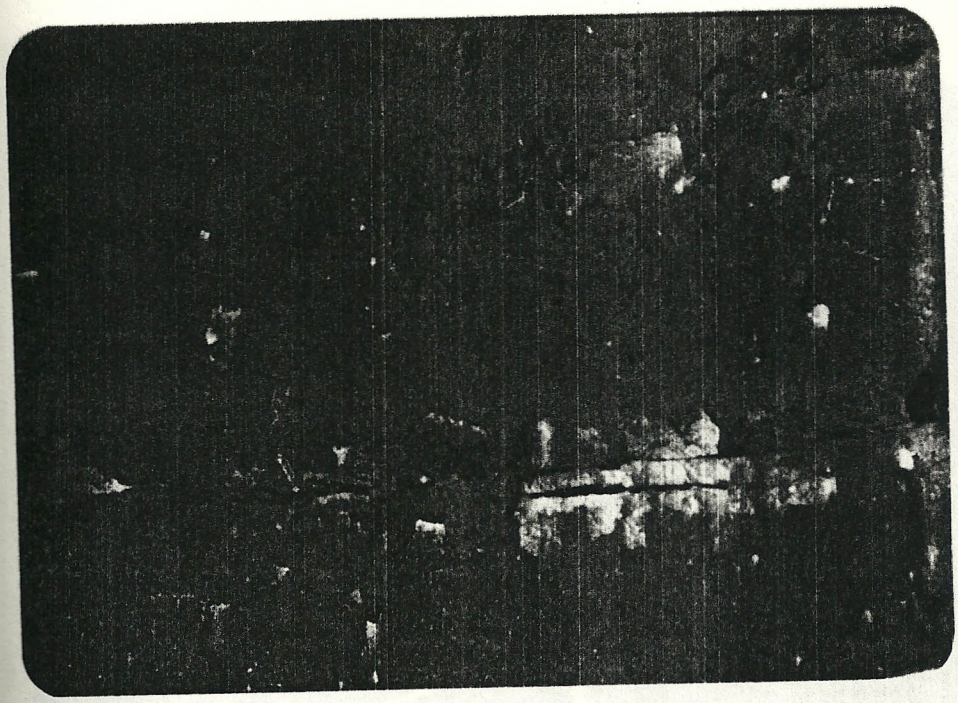


FIGURA #14: ENCOGIMIENTO DE LADRILLOS REFRACTARIOS,JUNTAS ROTAS Y PRESENCIA DE ESCORIAS DE COMBUSTION

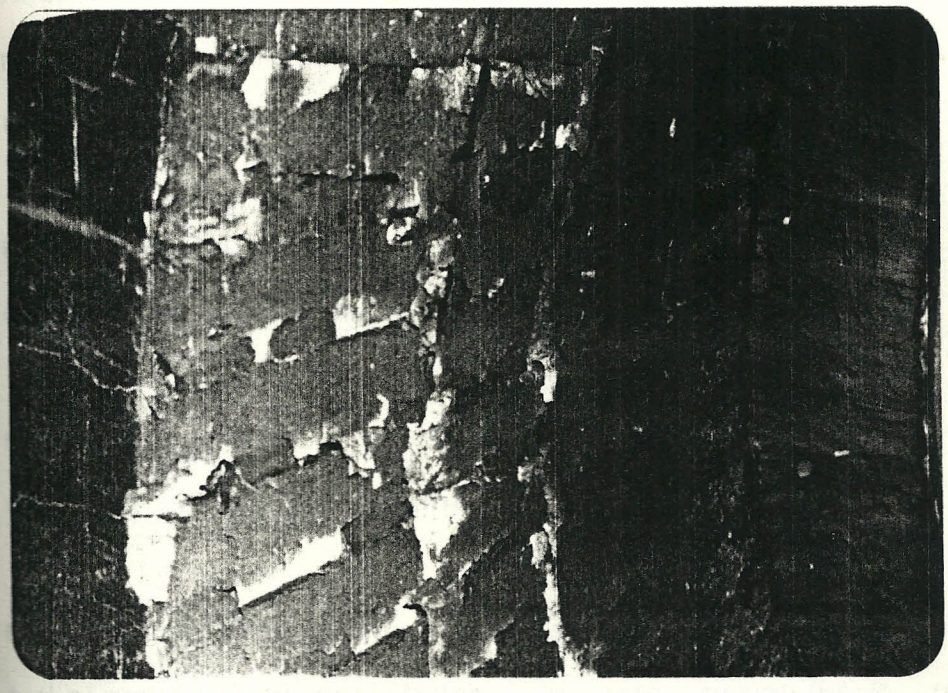


FIGURA #15: LADRILLOS REFRACTARIOS ASTILLADOS DEBIDO A ESFUERZOS NO UNIFORMES.

La Figura #16, muestra el efecto del choque térmico en un cono refractario a las pocas horas de operación, el material sufrió dilatación y contracción brusca y se fisuró por ese motivo, además nótese el inicio del fenómeno de astillamiento en los ladrillos de la parte inferior.

Además en las aletas interiores del secador se produjeron defectos por fenómenos de dilataciones y contracciones bruscas del material.

En la Figura #17, se muestra las rupturas de las uniones soldadas en el interior del secador.

La Figura #18, muestra un acercamiento de la ruptura de una unión soldada.

La Figura #19, muestra un par de aletas interiores totalmende desprendidas y que produjeron una paralización de la producción porque obstruyeron el ducto de salida de gases calientes.

1.5 DEFECTOS POR MALA INSTALACION DEL REFRACTARIO

Los defectos analizados anteriormente y que dependen especificamente de las propiedades de los materiales empleados, fueron agravados por algunos

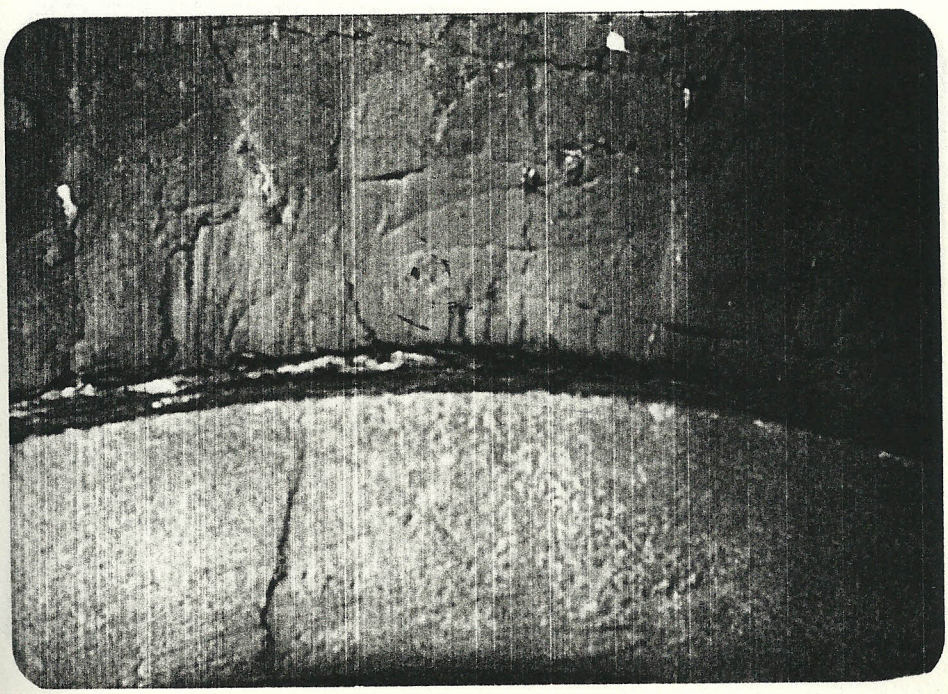


FIGURA #16: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN CONO REFRACTARIO EXTERIOR, NOTESE LA GRIETA PRODUCIDA POR ESTE EFECTO.

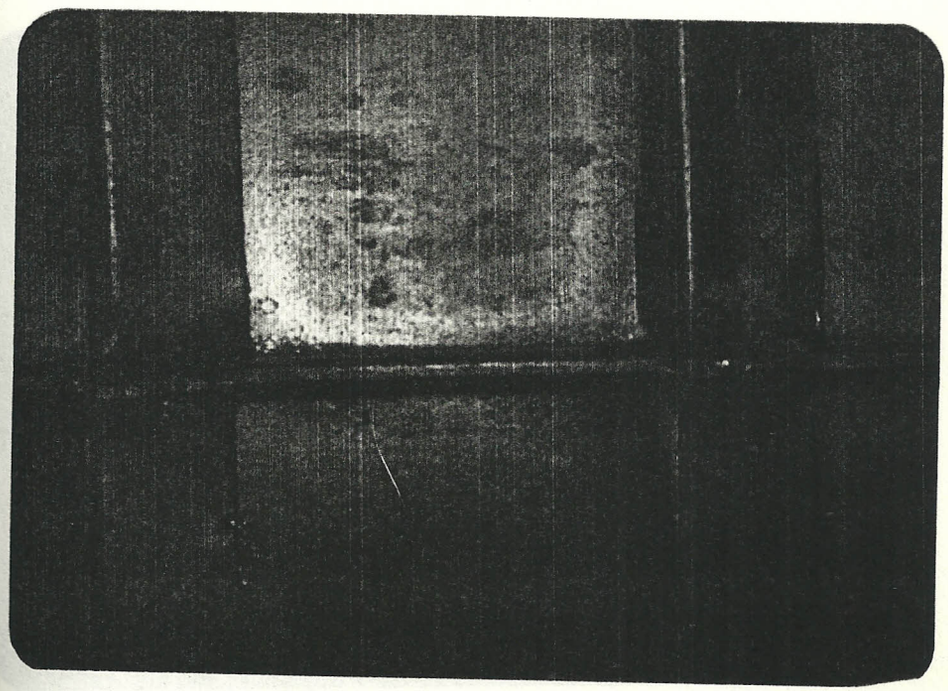


FIGURA #17: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN LAS ALETAS INTERIORES DEL SECADOR, NOTESE LA RUPTURA EN LA UNION SOLDADA



FIGURA #16: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN CONO REFRACTARIO EXTERIOR, NOTESE LA GRIETA PRODUCIDA POR ESTE EFECTO.

TABLA 5C
PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO
HASLE D1700A

ANALISIS QUIMICO	%	
$Al_2O_3 + TO_2$		58
SiO_2		35
Fe_2O_3		1,3
CaO		2,6
DATOS FISICOS		
REFRACTARIEDAD	SK	36
TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMO	°C	1700
CANTIDAD REQUERIDAD	Kg/L	2,5
TAMAÑO DE GRANO MAXIMO	mm	5
MODULO DE RUPTURA DESPUES DE CALENTAMIENTO A	KG/cm^2	
	500°C	13
	1000°C	13
	1500°C	13
RESISTENCIA A LA RUPT. EN FRIO DESPUES DE CALENTAMIENTO A	KG/cm^2	76
	500°C	76
	1000°C	76
	1500o°c	76
ENCOGIMIENTO POR SECADO 110°C	%	0.1
ENCOGIMIENTO LINEAL DESPUES DE CALENTAR A :% INCLUYENDO ENCOGIMIENTO POR SECADO	500°C	--
	1000°C	0,1
	1500°C	--
CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.°K	400°C	1,4
	800°C	1,5
	1200°C	1,6
*ENSAYO DE ALCALIS (ESCALA 0-10)		
RESISTENCIA A LA ABRASION	g/cm^2	0,25
RESISTENCIA AL CHOQUE TERMICO		Extra high
EXPANSION LINEAL A 1000°C	%	0,5
ADICION DE AGUA	%	4,5 - 6,0

*Los ataques de escoria son evaluados de auerdo a la norma DIN 51069, Página 2 como leve, media o alta . Esta evaluación es completada con los valores de la escala de 0-10 del laboratorio de HASLE refractario A/S, el cual en principio establece la profundidad de ataque de escoria

en mm.

TABLA 5D
PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO
KAOCRETE 30

ANALISIS QUIMICO % (ASTM 573-70)		
Al_2O_3		60
SiO_2		33
Fe_2O_3		0,9
TiO_2		2,2
Cao		2,8
MgO		0,2
Alcalis		0,2
MODULO DE RUPTURA Kg/cm² (ASTMC 268-70)		
Secado 18-24 hrs a	105°C	56,2
Quemado 5 hrs a	504°C	42,1
	815°C	35,1
	1100°C	28,1
	1200°C	35,1
	1315°C	59,7
	1425°C	70,3
	1540°C	84.3
CONDUCTIVIDAD TERMICA (ASTMC 417-60)		
Kcal/hr.m²°C/m		0.91
Densidad Kg/dm³		2,16
Punto de fusión °C		1750
Cantidad requerida Kg/m³		2160
Temperatura máxima de servicio °C		1650

TABLA 5E
PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO
ALTA TEMPERATURA REPSA

ANALISIS QUIMICO	
Al_2O_3	63,3
SiO_2	29,2
Fe_2O_3	1,8
CaO	1,8
MgO	0,2
TiO_2	2,8
RESISTENCIA A LA FLEXION (Kg/cm^2)	
Secado a 110°C	28-49
Quemado a 816°C	21-42
Quemado a 1650°C	98-161
Temperatura máxima de servicio	1590°C
Cantidád requerida (Kg/m^3)	2160
Cantidad de agua necesaria %	10-12

TABLA 5F
PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO KORKAST-70

ANALISIS QUIMICO	
Al_2O_3	73,9 %
SiO_2	19,9
CaO	2,1
Densidad aparente gr/cm_3 a 110°C	2,22/2,30
Máxima temperatura de servicio	1650°C
RESISTENCIA A LA COMPRENSION	
110 °C	470/610 Kg/cm^2
815 °C	400/540 Kg/cm^2
1400	240/350 Kg/cm^2
MODULO DE RUPTURA	
110 °C	80/120 Kg/cm^2
815 °C	35/50 Kg/cm^2
1400°C	45/80 Kg/cm^2
VARIACION DIMENSIONAL %	
110 °C	0,0/-0,1
815 °C	-0,1/+0,1
1400°C	-1,3/+0,1

La definición de éstas especificaciones, se hizo en base a la recopilación de información especializada y a las recomendaciones presentadas por los fabricantes del secador, luego del análisis de los defectos.

Como alternativas de soluciones se presentaron 7 tipos de concreto refractario, cuyas características aparecen en las tablas.

La selección de la alternativa final se hizo, tomando en cuenta, el cumplimiento de las especificaciones, la disponibilidad de abastecimiento costo y asesoramiento técnico local.

Vamos a calificar el porcentaje de cumplimiento de las especificaciones para cada alternativa.

Alternativa #5A: Posee un alto índice de encojimiento y un porcentaje alto de cambios lineales permanentes, pues es un material clasificado en el grupo E, según ASTM C-401. Además su porcentaje de alúmina es alto y se desconoce su conductividad termica, está disponible localmente y si existe un buen asesoramiento técnico.

Alternativa #5B: Cumple con todas las especificaciones, está disponible localmente y si tiene un excelente asesoramiento técnico.

Alternativa #5C: Cumple todas las especificaciones, además debemos mencionar que fue recomendado por el fabricante de la cámara. No estaba disponible localmente, su costo es elevado, debido a que debe ser importado desde Noruega; Atlas no lo ofrecia como material para reconstrucción, sino ofrecía vender un cono fabricado con dicho material.

Alternativa #5D: Cumple todas las especificaciones, pero no está disponible localmente se necesita importar de Estados Unidos, no existe asesoramiento local, po lo que también se descaRta esta posibilidad.

Alternativa #5E: Cumple las especificaciones a ecepción de tener un altísimo porcentaje de alúmina, no está disponible localmente, su procedencia es Brasileña, pero se lo puede adquirir en Colombia, no existe asesoramiento local, pero había predisposición del representante en Colombia para ayudarnos.

En la Tabla #6, aparece la calificaión de las alternativas; ésta calificación se hizo con el siguiente criterio.

Especificaciones : 0 - 10 puntos, de acuerdo al porcentaje de cumplimiento de las mismas.

Costo : 1 punto para el más costoso.

3 puntos para los valores intermedios

5 puntos para los valores más baratos.

Disponibilidad:

3 puntos para materiales no disponibles, procedencia Europea.

3 puntos para materiales,no diponibles de procedencia de EE. UU

6 puntos para materiales, no disponibles, de procedencia Sudamericana.

10 Puntos, para materiales disponibles localmente.

Asesoramiento Técnico:

0 puntos si no hay asesoramiento local, y es dificil la comunicación con el exterior.

3 Puntos si no existe asesoramiento local, pero es facil la comunicación en el exterior.

5 Puntos si existe asesoramiento local, pero no es eficiente.

8 Puntos si el asesoramiento local es aceptable.

TABLA #6
CALIFICACION DE LOS CONCRETOS REFRACTARIOS

Alternativas	5A	5B	5C	5D	5E	5F
Cumplimiento de Especificaciones.	5	10	10	10	7	8
Costo	3	3	1	3	3	3
Disponibilidad	10	10	3	0	10	6
Asesoramiento.	8	8	9	0	8	3
Total	26	31	23	0	28	18

Se escogió entre las alternativas disponibles localmente la 5B, fundamentalmente por el total cumplimiento de las especificaciones.

La cantidad a emplear de éste material, la calculamos en base al volúmen del cono y el rendimiento volumétrico del material.

$$Q = V \times r$$

Donde: Q = cantidad de material requerido

V = Volúmen del cono

r = rendimiento volumétrico del contreto, en este caso 2403 Kg/m³.

Haciendo los cálculo:

Q = 336,42 aproximadamente siete sacos de 50 Kg.

CARACTERISTICAS Y SELECCION DE LOS LADRILLOS PARA LA PRECAMARA.

Para seleccionar los ladrillos refractarios con los que vamos a recostruir la precámara, posición 2 Fig.#9, necesitamos determinar el tamaño y formas de los mismos y ciertas especificaciones de calidad que les permiten trabajar bajo nuestras condiciones de operación.

Para conservar las dimensiones internas de la cámara, vamos a utilizar ladrillos de 114 mm de alto; con el diámetro interno de la Precámara, 1585 mm y el espesor de pared buscamos en el Apéndice 8, y determinamos la combinación de formatos y la cantidad de ladrillos por cada anillo; ésta determinación es tentativa ya que debe ser corregida, cuando seleccionamos el procedimiento de instalación; por el momento conocemos que necesitamos 76 ladrillos arco # 1 y 14 ladrillos rectos por cada anillo.

En cuanto a la calidad, para cámaras de combustión de secadores de harina de pescado se utilizan ladrillos densos sílico aluminosos o ladrillos de alta alúmina.

Los ladrillos de alta alúmina son costosos y su

conductividad térmica es alta, lo que los hace antieconómicos desde el punto de vista de, costo de instalación y costos de operación, por lo que descartamos ésta posibilidad.

Los ladrillos sílico aluminosos, deben cumplir ciertas especificaciones que fueron recopiladas de normas ASTM y de otras publicaciones.

ESPECIFICACIONES PARA LADRILLOS REFRACTARIOS.

1.- Deben soportar temperaturas superiores a 1500 °C, continuamente.

2.- Resistencia al astillamiento, deben tener un 10% máximo de pérdidas por astillamiento, según noma ASTM 107-47.

3.- Densidad mínima 2,2 Kg/dm^3.

4.- Porosidad máxima 20% para resistir condiciones severas de ataque de gases corrosivos, norma ASTM C20-46.

5.- Resistencia al choque térmico, es decir no sufrir variaciones apreciables de volúmen por efecto de temperatura,o según norma ASTM 113-46, 1,5% de contracción lineal máxima a 1400 °C.

TABLA 5C
PROPIEDADES DEL CONCRETO REFRACTARIO
HASLE D1700A

ANALISIS QUIMICO	%	
$Al_2O_3 + TO_2$		58
SiO_2		35
Fe_2O_3		1,3
CaO		2,6
DATOS FISICOS		
REFRACTARIEDAD	SK	36
TEMPERATURA DE SERVICIO MAXIMO	°C	1700
CANTIDAD REQUERIDAD	Kg/L	2,5
TAMAÑO DE GRANO MAXIMO	mm	5
MODULO DE RUPTURA DESPUES DE CALENTAMIENTO A	KG/cm^2	
	500°C	13
	1000°C	13
	1500°C	13
RESISTENCIA A LA RUPT. EN FRIO DESPUES DE CALENTAMIENTO A	KG/cm^2	76
	500°C	76
	1000°C	76
	1500o°c	76
ENCOGIMIENTO POR SECADO 110°C	%	0.1
ENCOGIMIENTO LINEAL DESPUES DE CALENTAR A :% INCLUYENDO ENCOGIMIENTO POR SECADO	500°C	--
	1000°C	0,1
	1500°C	--
CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m.°K	400°C	1,4
	800°C	1,5
	1200°C	1,6
*ENSAYO DE ALCALIS (ESCALA 0-10)		
RESISTENCIA A LA ABRASION	g/cm^2	0,25
RESISTENCIA AL CHOQUE TERMICO		Extra high
EXPANSION LINEAL A 1000°C	%	0,5
ADICION DE AGUA	%	4,5 - 6,0

*Los ataques de escoria son evaluados de auerdo a la norma DIN 51069, Página 2 como leve, media o alta . Esta evaluación es completada con los valores de la escala de 0-10 del laboratorio de HASLE refractario A/S, el cual en principio establece la profundidad de ataque de escoria

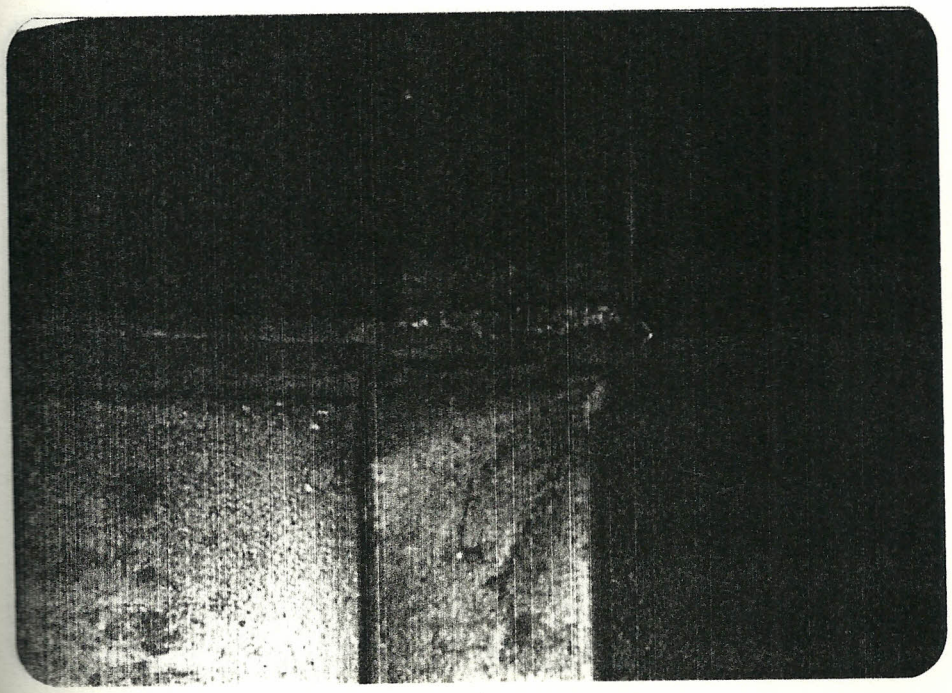


FIGURA #18: EFECTO DEL CHOQUE TERMICO EN UNA ALETA DEL SECADOR, MOSTRANDO UN ACERCAMIENTO DE LA RUPTURA DE LA UNION SOLDADA.

