

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“ Diseño Montaje y Mantenimiento de un Horno
Automático para la Fabricación de
Baldosas Cerámicas ”**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

JESUS ANGEL DAMAS LAURA

PROMOCION: 1979 - 2

LIMA PERU 1989

P R O L O G O

La Industria Cerámica en el país se ha desarrollado desde la Cerámica Artesanal Prehistórica, hasta nuestros días con el desarrollo tecnológico que requiere la vida moderna. La diversidad de usos de la Cerámica requiere de procesos específicos tanto en la fabricación como en cocción, los cuales se han mejorado notablemente, tanto del punto de vista técnico como decorativo. Su empleo en la actualidad bajo diferentes formas, están presentes ineludiblemente, como productos sanitarios, pisos, revestimientos, vasijas y productos artesanales en general.

INDICE	PAG.
1. INTRODUCCION	1
2. TIPOS DE HORNOS	7
3. SINTESIS DE ESTUDIO DE MERCADO	
3.1 Usos y Especificaciones del Producto	23
3.2 Condiciones de la Industria Cerámica	26
3.3 Mercado Actual	28
3.4 Comercialización del Bien	33
3.4.1 Modalidad de Venta	33
3.4.2 Publicidad	34
3.5 Alternativa Frente a la Necesidad e Importancia	35
4. INGENIERIA DE DETALLE	
4.1 Descripción del Horno Automático	40
4.2 Partes y Subsistemas - Accesorios	
4.2.1 Cálculo Térmico del Horno	
4.2.1.1 Parámetros para el Diseño	43
4.2.1.2 Cálculo Térmico	44
4.2.1.3 Cálculo del Calor Necesario para el Proceso	47

4.2.2	Cálculo y Diseño Mecánico	
4.2.2.1	Selección del Quemador	60
4.2.2.2	Cálculo del Aire para la Combustión	66
4.2.2.3	Selección del Ventilador y Tubería de Aire	69
4.2.2.4	Cálculo de las Estructuras del Horno	85
4.2.3	Cálculo y Diseño Eléctrico	100
4.2.4	Control Electrónico	106
4.2.5	Obras Civiles	109
4.3	Planificación Post Elaborativa	
4.3.1	Control de Calidad	111
4.3.2	Control de Producción	113
5.	INSTALACION Y MONTAJE	
5.1	Secuencia de Instalación	115
5.2	Especificaciones de las Principales Difi- cultades	119
5.3	Puesta en Marcha y Funcionamiento	129
5.4	Definición de la Modalidad de Carga del Ma- terial a Coccionarse - Esquemas	131
5.5	Descripción del Proceso de Quema	136
6.	MANTENIMIENTO PREVENTIVO REFERIDO AL MONTAJE	
6.1	Cronograma General	143
6.2	Elaboración del Sistema de Informe de Fallas	151
7.	EVALUACION ECONOMICA	
7.1	Inversiones	
7.1.1	Terreno	160

7.1.2 Costos por Obras Civiles	161
7.1.3 Maquinarias y Equipos	161
7.1.4 Ampliaciones del Sistema de Planta	164
7.1.5 Otros Activos	165
7.2 Costos	
7.2.1 Costos de Fabricación	167
7.2.2 Costos de Operación	172
7.3 Análisis Comparativo	176

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

PLANOS

APENDICE

C A P I T U L O 1

INTRODUCCION

1. INTRODUCCION:

La Industria Cerámica en general ha venido y viene desarrollándose en forma muy progresiva, dada la importancia que adquiere cada vez más por sus múltiples aplicaciones.

En la actualidad se fabrican productos cerámicos muy variados como son ladrillos (rojos o refractarios), loce - tas, baldosas, sanitarios en general, productos amplia - mente utilizados en todo tipo de construcciones como vi viendas, oficinas en general, para paredes, pisos, reves rimientos sanitarios, etc.

En nuestro país la cerámica se desarrolla dentro de los campos bien definidos, como son:

- La Cerámica Artesanal.
- La Cerámica Industrial propiamente dicha.

a) En la Industria de Cerámica Artesanal, ésta se realiza en nuestro país en forma empírica, poco tecnificada, y sobre todo desarrollada al criterio de cada artesano.

La gran mayoría de estos trabajos son de orfebrería, como artículos decorativos, y en menor escala para fi

nes domésticos. Se desarrolla principalmente en las provincias, sobresaliendo los departamentos de Piura, Puno, Cajamarca, Lambayeque.