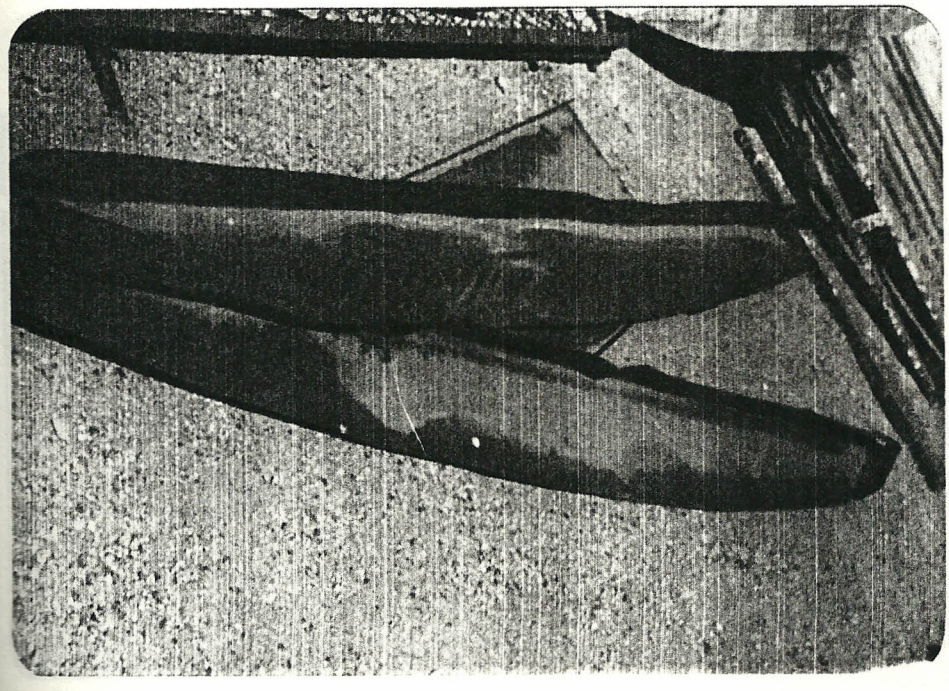


FIGURA #19: ALETAS INTERIORES DEL SECADOR DESPRENDIDAS,- LAS CUALES CAUSARON LA OBSTRUCCION DEL DUCTO DE SALIDA DE GASES.

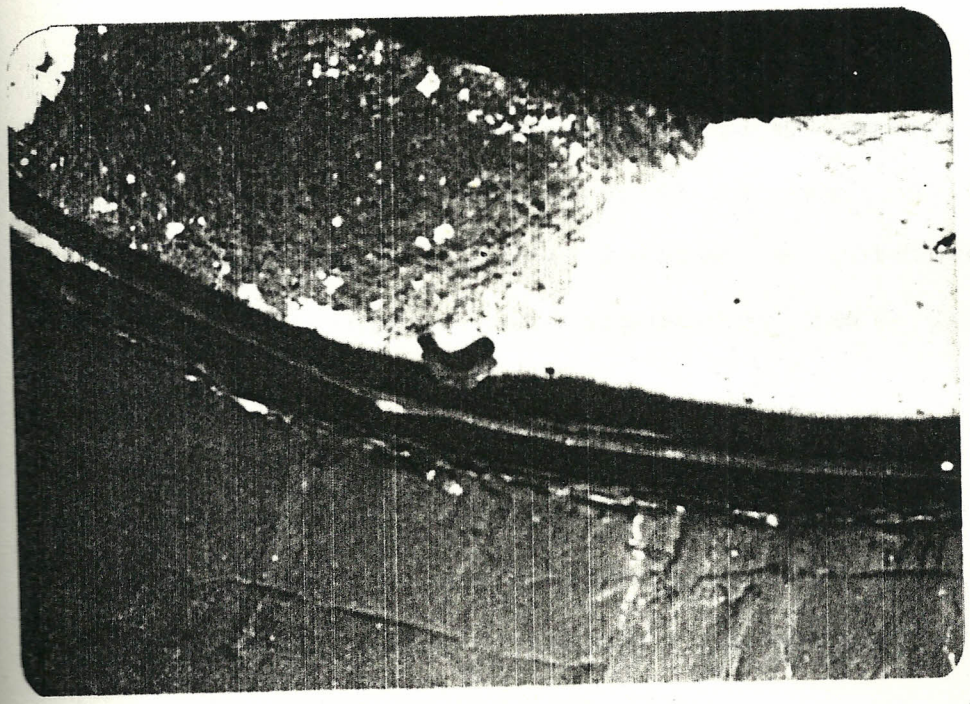


FIGURA #20: ANCLAJE METALICO MAL DIMENSIONADO EN EL CONO REFRACTARIO INTERIOR.

errores cometidos en la instalación del mismo.

Como los ladrillos empleados originalmente, eran aislantes y estos materiales tienen la ventaja de ser facilmente trabajables, con herramientas de abrasión, se utilizó ésta propiedad para darle cierta conformación a estos ladrillos para que se adapten a la forma geométrica de la construcción.

Los ladrillos se instalaron formando anillos avanzando desde el quemador hacia el secador, lo cual resulta en una tarea dificil ya que se debe tener sumo cuidado para iniciar y culminar el circulo e iniciar el siguiente, para evitar distorsiones.

La instalación por anillos no es conveniente en nuestro caso, ya que existen grandes dilataciones en bloque, que causan distorsiones y desprendimientos de los ladrillos.

Además para unir estos ladrillos se utilizó morteros de fragua en frio. (ver características en tabla #3D), que tienen la ventaja de producir una unión estable sin intervención del calor, pero que tiene las desventajas de que si no se aplica en la cantidad apropiada, esto es en juntas menores de 2mm, con la temperatura forman juntas de separación

y causan desprendimientos y deslizamientos de los ladrillos.

En nuestro caso hubieron uniones con espesores de hasta 5 mm, las cuales al contraerse los ladrillos por efecto de calor dejaban grandes separaciones en las juntas, como se nota en las Figuras #14 y #15.

El material empleado en la construcción del cono exterior (Hasle B 1500), además de las propiedades físicas que no lo hacen adecuado para las condiciones de operación, fue instalado en la placa metálica sin los anclajes dimensionados correctamente para evitar los desprendimientos cuando ocurren fallas por efectos térmicos.

En la Figura #20, se muestra un anclaje del cono refractario exterior que no cubre ni la quinta parte del espesor del material, nótese adumás en el lado izquierdo el color café del material y las porosidades que presenta debido al ataque por escorias, en el lado derecho el color es blanco con baja porosidad.

Del análisis de los defectos llegamos a la conclusión que los materiales y métodos de instalación utilizados en el diseño original no son los correctos para nuestras condiciones y es

errores cometidos en la instalación del mismo.

Como los ladrillos empleados originalmente, eran aislantes y estos materiales tienen la ventaja de ser facilmente trabajables, con herramientas de abrasión, se utilizó ésta propiedad para darle cierta conformación a estos ladrillos para que se adapten a la forma geométrica de la construcción.

Los ladrillos se instalaron formando anillos avanzando desde el quemador hacia el secador, lo cual resulta en una tarea dificil ya que se debe tener sumo cuidado para iniciar y culminar el circulo e iniciar el siguiente, para evitar distorsiones.

La instalación por anillos no es conveniente en nuestro caso, ya que existen grandes dilataciones en bloque, que causan distorsiones y desprendimientos de los ladrillos.

Además para unir estos ladrillos se utilizó morteros de fragua en frio. (ver características en tabla #3D), que tienen la ventaja de producir una unión estable sin intervención del calor, pero que tiene las desventajas de que si no se aplica en la cantidad apropiada, esto es en juntas menores de 2mm, con la temperatura forman juntas de separación

necesario seleccionar materiales y métodos que se cumplan.

CAPITULO II

SOLUCION AL PROBLEMA

2.1 CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL MATERIAL REFRACTARIO

En primer lugar debemos estudiar las ventajas y desventajas de las propiedades de los materiales empleados en la construcción original, de la cámara de combustión, para en base a los mismos proceder a seleccionar las alternativas de calidad de materiales para reconstruir la cámara. Las ventajas y desventajas de las propiedades de éstos materiales se detallan a continuación.

CONCRETO REFRACTARIO HASLE B 1500

Ventajas

1.- Cono pirométrico elevado, SK= 33,que le permite soportar altas temperaturas.

2.- Alta resistencia al choque térmico, que le permite soportar los cambios lineales y cristalográficos producidos por efectos térmicos.

Desventajas

1.- Propenso al ataque alcalino (escorificación del refractario), ya que en la prueba de ataque alcálina (Alkalitest) DIN 51069, tiene 9 en una escala de 0 a 10.

2.- Alto desgaste por abrasión, 0.7 gr/cm^2.

Estas dos últimas desventajas lo hacen propenso al ablandamiento y por efectos de ataque químico y por lo tanto le hacen disminuir sus propiedades de resistencia a los efectos térmicos.

LADRILLOS REFRACTARIOS HASLE JM 3000 E ISOMAX P-28

Ventajas

1.- Ladrillo de tipo aislante que por su baja conductividad térmica, disminuyen las pérdidas de calor dentro de la cámara y permiten ahorros en el consumo de combustible.

2.- Baja densidad, lo cual permite realizar construcciones de bajo peso y versátiles, debido a su fácil formabilidad.

Desventajas

1.- Alta porosidad, que los hace propensos a penetración de gases corrosivos, como el pentóxido de Vanadio V_2O_5, contenidos en los gases de combustión.

2.- Alto contenido de óxidos alcalinos, que al reaccionar con los gases corrosivos forman eutécticos de bajo punto de fusión.

3.- Altos índices de encogimiento y astillamiento que producen distorciones en los anillos construidos.

4.- Costo más alto que los ladrillos comunes debido a su alto contenido de alúmina.

Los ladrillos P-28 que forman parte de la construcción de la cámara, no sufren ataque fuertes debido a que soportan temperaturas menores y ataque de gases de combustión con menor cantidad de impurezas, por lo que es posible seguir utilizándoles como parte de la construcción.

Es necesario entonces definir que la reconstrucción ha realizar se circunscribe al cono exterior del quemador y al revestimiento de la precámara.

Para ambas partes, se presentaron y cotizaron localmente y en el exterior algunos materiales alternativos, por lo que es necesario, realizar un estudio de estas alternativas por separadas.

CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL MATERIAL PARA RECONSTRUIR EL CONO POSICION #6

Para la reconstrucción del cono posición #6, fueron presentados algunos materiales como alternativa de solución, por parte de los representantes de algunas Compañías de refractarios, debemos puntualizar que en el presente informe técnico sólo consideramos las que fueron preseleccionadas como posibles soluciones.

Como el cono refractario, es una construcción monolítica, existían dos alternativas, reconstruir con plástico refractario o con concreto refractario.

El plástico refractario, es adecuado para reparaciones rápidas y trabajos de parchado, pero no para realizar una reconstrucción total, ya que

su forma de suministro en tajadas hace dificil la tarea de apisonamiento y requiere más tiempo para el fraguado y secado, además de anclajes cerámicos que son costosos.

Los concretos tienen la ventaja de ser fáciles de preparar y requieren menor tiempo para el fraguado y sólo requieren anclajes metálicos. Debido a estos motivos decidimos que lo más conveniente era utilizar concreto refractario, debemos ampliar aún más nuestra decisión ya que existen concretos silísicos aluminosos y concretos de alta alúmina.

Los concretos de alta alúmina, comparados con los concretos silicos-aluminosos presentan un servicio más seguro, temperaturas elevadas de hasta 1800°C, y tienen mejores propiedades de resistencia mecánica y uniformidad estructural.

Al haberse decidido utilizar concreto de alta alúmina, (contenido de alúmina mayor al 50%), necesitamos definir las especificaciones mínimas que debe cumplir éste conreto para satisfacer nuestras necesidades; éstas especificaciones las damos a continuación.

ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO PARA RECONSTRUIR EL CONO EXTERIOR.

1.- Alta refractariedad, que le permita soportar temperaturas mayores a los 1500°C en operación continua.

2.- Poseer una conductividad térmica moderada que permita mantener el calor en el interior de la cámara.

3.- Constancia de volúmen, es decir, bajo porcentaje de encogimiento y deformación lineal permanente.

4.- Deśarrollar una vez fraguado, estructuras de baja porosidad e impermeables, que resistan a la penetración de gases corrosivos y a la acción abrasiva de sólidos y la acción erosiva de líquidos.

5.- En su composición química, deben poseer la menor cantidad posible de óxidos alcalinos, para disminuir la reacción de éstos con el pentóxido de vanadio, y el porcentaje de alúmina no debe ser mayor al 70%, para evitar reformación de cristales que producen hinchamientos y expansiones no uniformes.

TABLA #5A
PROPIEDADES TIPICAS CONCRETOS REFRACTARIOS
ALTA ALUMINA ERECOS.

MARCA	CONCRAX 1700	
CLASIFICACION ICONTEC N-814, ASTM C-401	CLASE E	
Análisis Químico (Base calcinada) %		
Al_2O_3	86,3	
SiO_2	5,8	
Fe_2O_3	1,1	
CaO	3,6	
MgO	0,5	
Alcalis	0,3	
PCE	>38	
ICONTEC N-706, ASTM C-24 °C	>1850	
Máx temp.' de servicio recomendada ICONTEC N-814 °C	1650	
Máximo tamaño de gano mm.	3	
Material requerido por m^3 kg	2530-2630	
Agua de preparación ICONTEC N-988, ASTM C-860 cc, de agua/kg de material	95 105	
Densidad aparente	110	2.55-2.65
ASTM C-134	1000	2.45
°C - gr/cc	1260	2.55
	1480	2.75
Módulo de ruptura en frío	110	60-90
ICONTEC N-988	1000	45
ASTM C-133	1260	330
°C - kg/cm^2	1480	300
Resistencia a compresion en frío	110	180-380
ICONTEC N-682	1000	120
ASTM C-132	1260	330
°C - Kg/cm^2	1480	800
Cambio lineal permanente	1000	0.3
ICONTEC N-988	1260	1.1
ASTM C-401 y C-865 °C-% E= expans.	1480	3.0

TABLA 5B
PROPIEDADES DEL CONCRETO PUROCRETE DE ALTA PUREZA BAJO HIERRO

Temperatura límite de servicio ------ 1760 °C
Clasificación ASTM C-401 ------------ Clase G
Porcentaje de agua requerido -------- 9-11
para la mezcla por peso
Material requerido por m_3 ---------- 2323-2403 kg
Empaque ------------------------------- 45,4 kg sacos

TEMP.	DENSIDAD	CAMBIO LINEAL	MODULO DE	RESIS.ROTURA	CONDUCTIVIDAD
°C	Gr/cm³	TOTAL (%)	RUPT.(kg/mm²)	FRIO kg/mm²	Kcal/m²hr°C/m
104	2,29-2,40	-0,1 a -0,5	0,45-0,51	1,50-2,08	-----
538	2,29-2,35	-0,2 a - 0,6	0,30-0,37	1,60-1,91	1,16
816	2,24-2,32	-0,2 a -0,5	0,30-0,39	1,62-1,98	-----
1093	2,24-2,35	-0,2 a -0,5	0,21-0,39	1,27-1,84	1,14
1399	2,16-2,19	+1,0 a +1,4	0,79-1,13	2,49-3,16	-----
1599	2,15-2,23	+1,4 a +1,9	1,34-2,00	4,20-7,02	-----
1705	2,15-2,21	+1,4 a +1,9	1,44-2,42	3,95-7,73	0,98
1760	2,24-2,29	+0,4 a +1,2	1,54-2,15	5,12-10,14	-----

ANALISIS QUIMICO

SiO_2 ---------- 27,7 % Incluye porcentaje de encogimiento que ocurre en el curado.
Al_2O_3 -------- 66,4 %
Fe_2O_3 -------- 1,0
TiO_2 ---------- 1,6
CaO -------------- 2,8
MgO -------------- 0,2
Alcalis ---------- 0,3

6.- Resistencia la ruptura mínima 94 Kg/cm² y del 0,7% al 3,6% de deformación bajo carga en caliente según normas ASTM c16.

7.- Bajo porcentaje de óxidos alcalinos en su composición.

Seis tipos de ladrillos, *cumplian las* especificaciones de calidad, cuatro disponibles localmente y dos en el exterior; para hacer la selección final debemos *calificar*, *cumplimiento* de especificaciones, disponibilidad de los formatos requeridos, costo, asesoramiento técnico.

La calificación de las alternativas se hicieron en base al mismo criterio de selección del concreto refractario, y un resumen de estas calificaciones se dan a continuación.

Alternativa # 7A: con las especificaciones, a ecepción de tener un contenido de álcalis un poco alto 1,5%, y no estan disponibles localmente en el formato arco #1.

Alternativa # 7B y : Se analizan en conjunto,dos tipos de ladrillos de la misma marca, y presentan ligeras variaciones en cuanto a calidad y a costos, ambos tipos tienen densidades ligeramente

inferiores a las especificadas, y porosidades ligeramente mayores, lo cual no influye mayormente, están disponibles localmente en ambos formatos.

Alternativa # 7C: Es la que mejor cumple con las especificaciones, especialmente en lo referente a porosidad y variaciones dimensionales; no estan disponibles localmente, constituye la alternativa más costosa.

Alternativa # 7D: Cumple todas las especificaciones a ecepción de tener una conductividad térmica un poco alta, no está disponible localmente su costo es también alto.

Alternativa # 7E: Cumple todas las especificaciones está disponible localmente en ambos formatos, resulta el más barato económicamente.

TABLA 7A
PROPIEDADES FISICO QUIMICAS DE LOS LADRILLOS
REFRACTARIOS MOREX

CLASIFICACION	Ladillo Altamente Refractario
PROCESO DE FABRICACION	Prensado Seco
PROPIEDADES FISICAS	
C.P.E (cono pirométrico equivalente ASTM C-24	32 - 33 (1725 °C
Deformación Bajo carga % ASTM C-16 1350 °C	0,15 - 2,0
Variación lineal permanente % ASTM C-113 5 horas a 1400 °C	-0,1 - +0,1
5 horas a 1500 °C	-0,1 - +0,7
Resistencia a la compresión en frío Kg/cm^2	160 - 275
Módulo de Ruptura kg/c^2	60 - 115
Pérdida por desintegración al Choque Térmico ASTM C-107 Recalentamiento 1600 °C	Inferior al 10%
Densidad de Masa g/cm^3	2.10- 2.19
Porosidad Aparente % ASTM C-20	15 - 20
ANALISIS QUIMICO	
Al2O3	37,8 %
SiO2	55,9
Fe2O3	1,9
CaO	0,6
MgO	0,6
Alcalis	1,5
TiO2	1,1

TABLA 7B
PROPIEDADES TIPCAS LADRILLOS REFRACTARIOS SILICO ALUMINOSOS ERECOS

MARCA	U-30	U-33
CLASIFICACION INCONTEC N-773 ASTM C-27	Altamente refractar. High Duty	Super refractarios Super Duty
ANALISIS QUIMICO %		
Al_2O_3	39,2	40,8
SiO_2	55,8	54,6
Fe_2O_3	1,8	1,7
TiO_2	2,1	2,0
CaO	0,4	0,25
MgO	0,3	0,25
Alcalis	0,3	0,4
PCE ICONTEC N-706 ASTM C-24 °C	32,1/2 1724	34 1763
Porosidad aparente % ICONTEC N-674,ASTM C-20	23-27	20-24
Densidad aparente (grs/cc) ICONTEC N-674 ASTM C-20	2.0-2.1	2.12-2.22
Resistencia a compresión Kgs/cm² ICONTEC N-682, ASTM C-133	140-240	250-370
Módulo de Ruptura (Kgs/cm²) ICONTEC N-682 ASTM C-133	55-105	73-135
Cambio Lineal permanente % ICONTEC N-688 ASTM C-113 °C	0.0-0.3 Cont. 1400	0.5-2.0 Cont. 1600
Deformación bajo carga en caliente. % ICONTEC N-1107 ASTM C-16 °C	0.6-0.7 1350	2.0-3.5 1450
Resistencia a choque térmico ICONTEC N-1432 ciclos	>30	>30

Los datos anteriores estan basados en los resultados promedios de las pruebas de control y no

deben emplearse para efecto de especificaciones. Pueden presentarse variaciones significativas de los resultados dependiendo del tamaño forma o proceso de fabricación.

TABLA 7C
PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS B&W 80

ANALISIS QUIMICO	
Al_2O_3	45
SiO_2	52
Fe_2O_3	1,4
TiO_2	1,7
CaO	0,1
Alcalis	0,3
Módulo de ruptUra en caliente a 1200 °C Kg/cm² (ASTMC 133-55)	119
Módulo de ruptura en frio Kg/cm² (ASTMC 133-55	280
Cambio lineal permanente % ASTM C 113-68 5 Hr a 1600 °C	-1,0
Conductividad térmica ASTMC 202-71 Kcal/m²hr °C/m a 260 °C	1,98
a 815 °C	1,93
a 1375°C	1,88
Deforma. bajo carga caliente % ASTMC 16-70 1½ hr a 1450 °C	1,0
Pérdidas por astillamiento % ASTMC 122-70 12 Ciclos	3,0
Porosidad %	17
Resist. a la abrasión % Pérdida de volúmen	2.2
Densidad Kg/dm³.	2,2
Punto de fusión. °C	1750

TABLA 7D
PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS
SILICO ALUMINOSOS SIAL 45 RT

ANALISIS QUIMICO		
Al_2O_3		49/53
SiO_2		40/45
Fe_2O_3		1,60/2,0
Densidad aparente gr/cm³		2,26/2,3
Porosidad aparente %		14/18
Resistencia a la comŽresien frio Kg/cm²		290/500
Módulo de Ruptura en frio Kg/cm²		70/100
Temperatura de servicio		1500 °C
Refractariedad cono piromètrico		33/34
Variación dimensiona| a 1600 °C	%	-0,5/-1,0
Dilatación térmica reversible %	a 1200 °C	0,5
	a 1500 °C	0,7

TABLA 7E
PROPIEDADES DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS
REPSA

Análisis Químico	
Al_2O_3	35
SiO_2	60
TiO_2	2,0
Fe_2O_3	1,5
CaO	0,7
MgO	0,5
Alcalis	0,3
Refractariedad:cono piromètrico equivalente	32½
Porosidad (%)	17-20
Densidad aparente (gr/cm³)	2,1-2,2
Resistencia a la compresión en frio (kg/cm²	197-267

En el cuadro que se muestra a continuación se indica las calificaciones de cada alternativa.

TABLA # 8
CALIFICACION DE LAS ALTERNATIVAS DE LOS LADRILLOS REFRACTARIOS

Alternativa	7A	7B	7C	7D	7E
Cumplimiento de especif.	8	9	10	9	10
Costo	3	3		1	5
Disponibilidd	5	10	6	5	10
Asesoramiento	8	8	3	0	8
Total	24	30	20	0	33

Una vez determinadas las cantidades, formatos y teniendo la alternativa de calidad apropiada, deberan hacerse reajustes una vez se determine el método de instalación.

CARACTERISTICAS Y SELECCION DEL MORTERO REFRACTARIO.

Los morteros refractarios son argamasas que sirven para pegar los ladrillos y enlucir paredes, para darles mejor presentación y protegerlos contra ataque de elementos externos.

Estos morteros pueden ser de fragua en frio o al

aire y de fragua térmica; los primeros producen una unión estable, e impermeable sin necesidad de la intervención del calor, los segundos necesitan de la acción del calor para formar unión cerámica efectiva entre los ladrillos, además necesitan tener características similares a las de los ladrillos que unen; presentan la ventaja de permitir mayor flexibilidad a las expansiones y contraciones.

En la selección del mortero, no hubo investigación a pesar de haberse presentado algunas alternativas; pués se escogió como alternativa, un mortero de fragua al aire, recomendado por el fabricante de los ladrillos refractorios escogidos para la reconstrucción de la precámara.

Las características más resaltantes de éste mortero aparecen en la Tabla #9.

2.2 SELECCION DEL PROCEDIMIENTOS DE INSTALACION.

Una vez seleccionados los materiales es necesario, programar la recostrucción pero previamente debemos definir en base a los medios con los que contamos, los procedimientos adecuados para la mejor utilización de los materiales que aseguran su duración.

TABLA #9

CARACTERISTICAS DEL MORTERO HARWACO BOND

CONO PIROMETRICO ORTON 31	
TEMPERATURA MAX DE TRABAJO	1650 °C
TIEMPO DE FRAGUADO	4 -5 MIN.
MODULO DE RUPTURA	50 KG/CM2
RENDIMIENTO	140 KG/1000 LADRILOS DE 227 x 114 x 65 MM.
PRESENTACION	SACOS DE 50 KG POLVO SECO
PROPIEDADES DE MEZCLA	24-26 % DE AGUA PARA ASENTAMIENTO DE LADRILLOS 28-30 % PARA JUNTAS DE INMERSION 30-32 % PARA SELLADO
COMPOSICION QUIMICA	
SiO2	54 - 50 %
Al2O3	34 - 39 %

Para instalar el concreto refractario con el que vamos a reconstruir el cono #6, necesitamos definir:

1.- Método de aplicación del concreto

2.- Tipo de anclaje.

3.- Dimensionamiento y construcción de moldes.

Existen tres métodos de aplicaión para el concreto por método manual o con bailejo, por vaciado y vibrado con martillo neumático, y por proyección con pistola neumática.

El método escogido fue el primero ya que debido a que el volúmen de material a fundir no es grande y no contamos con los equipos necesarios para utilizar los otros dos métodos, el inconveniente del método manual es el de utilizar más horas hombre, y realizar el trabajo en una sóla jornada larga y contínua, corriendo el riesgo de que el material aplicado se endurezca gradualmente, y se presente el inconveniente de formar estructuras de distinta consistencia.

Es necesario, utilizar anclajes para sostener el concreto una vez fundido, los anclajes más comunes aparecen en Apéndice 12.

Por facilidad se escogió el método de anclaje indicado con el número 1 que aparece en dicha Figura, se debe mencionar que estos anclajes fueron, construidos con varilla de acero inoxidable, para evitar corrosión por efecto de calentamiento. Estos anclajes deben ser cubiertos con papel para garantizar un espacio para la dilatación y contracción del concreto y del anclaje.

Se construyeron dos moldes de madera para la forma cónica, los mismos que fueron asegurados con el objeto de evitar deslizamientos y deformaciones geométricas en el vaciado y fraguado del material.

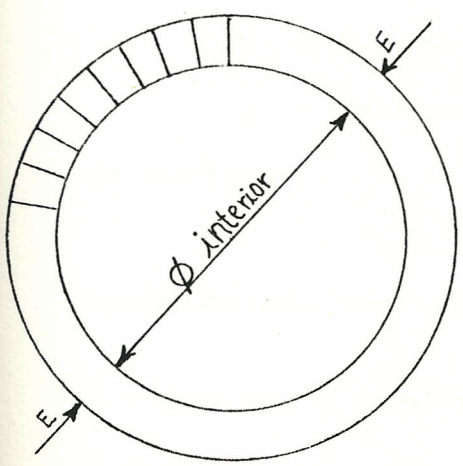
Para la instalación de los ladrillos refractarios, se decidió hacer la instalación de forma amarrada, lo cual consiste en la instalación de los ladrillos en filas, intercalando otras filas formadas por ladrillos más largos, con el objeto que las uniones de los ladrillos de una fila no coincidan con las uniones de los ladrillos de la otra fila para evitar que debido a los cambios volumétricos y si se producen algún desprendimiento no afecte a las filas consecutivas.

Se deben ir formando los anillos cada cinco filas; empezando desde el centro inferior, avanzando tan

arriba como sea poseble, tratando de asentar cada ladrillo a la plancha metálica. Debe tenerse en cuenta que no debe cerrarse el anillo en el centro superior ni tampoco se lo debe hacer con ladrillos de forma recta, para evitar riesgos de desprendimiento.

Este método presenta dos inconvenientes, uno el de ser más tedioso para trabajar ya que se necesita, marcar y medir la posición de las filas, y el otro , de que debemos variar los formatos y disposiciones de los ladrillos.

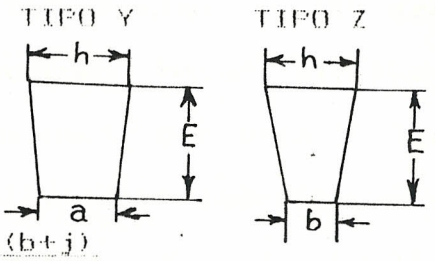
Se habían seleccionado inicialmente 76 ladrillos de forma arco #1 y 14 ladrillos rectos por cada anillo, aplicamos la fórmula geométrica que aparece a continuación, para redefinir la cantidad de ladrillos a utilizar, en base al parámetro importante del espesor de la junta.



1.- Primero se escoje el formato y la serie del ladrillo en función del espesor E del anillo.

2.- Se determinan dos tipos de ladrillos Y y Z.

3.- Se obtiene el número de ladrillos para la combinación en base a las siguientes fórmulas.



$$Nt = \frac{(Dint + 2E) \times \pi}{h + j}$$

$$Ny = \frac{(Dint \times \pi) - N+\times(b+j)}{a - b}$$

$$NZ = Nt - Ny$$

Siendo: Nt = Número de ladrillos por anillo.

Ny = Número de ladrillos tipo Y por anillos.

Nz = Número de ladrillos tipo Z por anillo.

E = Espesor del anillo.

h = Espesor mayor de los ladrillos.

a = Espesor menor del ladrillo tipo Y.

b = Espesor menor del ladrillo tipo Z.

j = Espesor de la junta (normalmente 1 mm de mortero)

Reemplazando los valores.

E = 114 mm, h = 63 mm, a = h = 63 mm, b = 58 mm

h = 1 mm.

Nt = 89 ladrillos.

Ny = 91 ladrillos rectos.

Nz = 80 ladrillos arco #1.

Aproximamos el número total de ladrillos a 90, compuesto por 10 ladrillos rectos y 80 ladrillos arco #1, lo cual podemos hacer sin reducir el espesor de la junta, es decir por cada 9 ladrillos arco #1, podemos utilizar un ladrillo recto, por cada anillo, tratándose de 4 anillos que necesitamos formar, es posible formar una construcción amarrada, de acuerdo al procedimiento indicado en el Apéndice 11, utilizando ladrillos de longitud 343 mm de la siguiente manera; tomando en consideración una sección de 10 filas de ladrillos.

Necesitamos: 9 ladrillos arco #1, de 343mm de largo por cada 10 filas.

21 ladrillos arco #1, de 229mm de largo por cada 10 filas.

40 ladrillos rectos de 229 mm de largo por cada 10 filas.

Tratándose de 90 filas de ladrillos, necesitamos:

81 ladrillos arco #1, de 343mm de longitud.

189 ladrillos arco #1, de 229mm de longitud.

36 ladrillos rectos 229mm de longitud.

Como éste cálculo es aproximado, necesitamos adquirir una cantidad de ladrillos en exceso para cubrir cualquier imprevisto; se procede a adquirir un 10% aproximadamente de exceso. Las cantidades finales de los materiales adquiridos se encuentran en la Tabla # 10.

También fue necesario construir un anillo adicional de 229mm de espesor ubicado entre las posiciones 2 y 5 de la Fig 9, la construcción de éste anillo de ladrillos refractorios, tiene el objeto de proteger al cono deflector de la incidencia directa del fuego, cuando se produce alguna fluctuación o descentramiento de la llama.

El número y combinación de ladrillos fue calculada siguiendo el método anterior, utilizando Apéndice 7, encontramos que la combinación aproximada es de 86 ladrillos cuña #1, y 13 ladillos cuña 1-x, con el uso de la fórmula determinamos que las cantidades correctas son :

Nt = 100 ladrillos.

Ny = 92 ladrillos Cuña #1

Nz = 8 ladrillos cuña 1-x

Una vez determinadas las calidades y cantidades de los materiales refractarios que vamos a utilizar en nuestro trabajo de reconstrucción, es necesario elaborar un programa de actividades, que se deben cumplir para que el trabajo de reconstrucción se realice en el tiempo de una semana calendario, que el tiempo que se aprovecha todos los meses para realizar trabajos de mantenimiento en la Industria pesquera; además es necesario programar personal necesario y tiempo para no interferir con otras actividades de mantenimiento establecidos, para ese período. Las actividades ha realizar en este trabajo de reconstrucción son las siguientes.

Una descripción más amplia de éstas actividades, considerando un detalle del personal necesario y el tiempo estimado para realizarlo, se explica a continuación.

TABLA # 10
MATERIAL NECESARIO PARA LA RECONSTRUCCIóN CAMARA DE COMBUSTION.

CANTIDAD	DESCRIPCION	TIPO Y MARCA
50	Ladrillo aislant llave #1 normal	JM-3000 Hasle
100	Ladrillo aislante arco #1 normal	JM-3000 Hasle
80	Ladrillo aislante cuña 1-x normal	JM-3000 Hasle
90	Ladrillos arco #1 extra largo	Repsa
200	Ladrillos arco #1 normal	Repsa
40	Ladrillos rectos normales	Repsa
95	Ladirllos cuña #1 norma	Repsa
10	Ladrillos cuña 1-x normal	Repsa
2	Rollos revestimienteo aislante espesor 6mm	K-45/160 Karlene
150Kg	Mortero refractario harxecobond.	Repsa
350Kg	Concreto refractario alta alúmina	Purocrete Kaiser

1.- Construcción de herramientas, moldes y accesorios; ésta actividad fue realizada con anticipación, es decir antes de paralizar las actividades de la Planta, ya que como se conocían las dimensiones de los moldes la cantidad de anclajes y herramientas necesarias, podíamos realizar estos trabajos para ganar tiempo.

Eventos	Personal necesaio	Tiempo estimado
Construcción de 2 moldes de madera	2 carpinteros	16 horas
Costrucción de 3 mazos y 4 compactadores de madera.	1 carpintero	6 horas
Construcción de 30 anclajes de varillas de acero inoxidable.	1 mecánico	5 horas
Construcción de 4 cerchas metáli.	1 soldador-1 oficial	16 horas

2.- Desmontajes del quemador, ducto de aire primario y secundario, tuberías de combustión,

etc.

Eventos	Personal necesario	Tiempo EStimado
Desconección de circuitos electricos de válvulas solenoides , des,transformadores de encendido etc.	1 electricista	2 horas
Desmontaje del quemador ductos de aire, tuberias.	1 mecánico - 1 oficial	5 horas

3.- Desmontaje de conos refractarios.

Eventos	Personal necesario	Tiempo estimado
Aflojar pernos en bridas	1 mecánico - 1 oficial	3 horas.
Maniobra de désmontaje de los conos.	1 operador de montacargas	1 hora

4.- Reconstrucción del cono refractario deflector de llama.

Eventos	Personal necesario	Tiempo estimado
Demolición del concreto dañado.	3 albañiles	4 horas
Limpieza de la plancha metálicas del cono.	2 albañiles	3 horas
Instalación de 30 anclajes metálicos	1 soldador	3 horas
Fundición del concreto	3 albañiles	10 horas
Fraguado del concreto		12 horas
Secado al aire		24 horas

5.- Reparación aletas interiores del secador

Eventos	Personal necesario	Tiempo estimado
Localización de aletas y y soldarlas	4 soldadores	18 horas

6.- Reconstrucción de la Precámara.

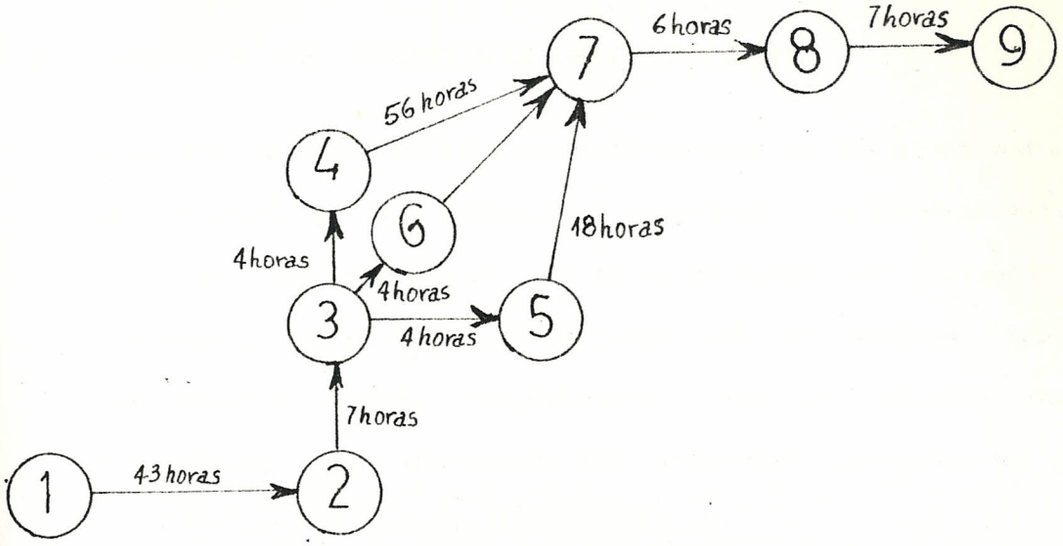


FIGURA #21: DIAGRAMA CPM DE LAS ACTIVIDADES PARA LA RECONSTRUCCION

Notamos que la actividad que nos consume más tiempo es la número 4-7 que se refiere a la reconstrucción del cono deflector de llama; pero es imposible disminuir el tiempo de ésta actividad, poR que es necesario cumplir con los tiempos de fraguado y secado, para garantizar la resistencia dl material del cono. La ruta con tiempo más largo entre las actividades 2 a 9 es de 80 horas, y si podemos cumplir las actividades dentro del período de una semana.

La ejecución de los trabajos de reconstrucción se logró cumplir dentro del tiempo establecido; y trataremos de explicar algunas frases de la misma

con la ayuda de las Figuras desde la 22 a la 32.

2.3 AJUSTE A LOS PARAMETROS DE OPERACION.

Una vez concluida la reconstrucción de la precámara de combustión fue necesario realizar una evaluación de las deficiencias en la operación del conjunto secador, con la finalidad de establecer que parámetros debían reajustarse con el objeto de garantizar la duración del material refractario y la calidad del producto final.

En los capítulos anteriores se identificó que los principales problemas de operación que afectaban la duración del refractorio; eran dos:

Mala combustión.
Efectos del choque térmico.

Por lo tanto debíamos ajustar parámetros para disminuir los efectos causados por estos problemas.

MEJORAMIENTO DE LA COMBUSTION.

El problema de la combustión, en si es un problema complejo desde el punto de vista de Ingeniería, vamos a describir como se logró mejorar la combustión en base al mejoramiento de la calidad

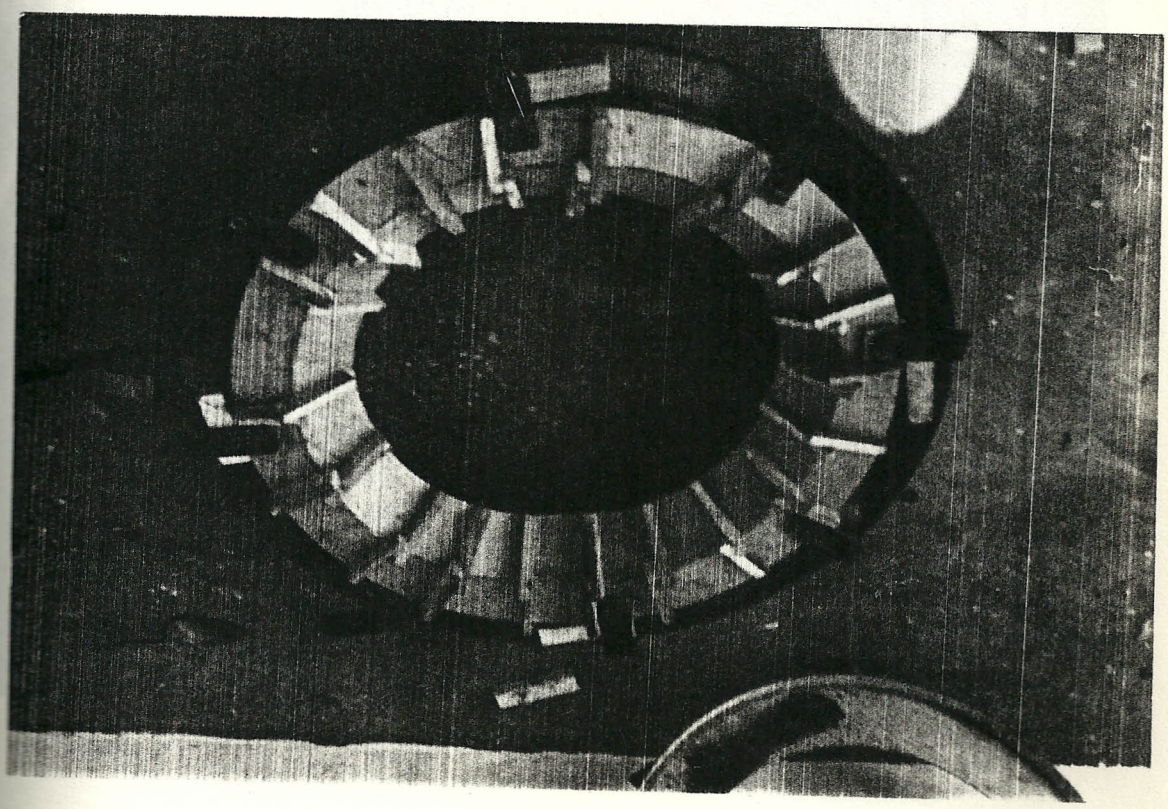


FIGURA #22: MOLDE DE MADERA ANCLADO A LA ESTRUCTURA METALICA DEL CONO DEFLECTOR DE LLAMA,NOTESE QUE ES NECESARIO UTILIZAR PERNOS ANCLAJES METALICOS PARA ASEGURAR EL MOLDE A LAS ESTUCTURAS Y EVITAR DESCENTRAMIENTOS.