- b) La Cerámica Industrial propiamente dicho, aplicado como se dijo en la Industria de la Construcción en general, dentro del cual se encuentra la fabricación de baldosas cerámicas, tema de nuestro proyecto.

Históricamente la Industria Cerámica ha venido desarrollándose en forma progresiva, desde la cerámica artesanal prehistórica, hasta lo que es en la actualidad una Industria Moderna, y líder dentro de la construcción, y en muchos casos con tendencia a la automatización. Los procesos de cocción se logran actualmente con gran tecnificación, en hornos modernos y debidamente controlados.

A nivel mundial la Industria de la Cerámica adquiere gran importancia por el volumen de producción, y el alto grado de tecnificación que esta requiere.

Específicamente, la producción mundial de baldosa para pavimentación y revestimiento entre 1976 a 1980, tomados del "Year Book of Industrial Statistic" 1980 de las Naciones Unidas se muestran en el cuadro siguiente, contabilizados para el año 1980.

PRODUCCION MUNDIAL DE BALDOSAS PARA EL AÑO DE 1980

(CUADRO Nº 1)

País o Territorio	Producción Mundial en Millones de m ²	Porcentaje Mundial %
Italia	335.20	40.50
Brasil	90.75	10.00
España	88.42	19.46
Japón	80.00	9.15
República Federal Alemana	46.20	4.20
Francia	25.32	2.30
Estados Unidos de América	25.00	2.30
México	25.00	2.30
Reino Unido	17.14	2.15
Benelux	12.05	1.65
Grecia	4.70	0.52
Países Escandinavos	3.00	0.48
Suiza	2.00	0.26
Otros Países	120.40	13.92

Como se observa en el cuadro anterior, Italia es el gran productor de productos cerámicos cubriendo gran parte del Mercado Mundial sobre todo Estados Unidos y Canadá. El Perú, potencialmente tiene recursos abundantes pero que no ha representado mayor importancia por las restricciones

comerciales y la competencia internacional, pero que dada la abundancia de recursos, se tiende a incentivar la producción, e incluso a escala de exportación sobre todo a nivel del Grupo Subregional Andino.

OBJETIVOS

Los fines principales que se persiguen con la elaboración de este proyecto son:

- 1º Diseño de un horno automático con capacidad para 750m² de cocción de baldosas por vez, de manera que reúna las condiciones de diseño, economía y operabilidad.
- 2º Contribuir a la industria de la construcción en general, con el consiguiente desarrollo para el país, utilizando para ello materia prima nacional, así como tecnología propia. Con el consiguiente ahorro de divisas para el país.
- 3º Disminuir los costos de producción, mediante la construcción de un horno automático, así como permitir un control de la cocción más apropiada.
- 4º Cubrir íntegramente el Mercado Nacional, e incluso con tendencia a la exportación, sobre todo en el área andina.
- 5º Incentivar el empleo de insumos nacionales (materia prima nacional), limitando al mínimo las importaciones.