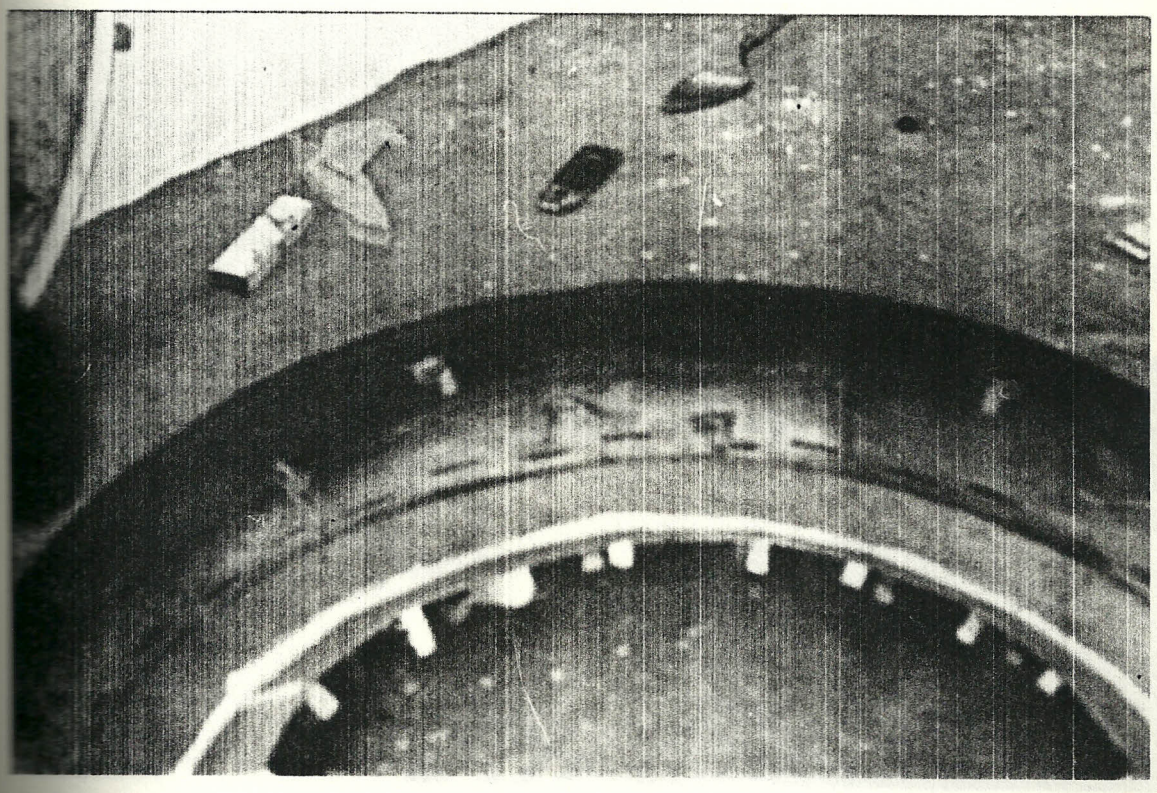


FIGURA #23: *ESTRUCTURA METALICA Y MOLDE DE MADERA HAN SIDO VOLTEADOS Y ESTAN LISTOS PARA RECIBIR EL CONCRETO, NOTESE LOS ANCLAJES METALICOS YA SOLDADOS Y ENVUELTOS CON PAPEL.*

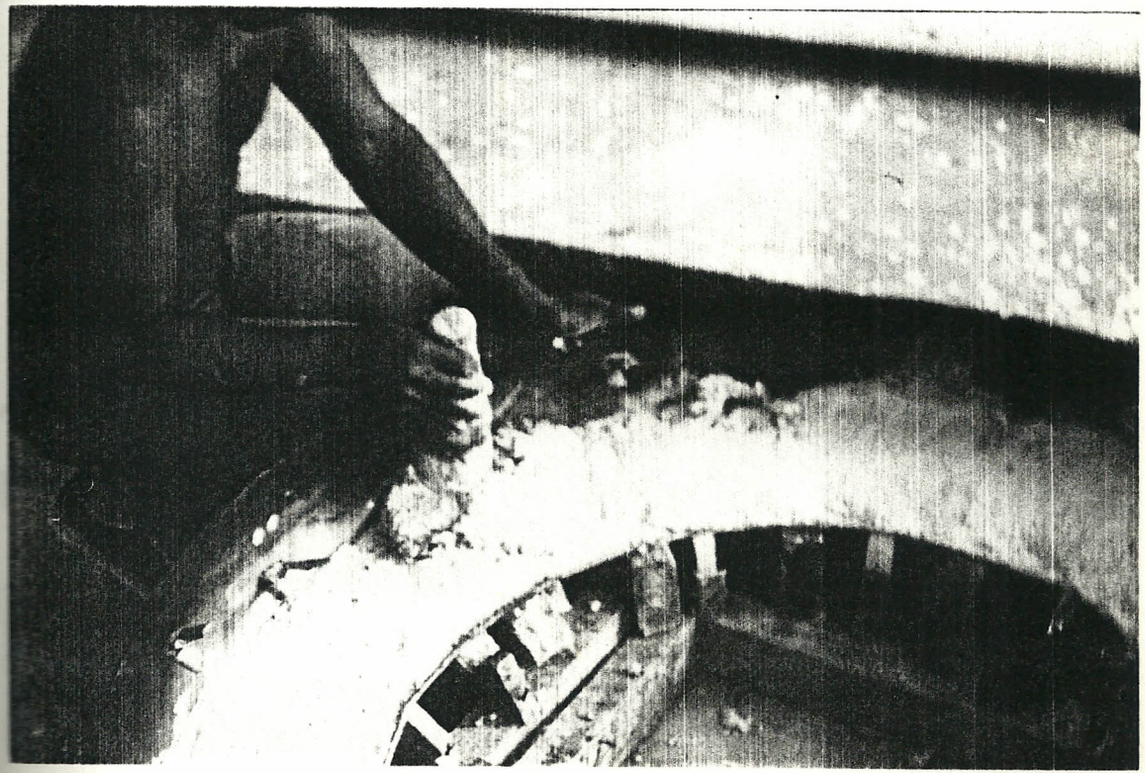


FIGURA #24: VACIADO DEL CONCRETO REFRACTARIO EN EL MOLDE; ES NECESARIO COMPARARLO CON UN MAZO DE MADERA DURA,CON EL OBJETO DE EVITAR LA FORMACION DE BOLSAS DE AIRE E IRREGULARIDADES TAMBIEN SE PUEDE APRECIAR LOS ANCLAJES METALICOS FORRADOS.

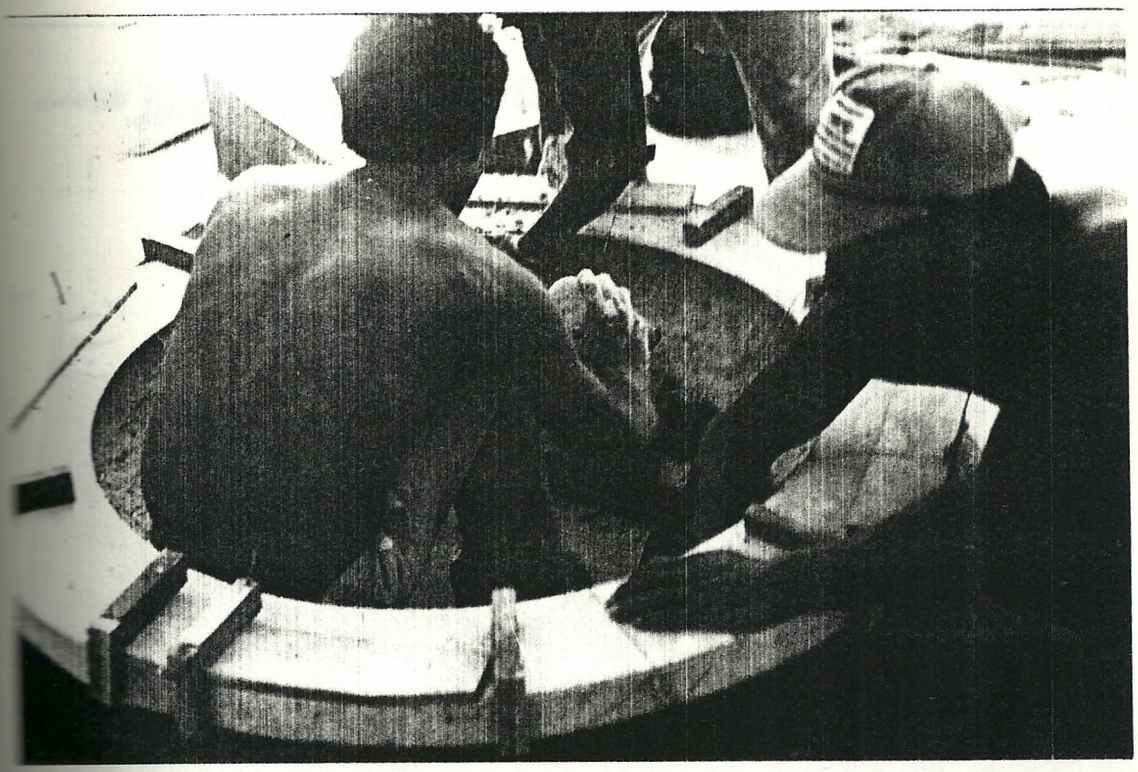
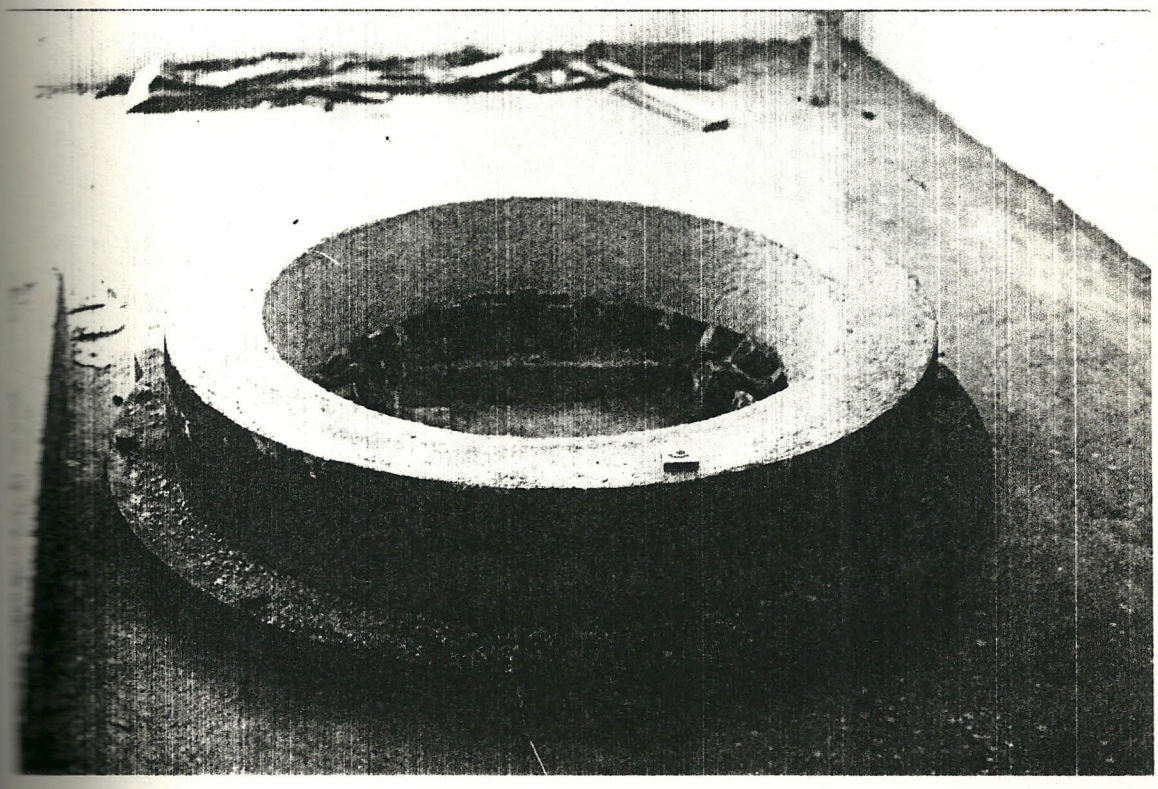


FIGURA #25: VACIADO DEL CONCRETO EN DOS MOLDES, EL MOLDE SUPERIOR FUE INSTALADO LUEGO DE HABERSE LLENADO COMPLETAMENTE EL MOLDE INFERIOR, EL OBJETO DE LA INSTALACION DEL MOLDE SUPERIOR ES EL DE NO PERDER LA FORMA CONICA DE LA FUNDICION.



FIGURAA #26: CONO REFRACTARIO TERMINADO DE CONSTRUIR, DURANTE EL TIEMPO DE SECADO AL AIRE; NOTESE QUE SE HA DESMONTADO EL MOLDE SUPERIOR CON EL OBJETO DE PERMITIR MAYOR CONTACTO CON LA ATMOSFERA

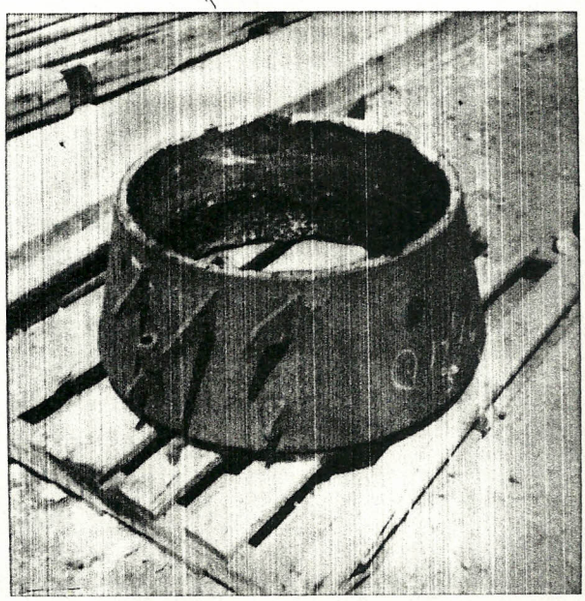


FIGURA #27: CONO MOVIL,NOTESE LAS DEFORMACIONES EN LAS A-
SAS PARA EL CENTRADO DE LA LLAMA.

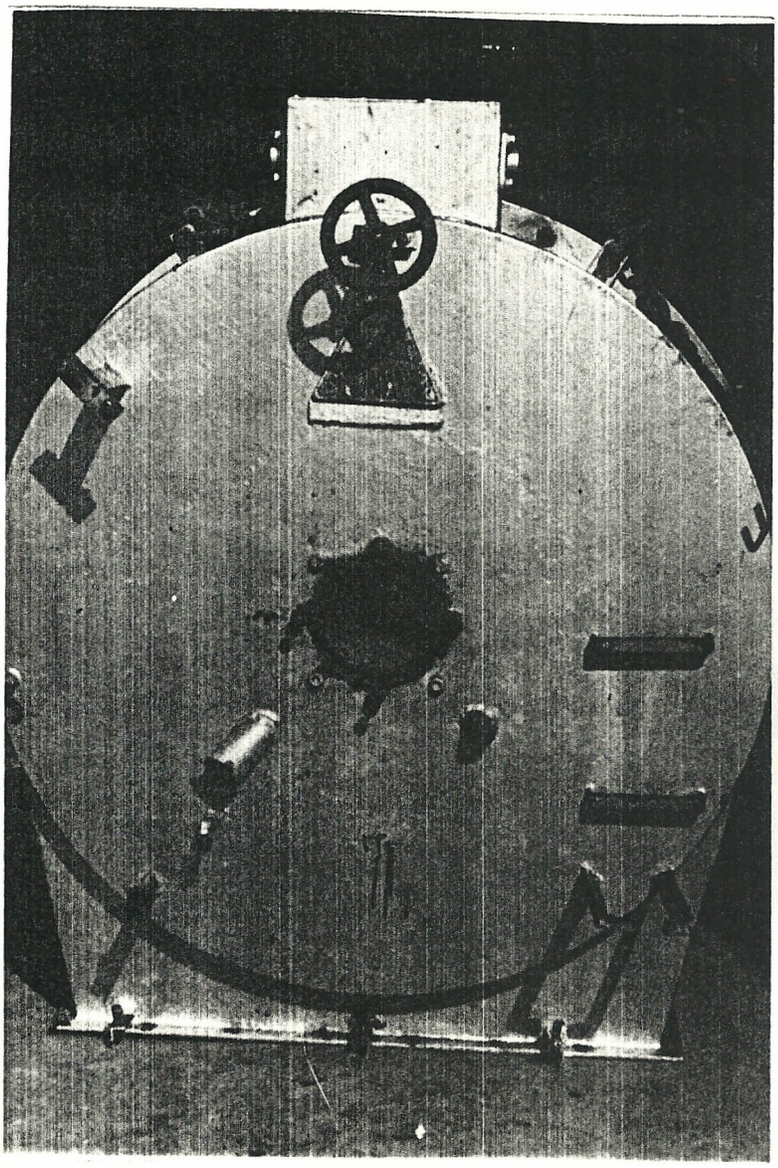


FIGURA #28: VISTA FRONTAL DEL CONJUNTO CONO INTERIOR Y MOVIL DESMONTADO

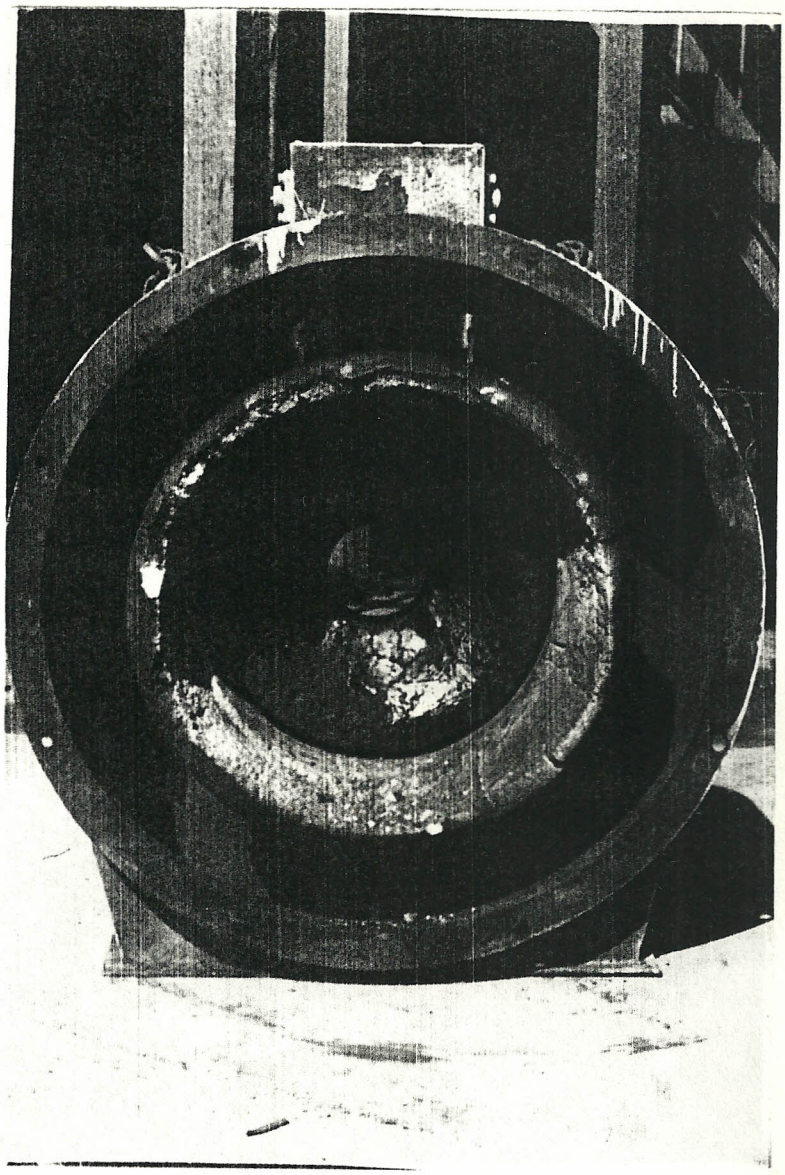


FIGURA #29: VISTA POSTERIOR DEL CONJUNTO CONO INTERIOR Y MOVIL DESMONTADO.

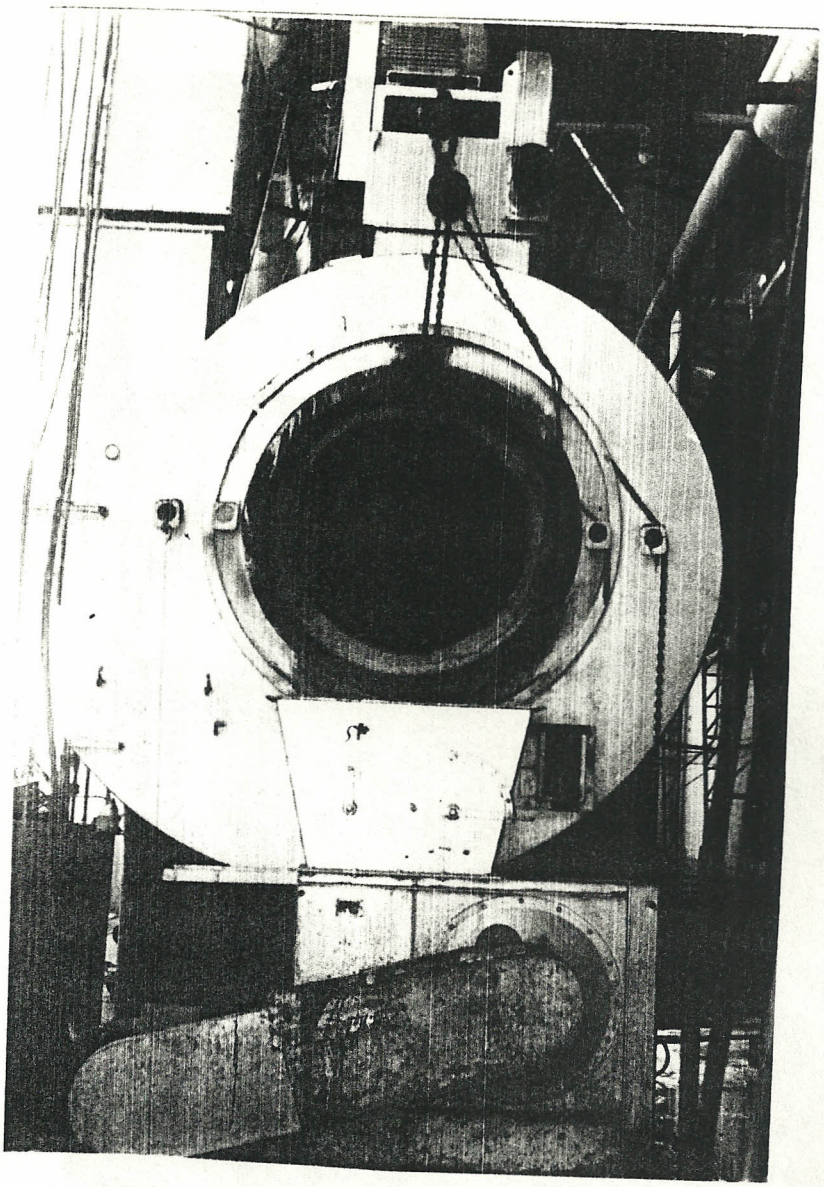


FIGURA #30: VISTA DEL CONO EXTERIOR DAÑADO ANTES DE SU DESMONTAJE.

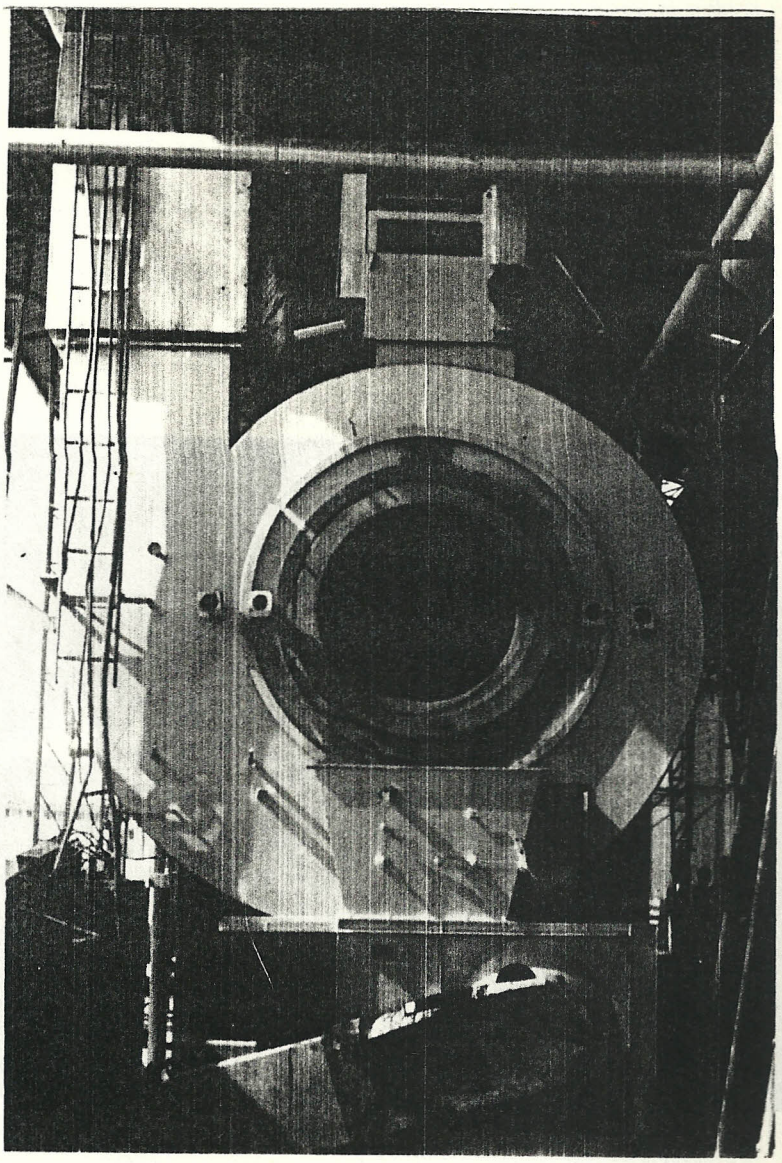


FIGURA #31: VISTA DEL CONO EXTERIOR RECONSTRUIDO MONTADO EN LA CAMARA.

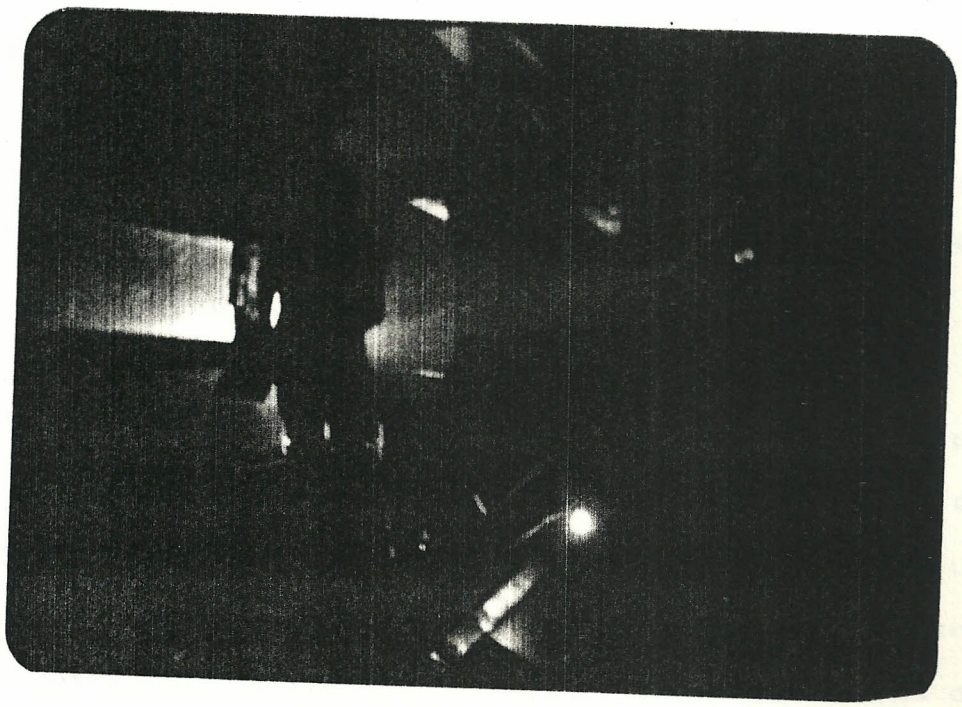


FIGURA #32: TRABAJO DE SOLDADURA EN EL INTERIOR DEL SECADOR.

del combustible y la regulación de los flujos de aire.

El combustible utilizado, es el combustible # 6, conocido como bunker, cuyas características principales fueron detalladas en la tabla # 4, este combustible por tener un alto porcentaje de impurezas, especialmente Vanadio, produce problemas en el refractario, ya que el vanadio en forma de pentóxido de vanadio V_2O_5 reacciona con los compuestos alcalinos que forman parte de la composición del refractario dando lugar a problemas de ablandamiento, lo cual fue descrito ampliamente en el Capítulo I.

Como primera solución se pensó en cambiar el tipo de combustible a Diesel, pero ésta solución presentaba las desventaja de ser más costosa en un 40%, además el diesel también contiene impurezas aunque en menor porcentaje, y conseguir cupos de éste combustible, no es tan fácil, debido a que necesita justificarse su uso en la Dirección de Hidrocarburos.

La mejor alternativa de solución a éste problema, fue la de utilizar previo asesoramiento con una Compañía de productos químicos, un aditivo que entre sus principales propiedades, neutraliza el

efecto del vanadio, cataliza la combustión, homogeniza el combustible, y en asunto costos encarece el combustible tan solo un 6 %.

En lo que se refiere a la regulación de los flujos de aire debemos mencionar que no se lo hizo tan sólo para mejorar la combustión sino para tratar de mejorar la eficiencia de todo el conjunto y lograr mejores parámetros de calidad de producto final.

Si nos basamos a las tablas 1A, 1B, 1C, donde aparecen los datos de operación de los ventiladores primario secundario y principal,asi como la Tabla 2 donde estan las características de operación del quemador y los comparamos con los datos de aparecen en el Apéndice 5 nos damos cuenta que para el combustible #6, se necesita aproximadamente 10563 mt^3 de aire por cada mt^3 de combustible, lo cual resultaría que como consumimos aproximadamente 1m^3/hr de combustible, el flujo de aire del ventilador primario sirve para atomización, y el flujo del ventilador secundario garantiza la combustión completa, además de que un flujo de exceso va ha calentarse para ser utilizado como medio de secado para la torta de prensa y se va ha crear un tiro inducido que va ha permitir un equilibrio en el secador. Un primer ajuste del flujo de aire secundario se hace con el volante #2

de la Fig #8, el varía la posición del cono móvil entre 8mm a 55mm de separación con respecto al cono exterior, éste primer ajuste se lo hace para centrar y dirigir la forma de la llama.

Un segundo ajuste pero éste con el objeto de regular la combustión se lo hace con un registro de 7 posiciones en forma manual.

Debemos mencionar que inicialmente con respecto al primer ajuste había la controversia entre trabajar con el cono móvil en posición mínima o en posición máxima; ya que en posición mínima la forma de la llama era mejor y estaba mejor centrada, pero había problemas de combustión, ya que era imposible regularla con el registro de 7 posiciones.

Con el cono móvil trabajando en posición máxima se mejoraba la combustión, ya que era fácil regularla con el registro de 7 posiciones pero la llama se decentraba, era muy corta, y su incidencia sobre el cono móvil lo deterioraba.

Se decidió que durante el desmontaje de la cámara para la reconstrución del refractario era necesario revisar los mecanismos que centran el cono móvil de ésta revisión nos dimos cuenta que dicho cono desde un inicio, estuvo trabajando descentrado tanto

horizontal, como verticalmente, ya que como se muestra en la Figura # 27 las áreas que permiten al cono acoplarse a la estructura, estaban decentradas 15 mm, y había sido compensado con dobleces en las asas, para corregir éste error se contruyeron asas nuevas y se ubicó en la posición correcta tanto vertical como horizontalmente.

Una vez realizado esto, asi como una separación de los conos rèfractarios móvil o interior se procedió luego de algunas pruebas a dejar ubicado el cono móvil a una distancia fija de 40 mm con respecto al cono exterior y la regulación del flujo de aire para la combustión se lo hará con el registro de siete posiciones.

En lo referente al flujo de aire del ventilador principal, debemos mencionar que no incide directamente en la combustión, pero como sirve para extraer el producto final, la humedad evapaorada y los gases calientes y esto incide en la operación del conjunto, también fue necesario hacer algunas variaciones.

la regulación del flujo de éste extractor se hace mediante un registro motorizado ubicado en la succión del mismo pero había el problema de que esta regulación no era suficiente porque se

producían acumulaciones de harina en el interior del secador, pérdida de partículas de polvo a la atmósfera desde el separador de ciclón y era difícil regular la humedad del producto final.

Para solucionar éste problema que nos ocasionaba serios riesgos de incendio, contaminación y abrasión de los refractarios por partículas en los gases de retorno, hubo que acortar la distancia entre el ducto principal del interior del secador y la salida del mismo desde 220 mm a 160mm con el objeto de disminuir la resistencia del flujo de gases.

Como complemento, el segundo grupo de aletas del interior del tambor secador tuvo que variarse su altura con respecto a la superficie exterior ya que para extrangular el flujo principal de gases y producto en el interior del secador.

Con estos ajustes en los flujos de aire logramos trabajar mejor en lo que se refiere a retorno de gases calientes, ya que si bien es cierto que el regulador de tiro tiene un rango de operación de 5-150 mbar (0,5-15 mm columna de agua); teniendo previamente equilibrada la presión en el interior del secador es posible trabajar en condiciones más estables de velocidad de tambor, lo cual permite

continuidad en el preceso.

DISMINUCION DE LOS EFECTOS DEL CHOQUE TERMICO.

Como consecuencia de los cambios de temperatura, los materiales refractarios se expanden y contraen de acuerdo a la temperatura a la que se encuentren y según el cambio minerológico y cristalográfico que se produzca en su composición a esa temperatura.

Además como consecuencia de los cambios térmicos se producen cambios en la conducción térmica de los materiales refractarios.

Del control coordinado de la expansión yconducción térmica depende la resistencia al cambio brusco de temperatura, fenómeno denominado choque térmico.

El material refractario de la cámara de combustión, y las aletas interiores del secador, estan sujetas a deterioro por efecto del fenómeno del choque térmico.

Como para disminuir los efecos de estos choques térmicos, es necesario controlar los ciclos de calentamiento y enfriamiento del conjuno, nuestro objetivo fue tratar de encontrar mediante la

experimentación, las curvas de calentamiento y enfriaiento más convenientes para nuestro trabajo.

La temperatura, en el interior del secador y de la cámara de combustión en nuestro caso no es posible controlarlas debido a que no existe la instrumentación adecuada en estos puntos. Pero si es posible controlar la temperatura de los gases de salida del secador, pues existe en este punto una termocupla regulable con la cual se puede ajustar dicha temperatura en un rango de 0-300°C. La termocupla va detectando instantáneamente la temperatura y envía una señal a un motor modulador el cual está conectado a la palanca de control del quemador, aumentando instantaneamente la cantidad de combustible y aire de atomización cuando la temperatura detectada es menor que la de ajuste y disminuyendola cuando dicha temperatura es mayor. Este tipo de control tiene una presición de ±10 °C.

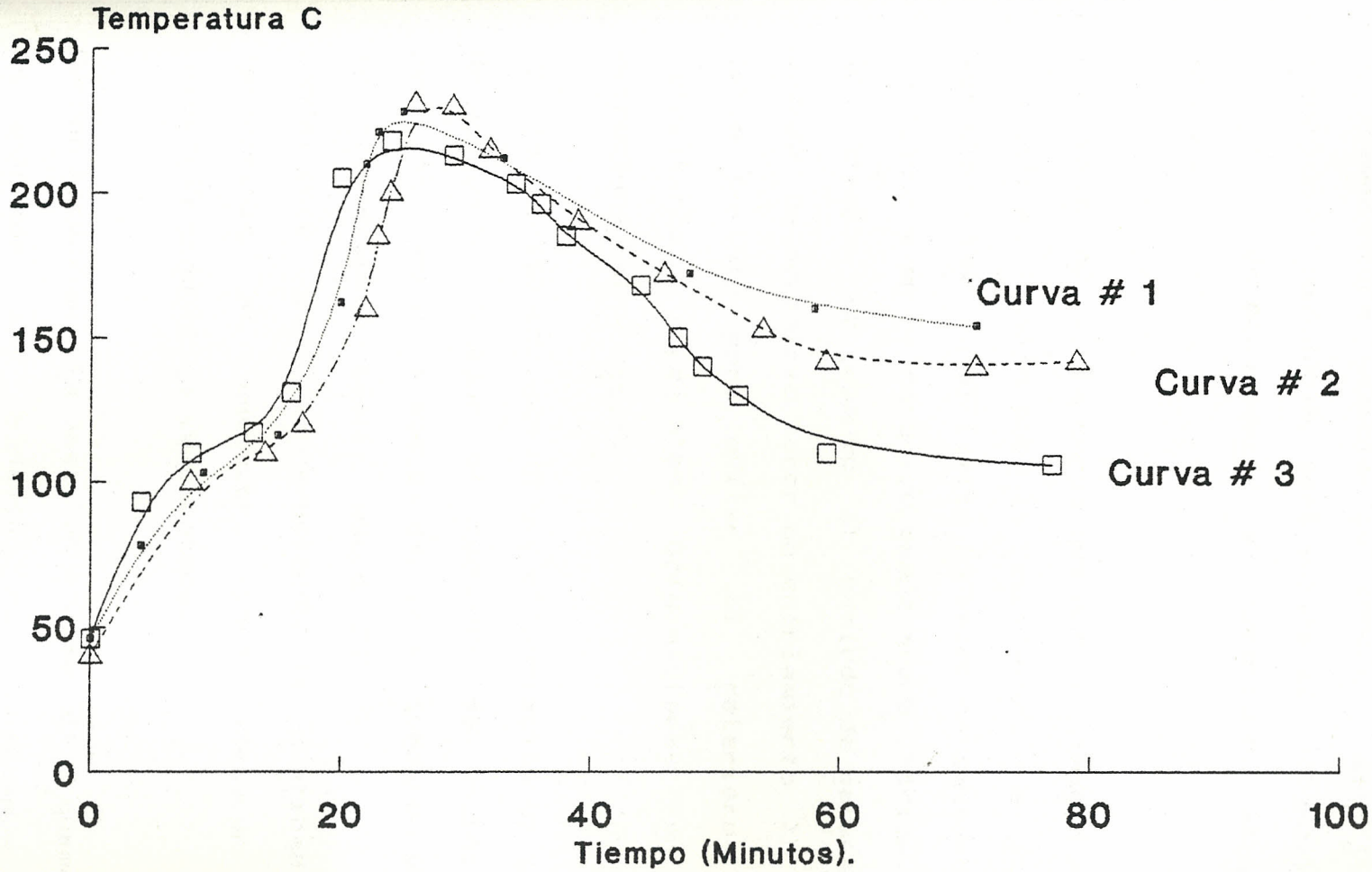
En el período de arranque, debe primero calentarse el combustible, arrancarse la válvula rotatoria, el ventilador primario, el ventilador secundario, el tambor secador y el ventilador principal, el cual debe trabajar en éste período con el registro en posición totalmente cerrada.

Arrancamos el quemador en posición manual ajustando la temperatura en intervalos de 10 °C a 20 °C .

Cuando se alcanza la tempratura máxima, se abre entre un 10% y 20% el registro de la succión del ventilador principal con el objeto de equilibrar el tiro y dar lugar a la recirculación de los gases calientes que ingresan por la parte exterior de los refractarios de la precámara con el objeto de disminuir el gradiente de temperatura entre la cara caliente y la cara fria, y también para empezar a disminuir gradualmente la temperaura hasta alcanzar el estado estable,el cual es recomendable esté entre 110 °C y 130 °C según el contenido de humedad de la torta de Prensa; una vez alcanzado el estado estable se alimenta la torta de prensa y el quemador es colocado en posición automático.

Se hicieron algunas pruebas de calentamiento, y en la Figura #33 graficamos tres curvas características.

la curva #1 es una curva en la cual la temperatura de estado estable es muy elevada 160 °C y podría ser utilizada tan sólo en casos extremos, como cuando la torta de prensa tiene un contenido de humedad fuera de lo normal.



Curvas de calentamiento del Secador.
Fig. No. 33

La curva #2 es la curva aproximada de como era el ciclo de calentamiento antes de hacer los ajustes la temperatura estable es cercana al límite superior recomendable, pero existe el inconveniente del tiempo de permanencia a temperatura alta es mínimo.

La curva #3 es la curva que más se asemeja a las condiciones ideales pues la temperatura de estado estable está en el límite inferior recomendable y se conserva en el rango de temperatura máxima por más tiempo. En cuanto al período de parada del secador es necesario hacer un enfriamiento lo más lento posible para evitar el deterioro del refractario y posibles deformaciones en la estructura del secador.

Cuando se detecta que no hay alimentación de torta de prensa al secador el quemador se ajusta en posición manual, a medida que se va quedando vacío la temperatura mínima entre 50 °C y 70 °C, manualmente se va reduciendo la cantidad de combustible al quemador, para asegurar una reducción gradual de temperatura.

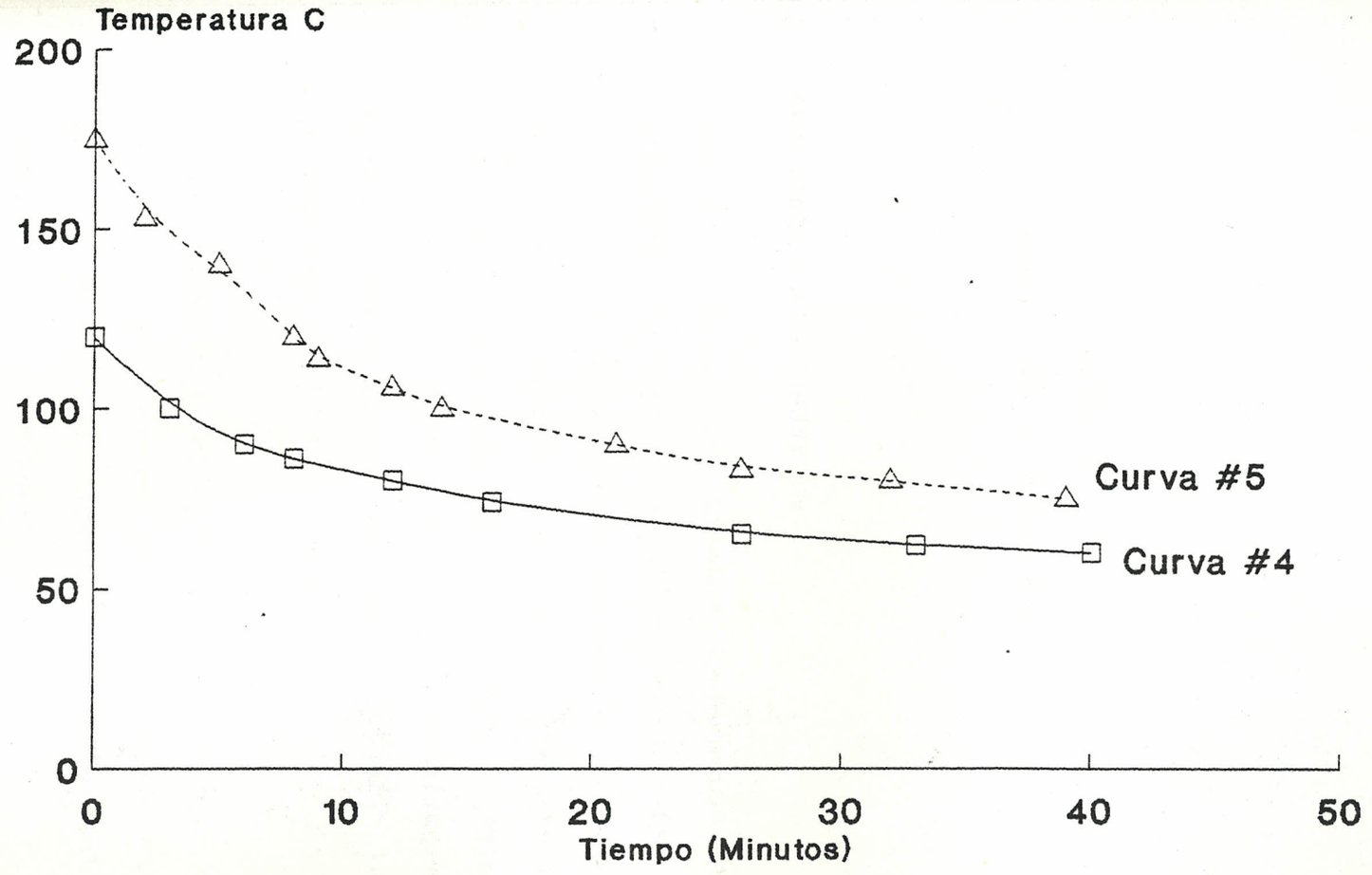
Cuando alcanzamos la posición mínima del quemador lo apagamos, así todavía no alcancemos la temperatura de ajuste.