C A P I T U L O 2

TIPOS DE HORNOS

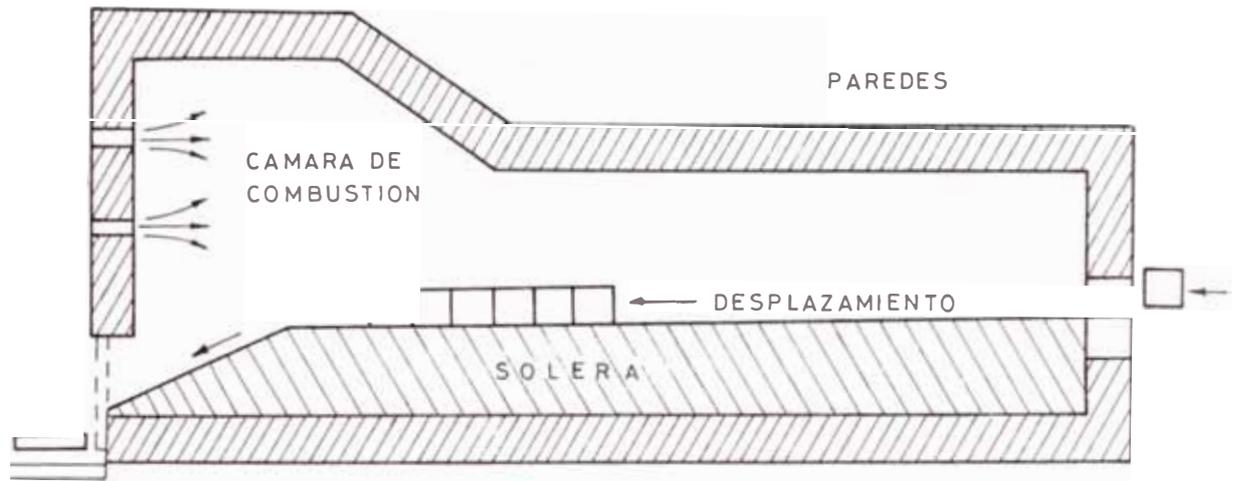
2. TIPOS DE HORNOS.-

Existe una gran variedad en cuanto a la forma de operación y manipulación de los hornos industriales dentro de los que se tienen:

2.1 Hornos Contínuos .-

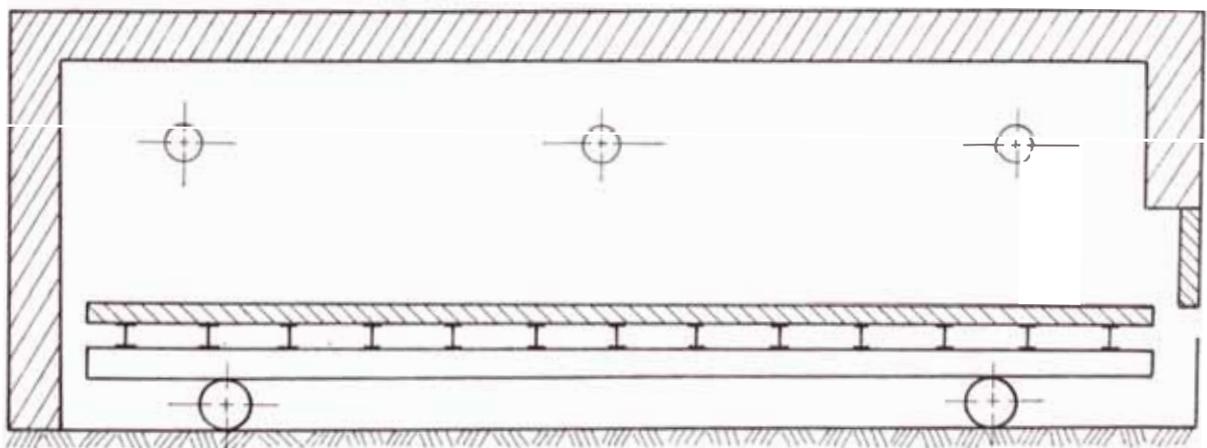
Es un tipo de horno en donde el material de cocción se desplaza en el horno mientras se va calentando. El tipo de línea recta es una de las más utilizadas.

El material en este caso pasa sobre soleras fija o móvil. Cuando se desplaza sobre soleras fijas, el material pasa sobre patines o rodillos, tomando una inclinación de pendiente positiva (hacia abajo) desplazándose o por la acción propia de la gravedad o por medio de empujones mecánicos.



HORNO CONTINUO CON EMPUJADORES.
SOLERA FIJA

En los hornos continuos con soleras móviles, tanto el producto de cocción como las soleras se desplazan a través del horno, a velocidades determinadas