Durante éste período el ventilador secuandario, trabaja con su registro en posición mínima, el ventilador principal con su registro en una posición de 30% a 50% abierto.

Una vez alcanzada la temperatura deseada apagamos los ventiladores y el secador.

En la Figura #34, encontramos dos curvas de enfriamiento, la curva #4 es la curva con la que se obtienen mejores resultados ya que tanto la temperatura inicial 120 °C y la final 65 °C estan dentro del rango de temperaturas de estado estable recomendadas.

La curva #5 es una curva de enfriamiento, que se utilizaba cuando no estaban claros algunos principios de operación del conjunto, ya que notamos que la temperatura inicial de 180 °C es elevada, lo que significa que las temperaturas de secado en estado estable también eran elevadas.



Curvas de enfriamiento del Secador
Fig. No.34

CAPITULO III

EVALUACION DE RESULTADOS

3.1 EFICIENCIA DE COMBUSTION

Luego de realizar los ajustes necesarios en los parámetros de operación; que están vinculados a la combustión, se esperaba un aumento en el consumo de combustible debido a que los materiales refractarios que usamos ahora tienen coeficientes de conductividad térmica cinco veces mayores a los de los materiales de diseño original, lo cual aumenta las pérdidas de calor.

Se determinó la necesidad de llevar a efecto una estadística del consumo de combustible comparado con las horas de trabajo y con la cantidad de producto final obtenido.

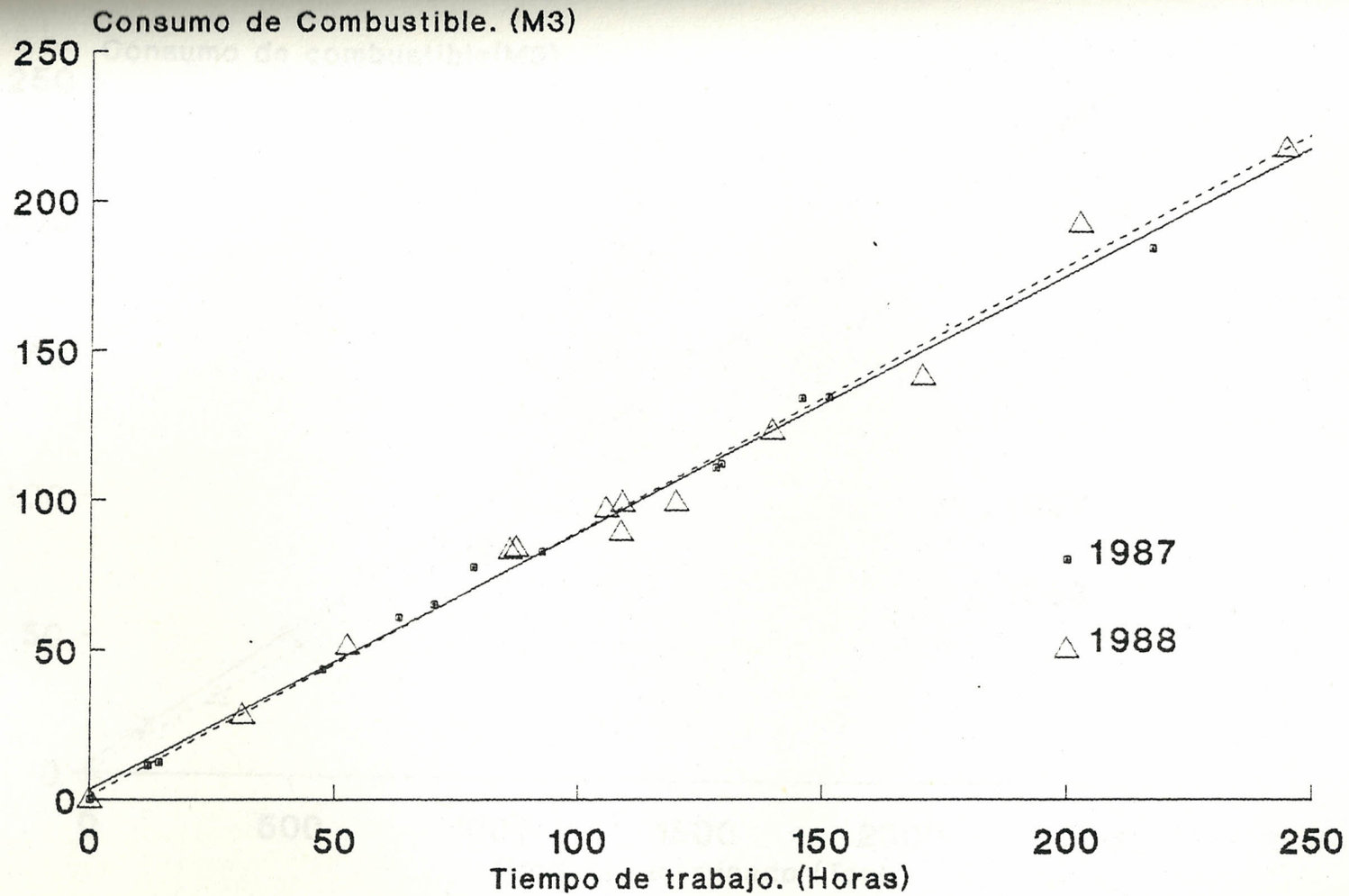
Esto último fue realizado aprovechando la ventaja, de que la unidad de secado está provista de un medidor de flujo de combustible a la entrada del quemador y de un horómetro instalado en paralelo al control de llama del quemado. Es decir, habra medición de consumo de combustible y tiempo, sólo mientras el quemador trabaje.

Se tomaron datos de consumo de combustible, horas de trabajo y cantidad de producto final por períodos de producción durante los años 1987-1988.

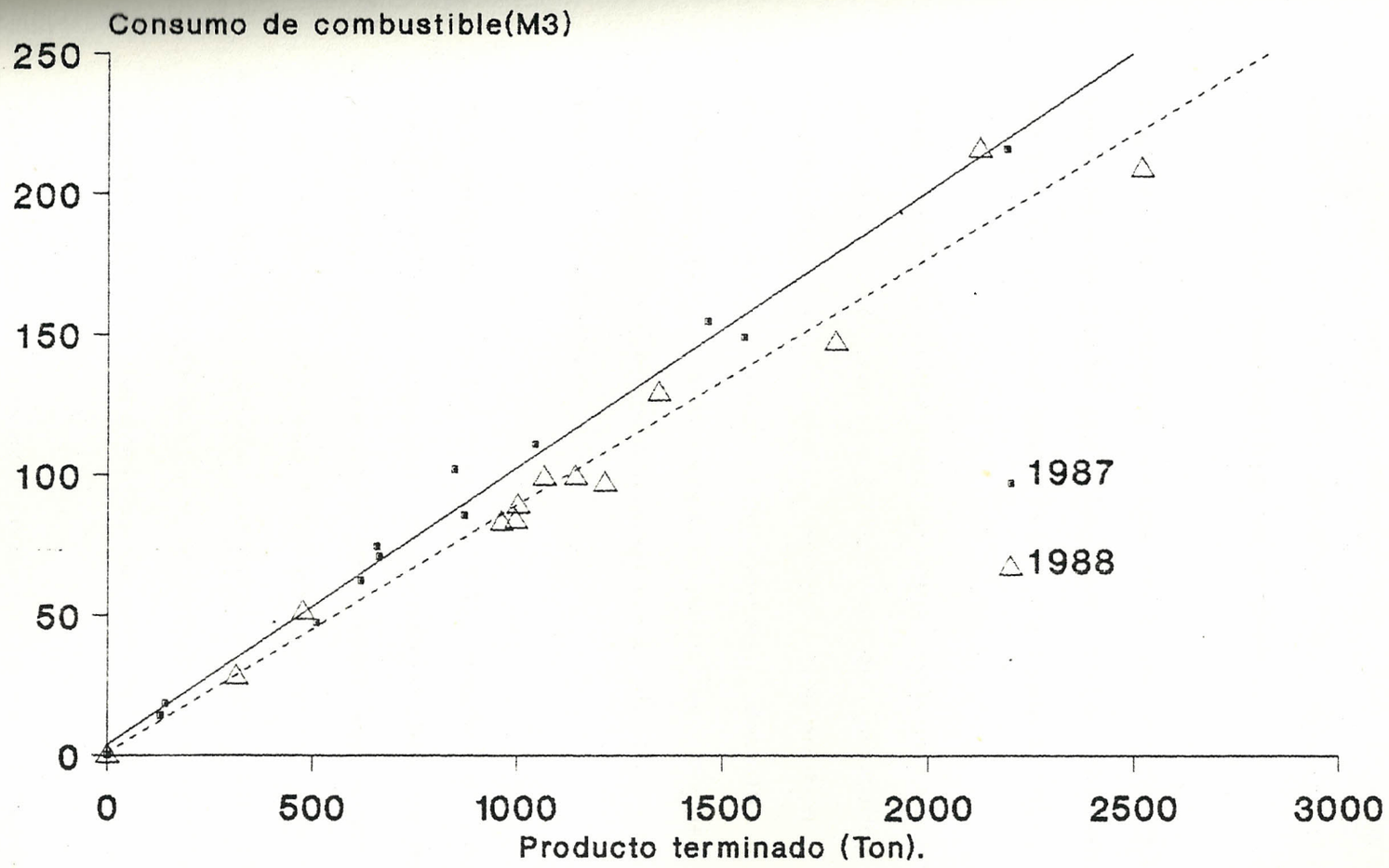
Estos valores fueron llevados a los gráficos de la Figura # 35 y de la Figura #36, donde se representan el consumo de combustible Vs Producto terminado.

Del gráfico de la Figura #35, nos damos cuenta que no existe una variación muy grande entre los datos de consumo de 1987 y 1988 por lo que se obtiene una recta de pendiente aproximadamente de 0,87 lo cual significa un consumo promedio de 870 litros/hr de operación de la cámara.

Pero vemos que existe valores que no están de acuerdo con esta gráfica; y esto se debe a que como el proceso de producción de harina de pescado no cuenta con una materia prima constante ni en



Consumo de combustible vs tiempo
Fig. No. 35



Consumo vs Producto terminado
Fig. No. 36

cantidad ni en calidad; a veces se trabaja menos cantidades de materia prima y en menos horas de operación pero respetando los tiempos de calentamiento y enfriamiento en los cuales los consumos de combustible se elevan.

Además la materia prima no tiene un contenido de humedad constante por lo que esto también hace variar el consumo especifico de combustible.

Una mejor forma de evaluar este consumo es mediante su comparación con la cantidad de producto final obtenido ya que éste parámetro tiene características más constantes, debido a que el producto final debe cumplir ciertas normas dadas por la Asociación Internacional de fabricantes de harina de pescado.

Del análisis de la Figura. #36, donde se encuentra graficado el consumo de combustible Vs Producto terminado, para los años 1987-1988 nos damos cuenta que la curva del; año 1988 es una curva más estable que la del año 1987, debido a que en 1987 se realizo la reparación y se empezaba a realizar los ajustes de los parámetros de operación.

Además y lo que es más importante la pendiente de la curva de 1988 es de 0,85 y la del año 1987 de

0,97 lo cual nos indica que en el año 1987 hubo un consumo de 970 litros /ton harina y en 1988 el consumo fue de 859 litros/ ton.harina.

La razón para haber disminuido el consumo de combustible por cada tonelada de producto final se debió a que como en 1988 se tubo un proceso más continuo con menos paralizaciones por daños, se logró dosificar concentrado de agua cola, que contiene un pequeño porcentaje de humedad y contiene una gran concentración de proteinas solubles que enriquecen la calidad y aumentan el rendimiento.

Mediante ésta dosificación de concentrado se logró aumentar el rendimiento entre producto final y materia prima desde el 20,9% el año 1987 al 21,5% el año 1988; es decir que para un mismo consumo de combustible por hora se obtuvo el secado de más cantidad de materia prima.

3.2 CALIDAD DEL PRODUCTO FINAL

La calidad del producto final en lo referente a contenido de proteinas, humedad y cenizas, depende directamente del proceso de secaco si la harina de pescado no cumple con los niveles de calidad, es rechazada por el departamento de control de calidad

y debe ser reprocesada mezclándola poco a poco con torta de prensa o harina de mejor calidad y repitiendo el proceso de secado.

Este reproceso es una actividad bastante tediosa y de mucho riesgo ya que la harina de pescado como producto final es inflamable; por lo tanto lo recomendable es tratar de que el reproceso sea lo más mínimo posible.

Debido a las condiciones de operación del conjunto secador y a los problemas de parada forzada de la unidad, antes de la solución del problema existían *muchos lotes rechazados por control de calidad.* Una vez realizada la reparación y ajustados ciertos parámetros se logró reducir el porcentaje de harina reprocesada del 2,12% en 1987 al 0,81% en 1988. Con la reparación y ajuste de parámetros también se logró aumentar la velocidad de proceso del 46,43 ton/hora promedio en 1987, que representa solo un 77% de la capacidad máxima de producción comparado con 50,71 ton/hora promedio en 1988, que representa el 84,5% de la capacidad máxima de producción del secador; lo cual también influye en la calidad del producto final, ya que al aumenta la velocidad de proceso, se disminuye el tiempo de descomposición de la materia prima, parámetro que hace disminuir la cantidad de proteinas y aumentar la cantidad de

cenizas del producto final.

3.3 ANALISIS DE COSTOS DE MANTENIMIENTO Y POR PARADAS FORZADAS.

Debido a las frecuentes paralizaciones y reparaciones, que ocurrieron antes de la repacación la Compñía sufrió pérdidas costosas que justificaban dar una solución definitiva a estos problemas.

El costo de la reparación del mes de Mayo de 1987 ascendió a $ 1'031.332, es necesario que los costos sean llevados al valor en dólares a las fechas en las cuales se realizaron las reparaciones, para establecer comparaciones con los valores gastados antes y después de la reparación. El desglose de los gastos de reparación de la cámara de combustión, los damos a continuación en base a las actividades programadas y realizadas.

DESGLOSE DE GASTOS DE LA RECONSTRUCCION

ACTIVIDAD	COSTO MATERIAL	COSTO MANO/OBRA
Const. de moldes, herram y acceso	34.370	14.730
Desmontaje y montaje de ductos de aire, tuberías combustible, etc	10.980	43.870
Desmontaje y montaje de conos refractarios incluido el centrado de los conos interior y móvil.	11.160	44.640
Reconstrucción de cono refractari exterior y reparación de conos móvil e interior.	342.280	60.000
Reconstrucción de la Precámara	307.112	75.000
Reparación aletas interiores del secador.	11.760	13.750
Arranque y pruebas del secador	39.210	22.470
	$756.872	$ 274.460

Costo total: $ 1'031.332,00 equivalente a $5428 en Mayo de 1987.

NOTA: Considerado el tipo de cambio a $190 por cada dolar.

Antes de realizar la reparación , es decir desde Enero de 1986 hasta Abril de 1987, los gastos de mantenimiento por reparaciones ascendieron a la suma de $ 1'445.398 que en dólares representan $ 9033,75 considerando un cambio promedio de 416 por cada dólar, es decir que la reconstrucción de Mayo de 1987 costo 1'031.332 equivalente a $5428 dólares considerando un cambio de 4190 por cada dólar. De loque se desprende que el costo de reparación representa el 60% de los gastos de mantenimiento de

un año.

Para encontrar si había justificación para haber realizado este gasto se acordó que partir del mes de Junio de 1987 se llevara un control de gastos de mantenimiento de la cámara de combustión.

Los resultados se analizaron en Julio de 1988 y se encontró que los gastos realizados en mantenimientode la Precámara eran de apenas $ 336.936 (sucres) que equivalen a $ 842,34 dolares tomando un tipo de cambio de 400 por cada dólar; lo cual representa tan solo el 15,5% del valor de la reconstrucción y el 9,3% de los gastos del año anterior, Por lo que la reconstrucción se justificó desde el punto de vista de disminuir los costos de mantenimiento.

Además si analizamos que por cada hora de paralizaión forzada durante el períodode obscura la empresa deja de producir:

$$46{,}43\ \frac{\text{ton.materia prima}}{\text{hora}} \times \frac{20{,}9\ \text{ton.harina}}{100\ \text{ton.pescado}} \times \frac{\$200}{\text{ton.harina}} = \$\ 1940.77/h$$

Asumiendo los valores promedios más bajos de velocidad de producción de rendimiento y un costo de producto terminado que se ha mantenido estable

sin contar con las pérdidas que representa paralizar la producción, en lo que se refiere a desperdicios de combustible, vapor, energía eléctrica, insumos y gastos posteriores de reproceso.

Debemos mencionar que la reconstrucción también se justificó desde este punto de vista, ya que antes de la reparación hubieron 9 días de paralización, mientras que después de la reconstrucción ha existido un día de paralización y esto por falla del sistema de encendido del quemador.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Luego del transcurso de casi dos años, después de haber reconstruido la cámara de combustión, y estar operando sin mayores problemas y después de haber evaluado una serie de parámetros que inciden sobre el funcionamiento de la eficiencia del proceso de secado, se llega a las conclusiones que se van a enumerar.

1.- El tiempo estimado para la reconstrución de la cámara de combustión, fué cubierto sin dificultad.

2.- Las propiedades Físicas y Químicas de los materiales empleados son las adecuadas puesto que en dos años de operación no han sufrido daños graves.

3.- La asistencia técnica brindada por las compañías proveedoras de los materiales utilizados en nuestra reparación fue aceptable, lo cual es positivo, ya que en el pais no se cuenta con el debido asesoramiento en este campo.

4.- A pesar de la mala calidad del combustible utilizado y a las altas conductividades Térmicas de los materiales empleados en la reconstrucción se ha logrado mantener estables los valores de consumo especifico de combustible (m^3/hora) y se ha disminuido los valores de consumo de combustible por tonelada de producto final; todo esto por el buen

ajuste de los parámetros de operación.

5.- Por el ajuste de los tiempos y temperaturas del secador, se ha logrado determinar aproximadamente las curvas de calentamiento y enfriamiento del conjunto con lo cual antes no contábamos.

6.- Por el hecho de tener condiciones más estables de operación se ha logrado aumentar la velocidad del proceso y ha sido posible dosificar concentrado.

7.- El efecto que causa la adición de concentrado es el aumento de la calidad del producto final y su rendimiento comparado con la cantidd de materia prima.

8.- Por el aumento de la calidad, han disminuido las cantiddes de producto reprocesado, el índice de riesgo de peligro de incendio y la abrasión causada por partículas de polvo en el material refractario.

9 .-Los costos de mantenimiento y parada forzadas han disminuido bastante.

RECOMENDACIONES

1.- Previa a la negociación de maquinarias y equipos o plantas de este tipo debe considerarse la opinión de los Ingenieros de Planta, en cuanto al diseño, facilidades de operación, mantenimiento, automatismo de los mismos.

2.- Es recomendable organizar y llevar a efecto un programa de adistramiento técnico-práctico al personal de operadores de la Planta de harina, para que se familiaricen con la correcta operación de equipos de la planta especialmente los tableros de control.

3.- Para evitar pérdidas de tiempo en la reconstrucción de los conos refractarios, debe mantenerse un juego de conos reconstruidos en stock de bodega.

4.- Debería mantenerse el control de consumo de combustible comparado con las horas de operación de la cámara y con la cantidad de producto final, con el objeto de realizar evaluaciones periódicas de su comportamiento en cuanto a eficiencia de la combustión.

5.- Como ahora hay condiciones más estables, se debe aumentar la dosificación de concentrado de agua con el objeto de aumentar el rendimiento de producto final comparado con cantidad de materia prima, y es posible si los resultados son alentadores, ampliar la capacidad de la planta de evaporación.

6.- Cuando sea necesario reprocesar harina de baja calidad deben seguirse las siguiente recomendaciones:

- Alimentar la harina de reproceso contantemente

- Mezclarla con torta de prensa fresca.

- No recircular los gases calientes en el interior del secador

- Trabajar en la etapa de secado el mínimo de Temperatura y capacidad

APENDICE 1

CONOS PIROMETRICOS EQUIVALENTES PARA MATERIALES RERACTARIOS SEGUN NORMA ASTM C-24

CONO	°C	CONO	°C
12	1337	31	1683
13	1349	31½	1699
14	1398	32	1717
15	1430	32½	1724
16	1491	33	1743
17	1512	34	1763
18	1522	35	1785
19	1541	36	1804
20	1564	37	1820
23	1605	38	1835
26	1621	39	1865
27	1640	40	1885
28	1646	41	1970
29	1654	42	2015
30	1665		

NOTAS:

1.- Los conos normalizados usados en Estados Unidos son a menudo referidos como conos ORTON, en honor al profesor Edward Orton de la Universidad del estado de Ohio. Las series originales de conos pirométricos denominados como conos SEGER, fueron desarrollados en 1890 por el Dr Seger de los talleres Reales de Cerámica en Berlín Álemania, esta serie original es todavía de uso general en muchos países Europeos.