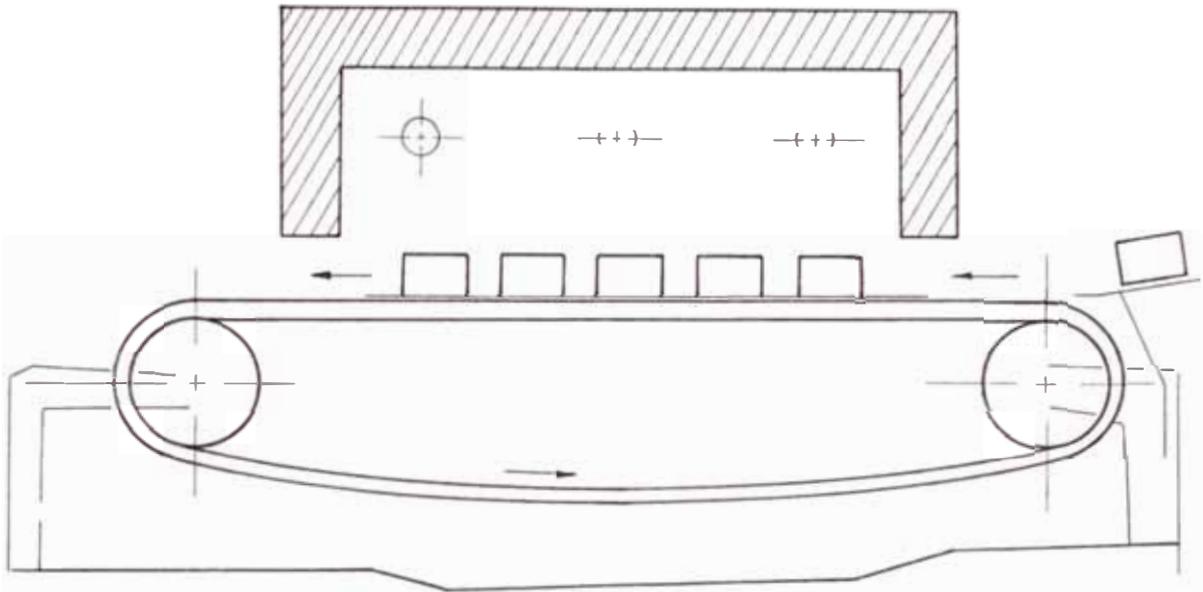


HORNO DE SOLERA MOVIL

Los hornos automáticos, también están comprendidos dentro de este tipo de hornos.

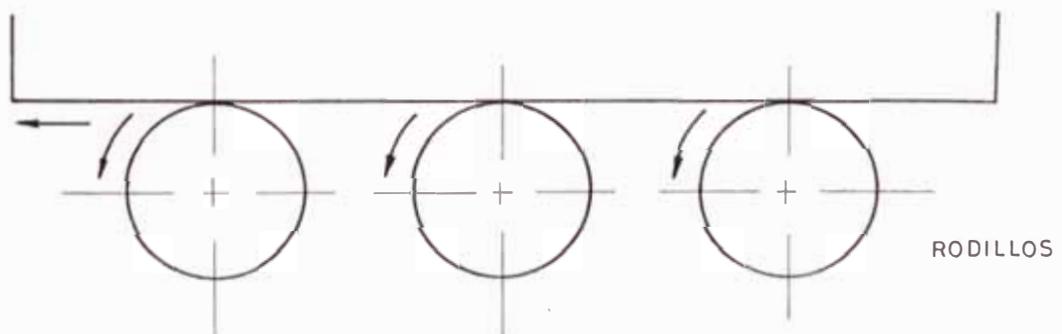
En estos tipos las piezas a calentar o coccionar se desplazan a través de la cámara de calentamiento (o cocción) accionadas por medio de mecanismos de transporte, como pueden ser: transportadores de cadenas, por rodillos, mallas de alambre, los de movimiento oscilantes, en otros dispositivos mecánicos para de terminar velocidad de dichos transportadores, será ne cesario determinar la velocidad de secado, calentamiento o de cocción, según sea el caso requerido, y en función a parámetros como tiempo, temperatura, grado de humedad, transferencia de calor y masa etc. Este tipo de hornos (contínuos automáticos) se utilizan mayormente para calentamiento de piezas, o cocción de algunos productos de bajas temperaturas, co mo es el caso de productos alimenticios, o precalentamiento de piezas metálicas, etc.

En los tipos de hornos contínuos automáticos accionados por cadenas, estos se comportan a manera de un "Apron Feeder" o transportador de placas, sobre el cual se depositarán los productos a calentarse. Las velocidades del transportador varían según sean los casos con valores fluctuantes entre 0.5 m/min
5 m/min.

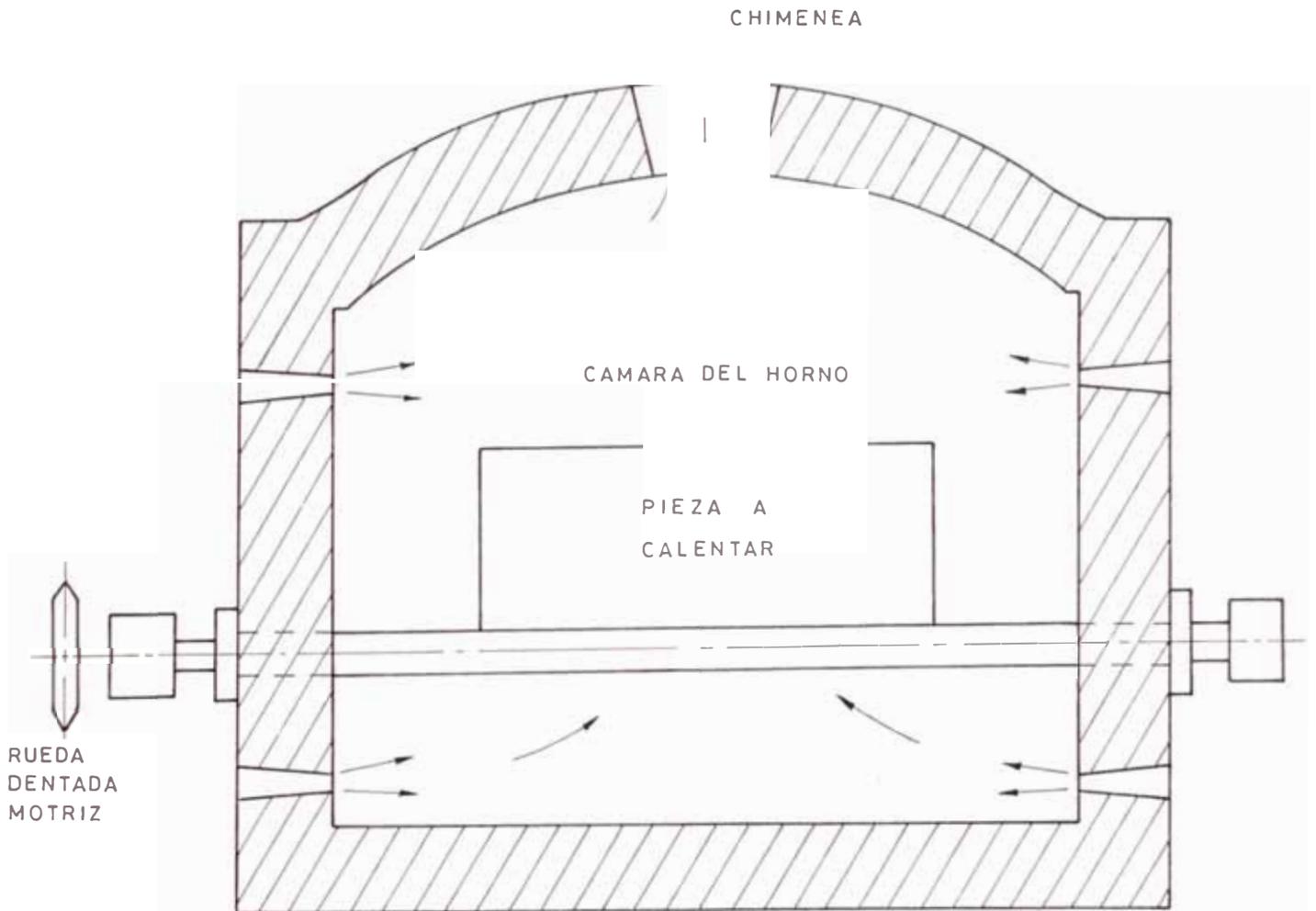


HORNO AUTOMATICO CON TRANSPORTADOR POR
CADENAS

En los hornos accionados por rodillos, el sistema de desplazamiento de las piezas de calentamiento o de cocción se realiza por el accionamiento giratorio de los rodillos, por lo cual se requiere que el tamaño de las piezas sean lo suficientemente grande para evitar resbalamiento.



SISTEMA DE ACCIONAMIENTO



HORNO AUTOMATICO CON TRANSPORTADOR POR
RODILLOS

2.2 Hornos Intermitentes .-

A diferencia de los hornos continuos en estos tipos de hornos, las piezas a calentar o coccionar son introducidos al horno, y permanecerá dentro de ella durante un tiempo determinado, luego del cual es extraído, generalmente por la misma puerta. La temperatura a que se encuentra sometido en la cámara es más constante, y las piezas se colocan por lo general en una sola posición.