2.- Los conos 28 y 30 son mostrados arriba como información solamente, ya que son fabricados y usados en aplicaciones Industriales especiales,

pero no son usados en la determinación del Cono Pirométrico equivalente como está especificado por el método ASTM C-24

APENDICE 2

CLASIFICACION DE LADRILLOS REFRACTARIOS SEGUN NORMA ASTM C-27

CLASE	TIPO	MODULO RUPTURA KG/CM2	P.C.E MINIMO	PERDIDAS POR ASTILL. MAX. %	ENCOGIMIENTO LINEAL MAX. %	OTROS REQUISITOS
Super pesa	Regular	42	33	8 % 1650°C	1 % 1600 °C	
	Resist. al asti- llamiento.	42	33	4 % 1650°C	1 % 1600 °C	
	Resistente a es- a escorias	70	33			Densidad minima 2,24 kg/cm3
Pesado	Regular		31½			
	Resistente al astillamiento	35	31½	10% 1600°C		
	Resistente a es-	84	31½			Dens. min. 2,19 porosidad máx. 15%
Semi-silic		21				Min. contenido de Silicio 72 %
Medio pe- sado		35	29			
Livianos		42	19			
Alúmina	50% alumina	34				Cont. de alúmina 50% ± 2,5%
	60% alúmina	35				Cont. de alúmina 60% ± 2,5%
	70% alúmina	36				Cont. de alúmina 70% ± 2,5%

APENDICE 3

CLASIFICACION LADRILLOS AISLANTES SEGUN ASTM C 155-47

IDENTIFICACION DE GRUPO	CAMBIOS POR RECALENTAMIENTO NO MAS DEL 2% AL ENSAYAR A	DENSIDAD MAXIMA
Grupo 16	845 °C	0,55 kg/dm³
Grupo 20	1065 °C	0,64
Grupo 23	1230 °C	0,77
Grupo 26	1400 °C	0,86
Grupo 28	1510 °C	0,96

APENDICE 4

CLASIFICACION DE CONCRETOS REFRACTARIOS REGULARES

REGULARES							
	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	CLASE E	CLASE F	CLASE G
	1095 °C	1260 °C	1370 °C	1480 °C	1595 °C	1705 °C	1760 °C
CONCRETOS AISLANTES							
MAX. DENSIDAD A 105 °C (KG/DM3)	CLASE N 925 °C 0,88	CLASE O 1040 °C 1,04	CLASE P 1150 °C 1,20	CLASE Q 1260 °C 1,52			

Los concretos refractarios sufren cambios lineales permanentes no mayores al 1,5 % cuando son calentados a las temperaturas arriba indicadas por 5 horas.

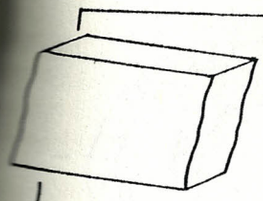
APENDICE 5

PROPIEDADES TIPICAS DE LOS COMBUSTIBLES

	VALOR CALORIFICO VOLUMEN DE COMBUS.*GJ/m3		VALOR CALORIFICO BRUTO DE LA MEZCLA PERFECTO	VOLUMEN DE AIRE REQUERIDO M³ AIRE/M³ COMB
	BRUTO	NETO		
COMBUSTIBLE 1 805,1 Kg/m³	37,3	34,8	4069,9	9176
COMBUSTIBLE 2 848,2 Kg/m³	38,6	36,6	4029,6	9574
COMBUSTIBLE 4 900,9 kg/m³	40,4	38,0	4019,4	10054
COMBUSTIBLE 5 932,0 kg/m³	41,2	39,2	4004,2	10301
COMBUSTIBLE 6	41,9	39,6	3970,9	10563

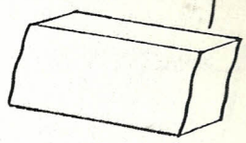
* GF = 10^9 J = 10^6 KJ

APENDICE 6
LADRILLOS REFRACTARIOS: FORMAS Y DIMENSIONES NORMALES



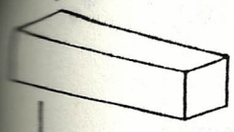
RECTANGULAR
(STRAIGHT)

229x114x63 mm
9"x4 1/2"x2 1/2"



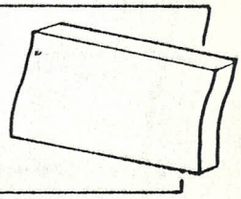
REDUCIDO
(SMALL)

229x89x63 mm
9"x3 1/2"x2 1/2"



JABON
(SOAP)

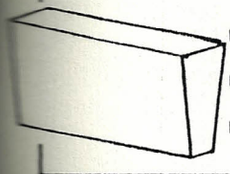
229x57x63 mm
9"x2 1/4"x2 1/2"



DIVIDIDO (SPLIT)

229x114x32 mm
9"x4 1/2"x1 1/4"

229x114x51 mm
9"x4 1/2"x2"

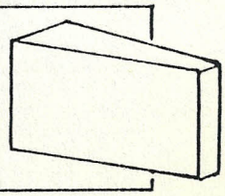


ARCO (ARCH)

Nº 1 229x114x(63–51) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–2 1/8")

Nº 2 229x114x(63–44) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–1 3/4")

Nº 3 229x114x(63–25) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–1")

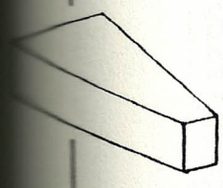


CUÑA (WEDGE)

Nº 1 X 229x114x(63–57) mm
9"x 4 1/2"x(2 1/2"–2 1/4")

Nº 1 229x114x(63–48) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–1 7/8")

Nº 2 229x114x(63–38) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–1 1/2")



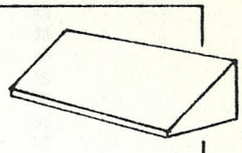
LLAVE (KEY)

Nº 1 229x(114–102)x63 mm
9"x(4 1/2"–4")x2 1/2"

Nº 2 229x(114–89)x63 mm
9"x(4 1/2"–3 1/2")x2 1/2"

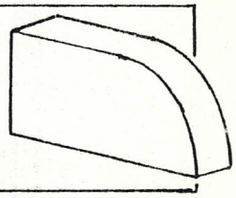
Nº 3 229x(114–76)x63 mm
9"x(4 1/2"–3")x2 1/2"

Nº 4 229x(114–57)x63 mm
9"x(4 1/2"–2 1/4")x2 1/2"



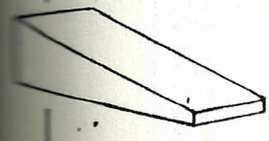
BISEL DE CANTO
(FEATHEREDGE)

229x114x(63–3) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–1/8")



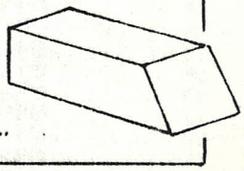
JAMBA
(JAMB)

229x114x63
9"x4 1/2"x2 1/2"



CUELLO
(NECK)

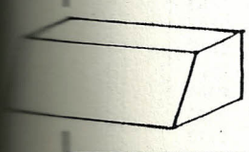
229x114x(63–16) mm
9"x4 1/2"x(2 1/2"–5/8")



BISEL LONGITUDINAL
(END SKEW)

48º (229–171)x114–63 mm
(9"–6 3/4")x4 1/2"x2 1/2"

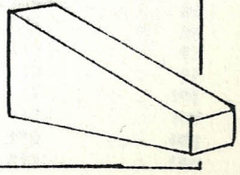
60º (229–192)x114x63 mm
(9"–7 9/16")x4 1/2"x2 1/2"



BISEL LATERAL
(SIDE SKEW)

48º 229x(114–57)x63 mm
9"x(4 1/2"–2 1/4")x2 1/2"

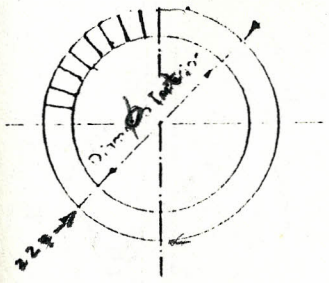
60º 229x(114–78)x63 mm
9"x(4 1/2"–3 1/16")x2 1/2"

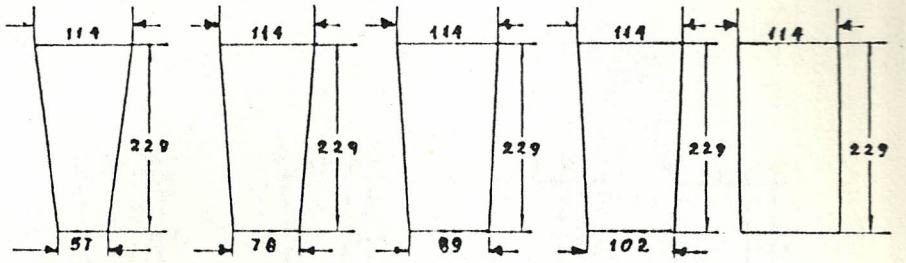


ARRANQUE
(EDGE SKEW)

229x(114–38)x63 mm
9"x(4 1/2"–1 1/2")x2 1/2"

APENDICE 7
COMBINACION DE LADRILLOS NORMALES PARA FORMAR ANILLOS CIRCULARES DE 229 MM (9") DE ESPESOR

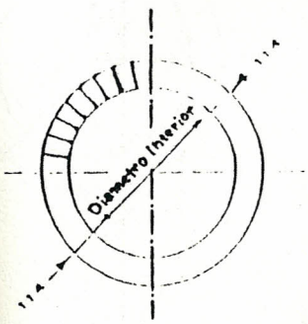


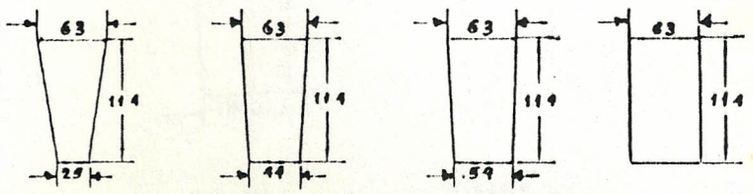


Diametro Interior		Llave Nº 4	Llave Nº 3	Llave Nº 2	Llave Nº 1	Recto	Total
457 mm	(1' - 6")	26					26
610	(2' - 0")	17	13				30
762	(2' - 6")	9	25				34
914	(3' - 0")		38				38
1067	(3' - 6")		29	13			42
1219	(4' - 0")		21	25			46
1372	(4' - 6")		13	38			51
1524	(5' - 0")		4	51			55
1600	(5' - 3")			57			57
1676	(5' - 6")			55	4		59
1829	(6' - 0")			50	13		63
1981	(6' - 6")			46	21		67
2134	(7' - 0")			42	30		72
2286	(7' - 6")			38	38		76
2438	(8' - 0")			34	46		80
2591	(8' - 6")			29	55		84
2743	(9' - 0")			25	63		88
2896	(9' - 6")			21	72		93
3048	(10' - 0")			17	80		97
3200	(10' - 6")			13	88		101
3353	(11' - 0")			9	96		105
3505	(11' - 6")			4	105		109
3658	(12' - 0")				113		113
3810	(12' - 6")				113	5	118
3962	(13' - 0")				113	9	122
4115	(13' - 6")				113	13	126
4267	(14' - 0")				113	17	130
4420	(14' - 6")				113	21	134
4572	(15' - 0")				113	26	139
4724	(15' - 6")				113	30	143
4877	(16' - 0")				113	34	147
5029	(16' - 6")				113	38	151
5182	(17' - 0")				113	42	155
5334	(17' - 6")				113	47	160
5486	(18' - 0")				113	51	164
5639	(18' - 6")				113	55	168
5791	(19' - 0")				113	59	172
5944	(19' - 6")				113	63	176
6096	(20' - 0")				113	68	181
6248	(20' - 6")				113	72	185
6401	(21' - 0")				113	76	189
6553	(21' - 6")				113	80	193
6706	(22' - 0")				113	84	197
6858	(22' - 6")				113	88	201
7010	(23' - 0")				113	93	206
7163	(23' - 6")				113	97	210
7315	(24' - 0")				113	101	214
7468	(24' - 6")				113	105	218
7620	(25' - 0")				113	109	222
7772	(25' - 6")				113	114	227

APENDICE 8

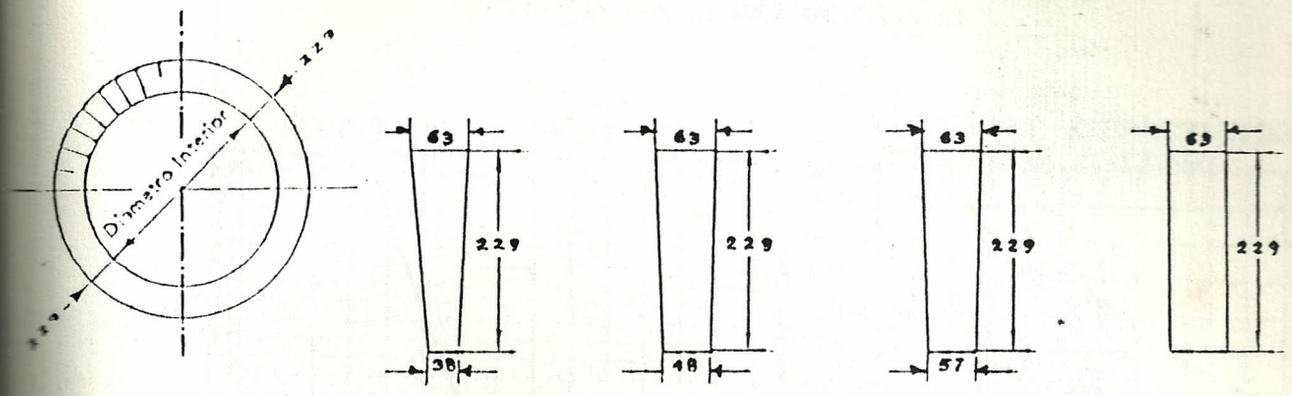
COMBINACION DE LADRILLOS NORMALES PARA FORMAR ANILLOS CIRCULARES DE 114 MM (4½) DE ESPESOR.





Diametro Interior	Arco N° 3	Arco N° 2	Arco N° 1	Recto	Total
152 mm (0" - 6")	19				19
178 (0" - 7")	18	3			21
203 (0" - 8")	17	5			22
229 (0" - 9")	15	8			23
254 (0" - 10")	14	10			24
279 (0" - 11")	13	13			26
305 (1" - 0")	12	15			27
356 (1" - 2")	9	20			29
406 (1" - 4")	7	25			32
457 (1" - 6")	4	30			34
508 (1" - 8")	2	35			37
533 (1" - 9")		38			38
559 (1" - 10")		38	3		39
610 (2" - 0")		31	8		42
660 (2" - 2")		31	13		44
711 (2" - 4")		29	18		47
762 (2" - 6")		26	23		49
813 (2" - 8")		24	28		52
864 (2" - 10")		21	33		54
914 (3" - 0")		19	38		57
965 (3" - 2")		16	43		59
1016 (3" - 4")		14	48		62
1067 (3" - 6")		11	53		64
1118 (3" - 8")		9	58		67
1168 (3" - 10")		7	63		70
1219 (4" - 0")		4	68		72
1270 (4" - 2")		2	73		75
1295 (4" - 3")			76		76
1321 (4" - 4")			76	1	77
1372 (4" - 6")			76	4	80
1422 (4" - 8")			76	6	82
1473 (4" - 10")			76	9	85
1524 (5" - 0")			76	11	87
1575 (5" - 2")			76	14	90
1626 (5" - 4")			76	16	92
1676 (5" - 6")			76	19	95
1727 (5" - 8")			76	21	97
1778 (5" - 10")			76	24	100
1829 (6" - 0")			76	26	102
1981 (6" - 6")			76	31	110
2134 (7" - 0")			76	41	117
2286 (7" - 6")			76	49	125
2438 (8" - 0")			76	56	132
2591 (8" - 6")			76	64	140
2743 (9" - 0")			76	71	147
2845 (9" - 4")			76	76	152

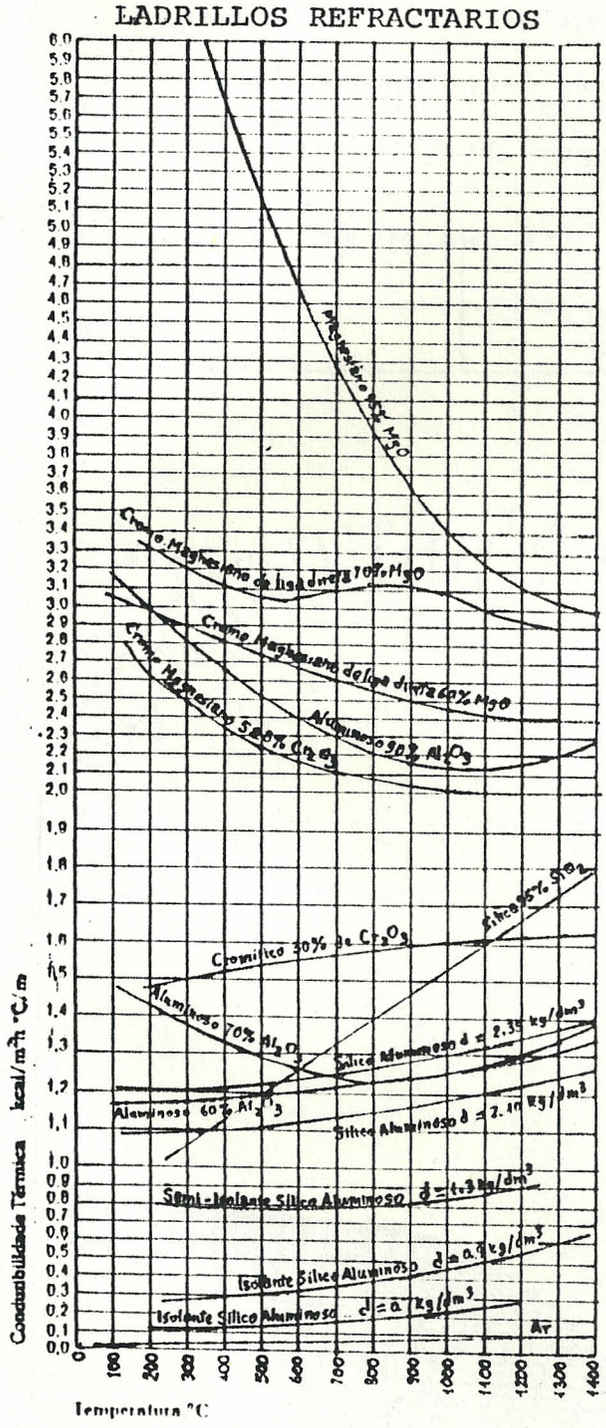
APENDICE 9
COMBINACION DE LADRILLOS NORMALES PARA FORMAR ANILLOS CIRCULARES DE 229 MM (9") DE ESPESOR.



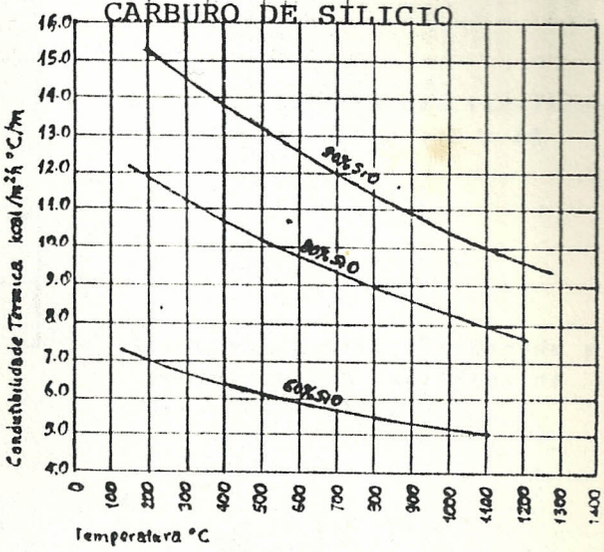
Diametro Interior		Cuña Nº 2	Cuña Nº 1	Cuña Nº 1-X	Recto	Total
686 mm	(2' - 3")	57				57
711	(2' - 4")	55	3			58
737	(2' - 5")	52	7			59
762	(2' - 6")	51	10			61
813	(2' - 8")	46	17			63
864	(2' - 10")	42	24			66
914	(3' - 0")	38	30			68
965	(3' - 2")	34	37			71
1016	(3' - 4")	29	44			73
1067	(3' - 6")	25	51			76
1219	(4' - 0")	13	70			83
1372	(4' - 6")		91			91
1524	(5' - 0")		85	13		98
1676	(5' - 6")		81	25		106
1829	(6' - 0")		75	38		113
1981	(6' - 6")		71	50		121
2134	(7' - 0")		66	63		129
2286	(7' - 6")		60	76		136
2438	(8' - 0")		56	88		144
2591	(8' - 6")		50	101		151
2743	(9' - 0")		46	113		159
2896	(9' - 6")		40	126		166
3048	(10' - 0")		35	139		174
3200	(10' - 6")		30	151		181
3353	(11' - 0")		25	164		189
3505	(11' - 6")		20	176		196
3658	(12' - 0")		15	189		204
3810	(12' - 6")		10	202		212
3962	(13' - 0")		5	214		219
4115	(13' - 6")			227		227
4267	(14' - 0")			221	7	234
4420	(14' - 6")			227	15	242
4572	(15' - 0")			227	22	249
4724	(15' - 6")			227	30	257
4877	(16' - 0")			227	37	264
5029	(16' - 6")			277	45	322
5182	(17' - 0")			277	52	329
5334	(17' - 6")			277	60	337
5486	(18' - 0")			277	67	344
5639	(18' - 6")			277	75	352
5791	(19' - 0")			277	83	360
5096	(20' - 0")			277	98	375
6401	(21' - 0")			277	113	390
6706	(22' - 0")			277	128	405
7010	(23' - 0")			277	143	420
7315	(24' - 0")			277	158	435
7620	(25' - 0")			277	173	450
7925	(26' - 0")			277	188	465
8230	(27' - 0")			277	203	480
8534	(28' - 0")			277	218	495
8687	(28' - 6")			227	226	453

APENDICE 10
CURVAS DE CONDUCTIVIDAD TERMICA DE LOS MATERIALES REFRACTARIOS

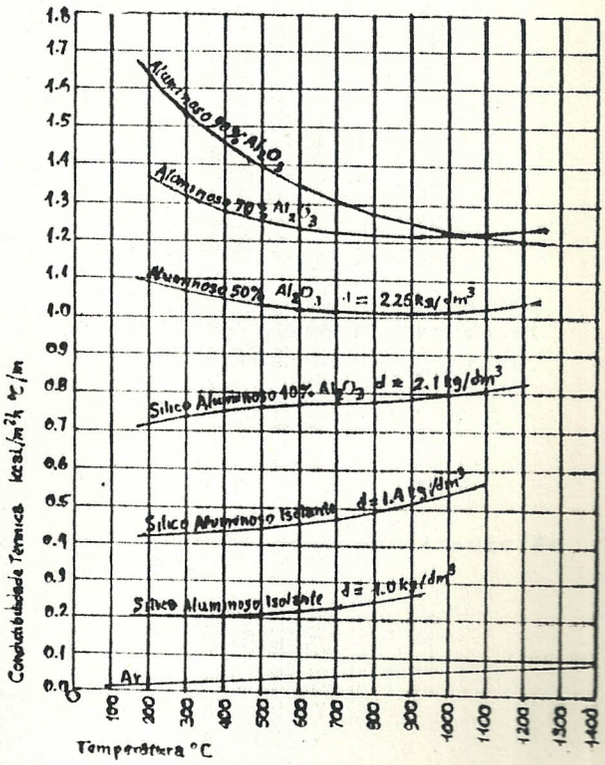
LADRILLOS REFRACTARIOS



LADRILLOS REFRACTARIOS DE CARBURO DE SILICIO

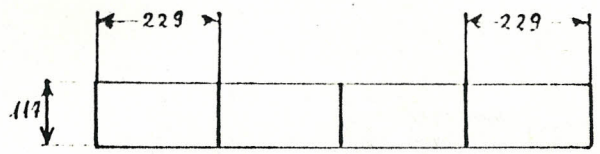


CONCRETOS REFRACTARIOS



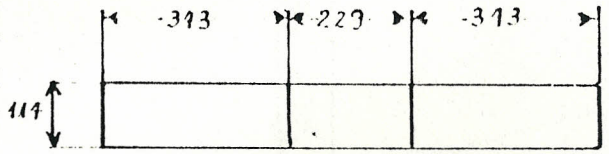
APENDICE 11
PROCEDIMIENTO DE LA INSTALACION AMARRADA.