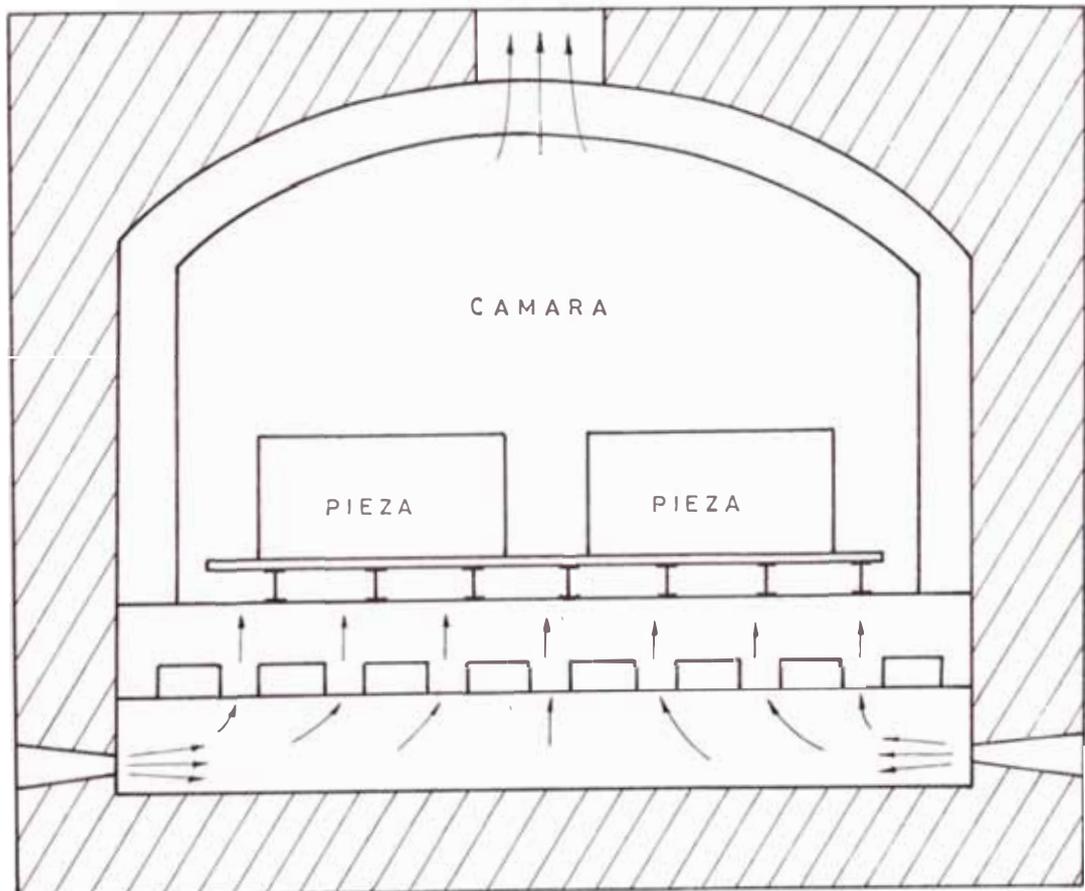
Este tipo de hornos son los más utilizables para calentar o coccionar grandes volúmenes de piezas sean estos en grandes bloques (cascos de calderos, por ejemplo) o bloques pequeños en forma de apilamiento como ladrillos, baldosas cerámicas, refractarios, etc.

Por lo general las piezas son introducidas al horno en un vehículo rodante desplazable, y permanecen dentro del horno durante su calentamiento o cocción para luego ser extraído tal igual como ingresó, para el caso de piezas para recocido como son los cascos de calderos, las piezas conjuntamente con el vehículo rodante permanecerá en el horno hasta su enfriamiento natural.

Desde el punto de vista de la forma de calefacción se tienen los siguientes tipos de hornos:

2.3 Hornos de Calefaccion por la Parte Inferior.-

En estos tipos de hornos, la llama se produce por debajo del hogar, pasando luego hacia arriba a la cámara de calefacción. La temperatura en este caso no permanece constante ya que en la parte más inferior la temperatura será mayor, que en las partes superiores, no siendo tan recomendable su uso en el área industrial, sino más bien en el caso de hornos pequeños.

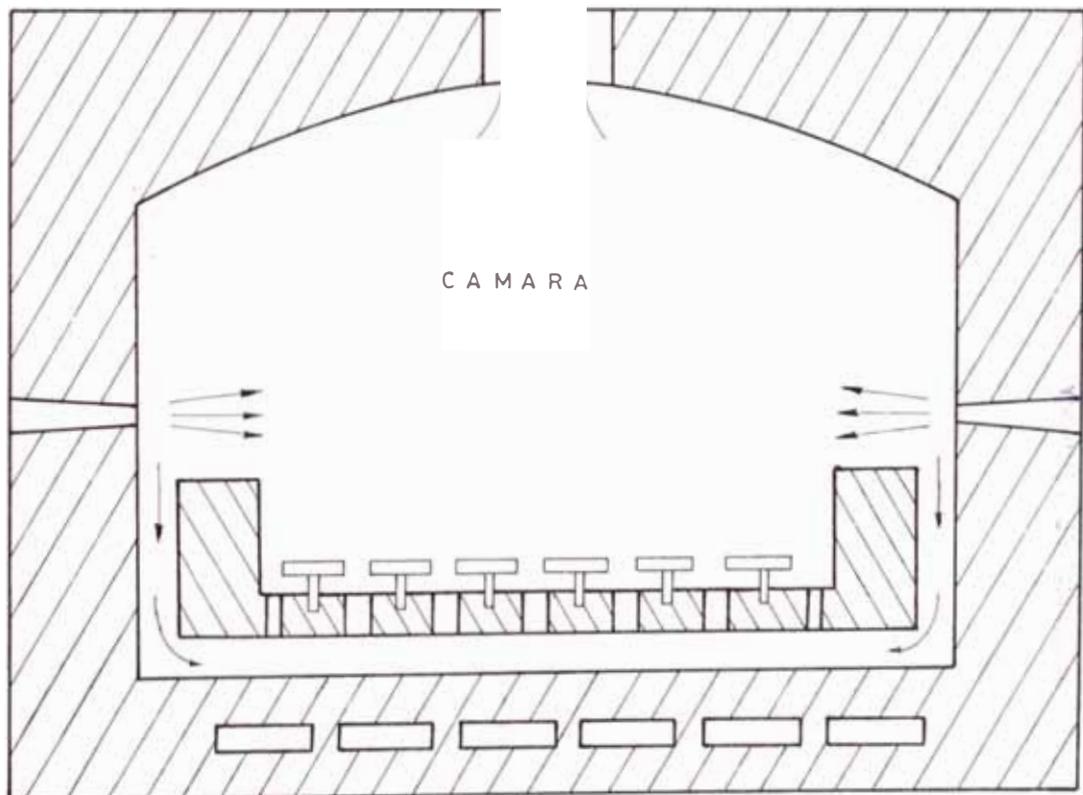


HORNO DE CALEFACCION POR LA PARTE INFERIOR

2.4 Hornos de Calefacción Lateral.-

Son los tipos de hornos industriales más utilizados, ya que permite obtener temperaturas más uniformes y constantes en su interior, a la vez que la maniobrabilidad de los equipos calefactores es mejor.

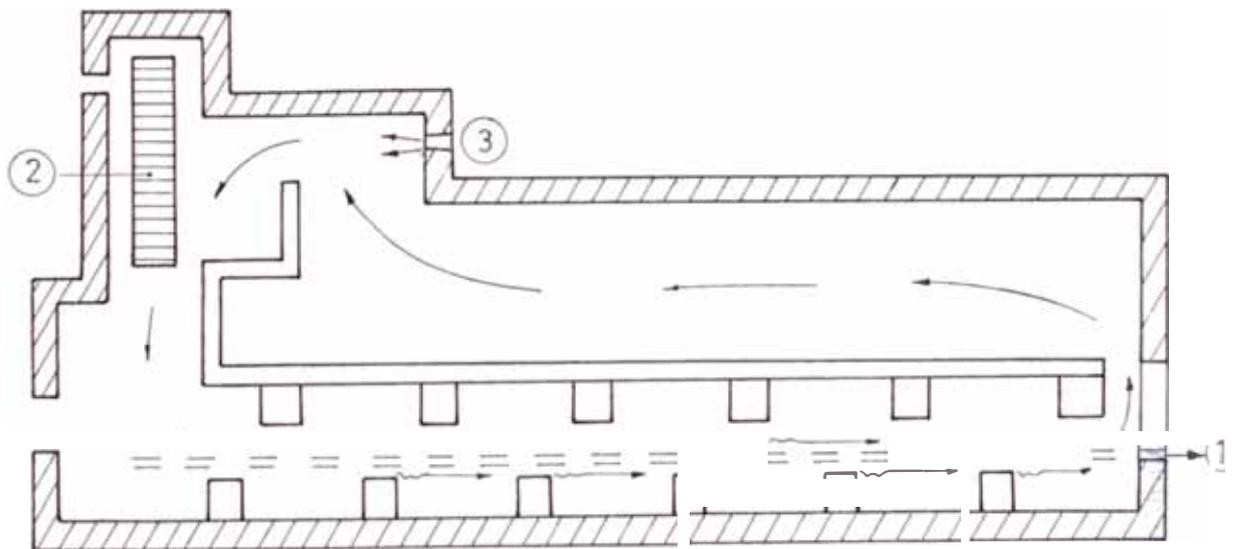
Siendo por lo general los hornos de forma cúbica o prismática, la ubicación de los calefactores será en los lados mayores, y distribuídos simétricamente, se utiliza tanto para hornos contínuos, y sobre todo en los intermitentes. Las dimensiones de estos varían entre 20m³ a 160 m , siendo estos específicamente industriales.