1



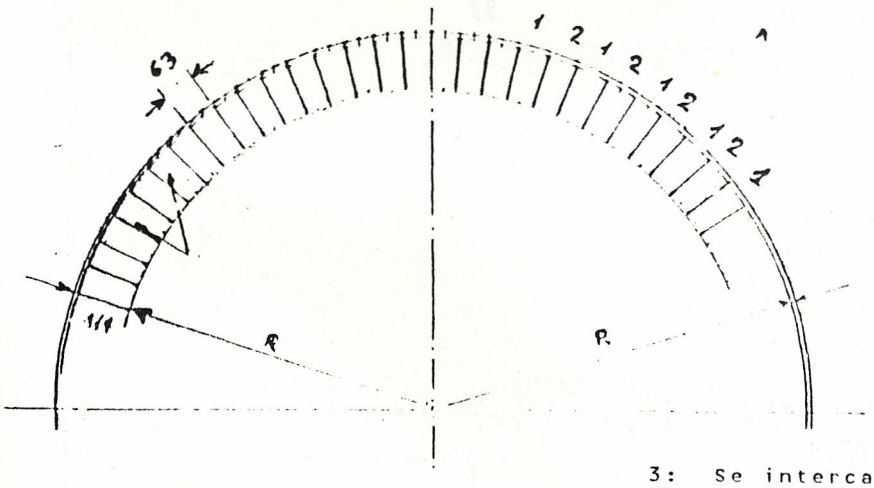
1: Se forma la fila con ladrillos normales de 229 x 114 x 63

2



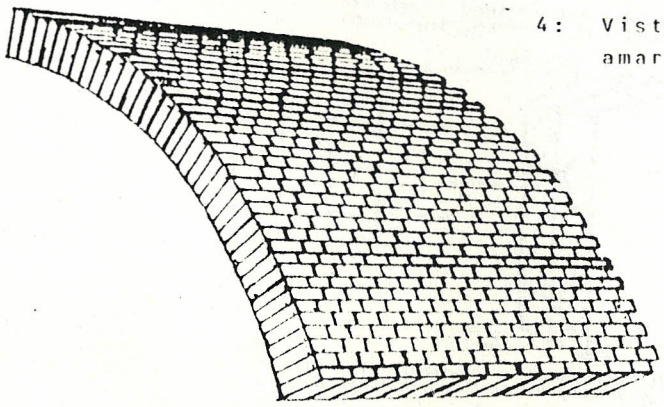
2: Se forma la fila, iniciando y terminando con ladrillos de 229 x 343 x 63 mm.

3



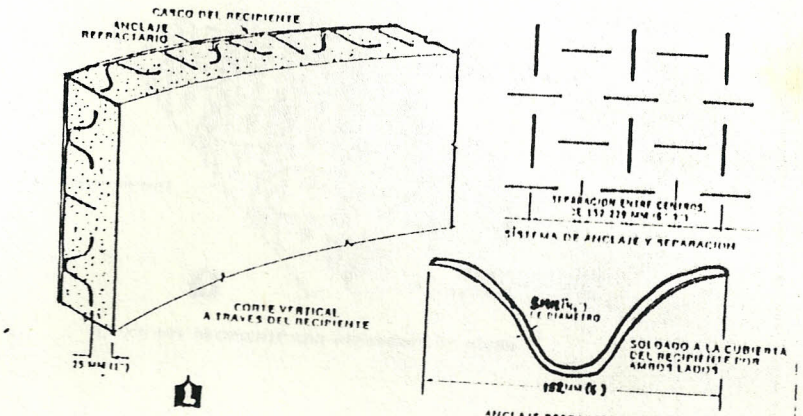
3: Se intercala las filas de la posición # 1 y # 2, usando el perfil de ladrillo apropiado.

4

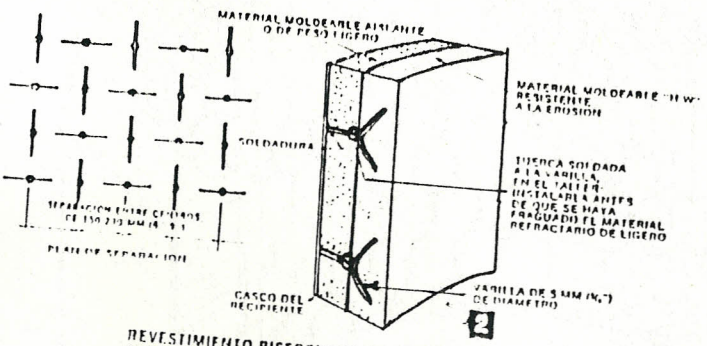


4: Vista parcial de la construcción amarrada.

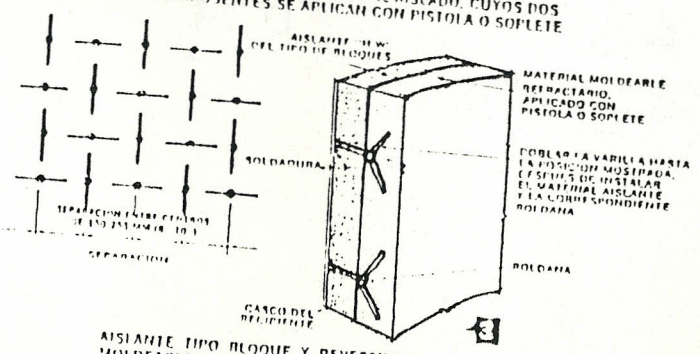
APENDICE 12
METODOS DE ANCLAJE PARA CONCRETOS REFRACTARIOS



CONSTRUCCION SIMPLE CON MATERIAL APLICADO MEDIANTE PISTOLA O SOPLETE

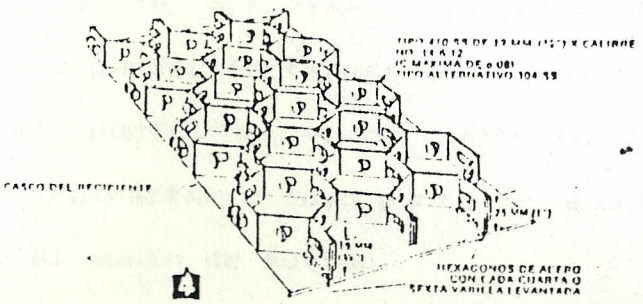


REVESTIMIENTO BISECCIONAL AISLADO, CUYOS DOS COMPONENTES SE APLICAN CON PISTOLA O SOPLETE



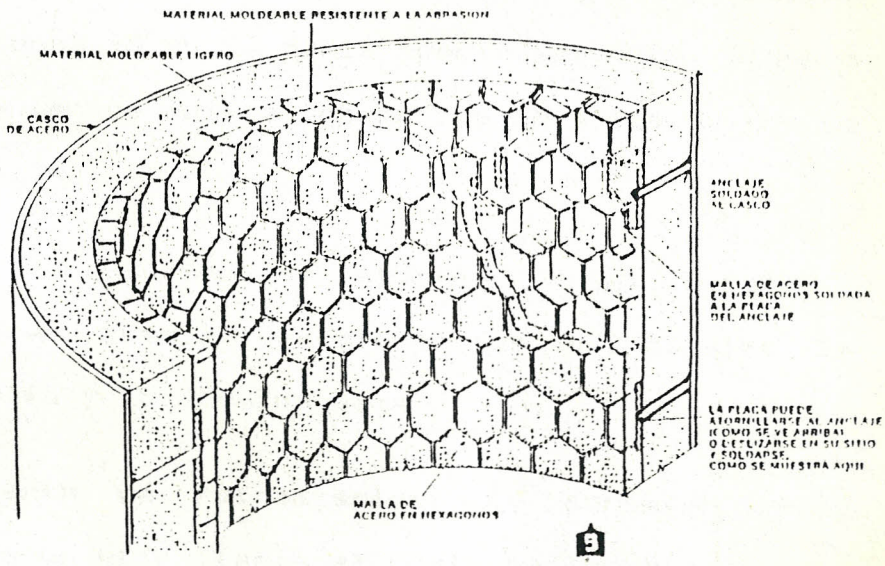
AISLANTE TIPO BLOQUE Y REVESTIMIENTO DE MOLDEABLE, APLICADO MEDIANTE PISTOLA O SOPLETE

APENDICE 12
MÉTODOS DE ANCLAJE PARA CONCRETOS REFRACTARIOS



4

CASCO DEL RECIPIENTE CON HEXAGONOS DE ACERO



5

SISTEMA TIPICO DE REVESTIMIENTO COMPUESTO.

GLOSARIO

Ablandamiento: Todo material refractario conforme se calienta y se aproxima a la temperatura de fusión comienza a perder fortaleza cohesional y reblandece. Desde el punto de vista estructural es mejor un material refractario cuyo punto de ablandamiento sea cercano al punto de fusión.

Abrasión de refratario: Desgaste de la superficie de refractarios por efecto del rozamiento de sólidos en movimiento .

Alcalis: Término con el que se designe a los metales de la columna 1A de la tabla periódica. En algunos casos también se aplica impropiamente a los óxidos de esos metales.

Alúmina: Sesquióxido de aluminio Al_{2O}. Existen varias formas cristalinas siendo las principales la alúmina Alfa y la alúmina gama.

Astillamiento de refractarios: El agrietamiento o ruptura de un refractario el cual usualmente resulta en el desprendimiento de una porción del mismo. Se pueden definir 3 tipos comunes de astillamiento:

1.- Astillamiento mecánico el cual es causado por

esfuerzos resultantes de impacto o presión.

2.- Astillamiento estructural, causado por esfuerzos resultantes de cambios diferenciales en la estructura del material.mr-4

3.- Astillamiento térmico, causado por esfuerzos resultantes de cambios dimensionales no uniformes producidos por diferencia de temperaturas.

Ataque de escoria: Reacción química destructiva entre refractarios y agentes fluidos externos a elevadas temperaturas.

Bauxita: Una roca de alto contenido de alúmina que usualmente consiste de granos redondos embebidos en una masa amorfa de arcilla.

Bentonita: Un tipo de arcilla caracterizada por la extrema finesa de grano, gran plasticidad y gran capacidad de absorción de agua.

Caolín: Es una arcilla quemada de color blanco, cuyo componente principal es la Caolinita $Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$ y como componentes accesorios podemos encontrar mica o cuarzo. Los conos pirométricos equivalentes de los Caolines comerciales varían entre el cono 33 y el cono 35.

Coeficiente de expansión lineal: Es el incremento en longitud en una longitud unitaria considerando una

elevación de temperatura de 1 °C.

Concretos refractarios: Son agregados refractarios los cuales desarrollan resistencia estructural por ajuste hidráulico luego de haber sido acondicionados con agua y compactaos.

Conductividad Térmica: Es la propiedad de los materiales en virtud de la cual la energía calorífica es transmitida a través de las partículas de la materia en contacto.

Para propósitos de ingeniería, la conductividd térmica es medida por la cantidad de calor expresada en kilocalorías que fluye en una hora a través de un metro cuadrado de superficie de pared, de un metro de espesor, por cada °C de diferencia de temperatura entre las dos caras de la pared.

Cono pirométrico: Es una serie de piezas de forma piramidal constituidas de mezclas minerales, y que son usados para medir los efectos de la temperatura en los refractarios.

Cada cono es de una composición definida de minerales y tiene un número estampado en una de sus caras, y cuando es calentado bajo condiciones de ensayo, se dobla a una temperatura previamente definidad. Los conos pirométricos son usados ampliamente en el control del tratamiento de materiales cerámicos y en la determinación de la resistencia relativa a altas temperaturas.

Cono pirométrico equivalente: Es un término usado como un índice de las cualidades de resistencia al calor o refractariedad de los ladrillos refractarios y otros materiales cerámicos.

Formalmente hablando de refractariedad, en un tiempo se emplearon equivocadamente los términos punto de fusión, punto de disolución y punto de ablandamiento como lo que ahora llamamos cono pirométricoequivalente.

Convección: La transferencia de calor de un lugar a otro dentro de un fluido (líquido o gas) por la mezcla de una porción de un fluido con el otro.

Corrosión de Refractario: Destrucción de la superficie de los refractarios por el ataque químico de agentes externos.

Choque Térmico: Variación brusca de temperatura en un sistema que ocaciona cambios bruscos en los coeficientes de expansión y conducción térmica.

Densidad: La masa por unidad de volúmen de una sustancia expresada en gr/cm.

Densidad Aparente: El cociente entre la masa del cuerpo de prueba y el volúmen aparente de la parte sólida.

Densidad real: Cociente entre la masa del material refractario pulverizado y disuelto en una cantidad de agua que a 4 °C ocupa un volúmen equivalente al volúmen

verdero del sólido.

Dolomita: Carbonato doble de calcio y Magnesio $CaOMgO_2CO_2$ este mineral es el constituyente principal de las rocas Dolomíticas.

Encogimiento: Deformación progresiva de los materiales refractarios cuando estan sujetos a carga y temperatura constante durante un tiempo determinado.

Erosión de Refractarios: Desgaste de las superficies refractarias por la acción de fluidos en movimiento.

Este término es aplicado algunas veces al desgaste de refractarios por la abrasión de partículas finas contenidas en una corriente de aire u otros gases a alta velocidad.

Escoria: Material no metálico formado por acción química y por fusión , durante el tratamiento o purificación de un material.

Escorificación de Refractarios: Reacción química destructiva entre refractarios y agente externos a alta temperatura, dando como resultado la formación de un líquido.

Expansión Térmica: El incremento en volúmen o expansiones lineales mostradas practicamente por todo el material cuando es calentado, tal expansión es de carácter temporal ya que el material retorna a su dimensión

original cuando es enfriado.

La expansión térmica no debe ser confundida con cambios de volúmen de carácter permanente a los cuales llegan ciertos matriales cuando se calientan.

Eutéctico: Comunmente se refieren al compuesto con más bajo punto de fusión de una serie de mezclas de dos o mas compuestos químicos.

Fundente: Material que cuando es añadido a los materiales refractarios baja sustancialmente la temperatura de formación dé la fase líquida.

Fusión: Un estado de fluidez o fluencia como consecuencia dl calor, también se denomina al ablandamiento de un material refractario por efecto unicamente del calor o por el efecto combinado del calor y un fundente.

Junta de dilatación: Junta abierta o prensada con material consumible, que es instalada en una construcción refractaria para absorver las dilataciones.

Liga Cerámica: Material vítreo o cristalino formado por calentamiento entre los granos de un material cerámico, que desarrolla cohesión o resistencia mecánica.

Magnesia: Oxido de magnesio de fórmula MgO.

Magnesita: Carbonato de Magnesio cristalizado de fórmula empírica $MgCO_3$, cuya composición teórica contiene 47.8% de Magnesia y 52,2% de dióxido de Carbono.

Las magnesitas comerciales también contienen pequeños porcentajes de otros óxidos tales como Cal, Sílice, Alúmina, y óxido de hierro.

Material Refractario: Material o producto no metálico cuya refractariedad mínima es equivalente a un cono pirométrico ORTON-15 (1430 °C).

Materiales refractarios ácidos: Refractarios que contienen una cantidad apreciable de Sílice libre.

Materiales refractarios básicos: Refractarios que contienen magnesia o Cal en considerable cantidad, los más comunes son los denominados refratrios de Magnesita

Materiales Refractarios neutros: Un material refractario que no es definido ni como básico ni como ácido; sin embargo este término es meramente relativo.

Los refractarios a base de Cromo son los que más se asemejan a este concepto.

Materiales Refratarios aislantes: Un material refractario de bajo peso que tiene una conductividad térmica baja y es adecuado para ciertos revestimientos en hornos industriales.

Materiales refractarios plásticos: Un material refractario acondicionado con agua y de una consistencia adecuada para ser utilizado en revestimientos monolíticos en hornos Industriales. Estos revestimientos necesian ser calentados a una temperatura moderada para que adquieran

resistencia.

Módulo de Ruptura: Algunas veces llamado "Esfuerzo de ruptura transversal", es calculado por la fórmula

$$M = \frac{3WL}{2BD^2}$$

M = Módulo de Ruptura en kg/cm².

W = Carga total en kg, a la cual ocurre la falla

L = distancia entre los soportes en cm.

B = Ancho de la muestra en cm.

D = espesor de la muestra en cm.

Es determinado mediante el ensayo ASTM C 133-39.

Mortero Refractario: Compuesto refractario finamente molido, apropiado para la unión de ladrillos refractarios. Pueden ser comercializados en condiciones secas o húmedos y pueden requerir calentamiento.

Permeabilidad: Es la propiedad de un cuerpo poroso de permitir que un gas o un líquido fluya a través de él. La permeabilidad se mide como la razón de flujo de un fluido normalizado bajo una presión definida.

La permeabilidd depende del número, tamaño y forma de los poros.

Porosidad: Es la relación del volúmen de los poros o cavidades con el volúmen de cuerpo entero. Es expresado comunmente como un porcentaje. Este valor es obtenido

mediante el ensayo ASTM C 20-46 . Generalmente el volúmen de los poros es obtenido determinando la cantidad de agua absorvida por el material. El resultado obtenido es una porosidad aparente más que una porosida real.

Punto de Ablandamiento: Es la temperatura a la cual un material refractrio empieza a perder su fortaleza cohesional.

Punto de Fluencia: Es la temperatura a la cual las fases líquidas y cristalina que tienen la misma composición coexisten en equilibrio.

Los metales y los materiales puramente cristalinos tienen punto de fluencia definido.

La mayoría de los materiales refractarios no tienen punto de fluencia verdadero, ya que se van ablandando gradualmente dentro de un relativamente amplio rango de temperatura, a medida que se incrementa la cantidad de material sólido que se convierte en líquido.

Punto de Fusión: Temperatura a la cual la fusión toma lugar completamente.

Sílice: Se denomina así al óxido de Silicio SiO_2.

Resistencia al desgaste: Resistencia de un producto al desgaste de la superficie, provocada por la acción mecánica de un sólido.

Resistencia a las cargas de compresión: Resistencia a la

deformación de los refractarios cuando son sujetos a una carga de compresión especificada a una temperatura y tiempo definido.

Resistencia al choque Térmico: Propiedad medida por un ensayo en el cual probetas de materiales refractarios son sometidas a períodos alternados de calentamiento y enfriamiento en condiciones normalizadas. Con el objeto de determinar el número de ciclos de calentamiento y enfriamiento que pueden producir daños en las probetas.

BIBLIOGRAFIA

1.- MAGNESITA S.A. BRASIL: Catálogo general de productos; Sao Pablo Brasil 1981

2.- ATLAS DENMARK A.S. Manual de Operación y Mantenimiento Conjunto Rudd 2000, Copenhagen Dinamarca 1985

3.- EMPRESA DE REFRACTARIOS COLOMBIANOS ERECOS; Catálogo General de Productos, Medellín Colombia 1983.

4.- EMPRESA DE REFRACTARIOS COLOMBIANOS ERECOS; Instrucciones de Instalación de Refractrios, Medellín Colombia 1981.

5.- FIBERGLASS COLOMBIA S.A. Apuntes Técnicos: Energía, su problema y Economía BogoTá Colombia.

6.- AP GREEN FIRE BRICK CO. U.S Refractary: classification, Testing and Terminology. México-Missouri U.S.A. 1967.

7.- ENRIQUE P. MAUCHI: El refractario yla Tecnología de la harina de pescado. Lima Perú 1986.

8.- HARBISON-WALKER REFRACTORIES INC. Modern Refractory Practice. Pittsburgh, Pennsilvania U.S.A. 1961

9.- CANADIAN REFRACTORIES DIVISION: Technical Information bulletin #23 Vanadium Corrosio, 1962.

10.- ESSO: Principios fundamentales para la eficiencia de Calderas y hornos Industriales