HORNO DE CALEFACCION LATERAL

Cuando la llama se desarrolla en un espacio encima de la calefacción, y se vierte a través de una bóveda agujerada se dice entonces que el horno es de calentamiento por la parte superior.

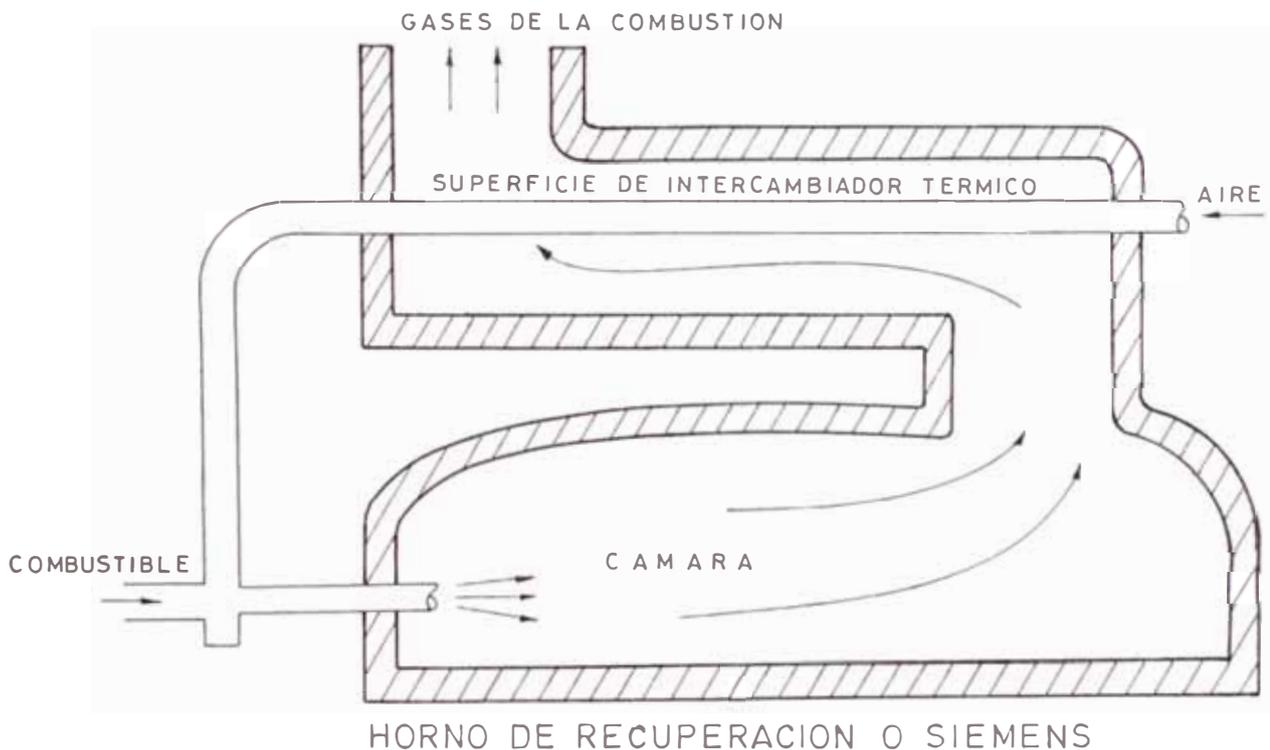
Cuando se trata de temperaturas medias o bajas, se prefiere el empleo de hornos con recirculación o circulación forzada, con el cual se logra alcanzar una temperatura muy uniforme. Este tipo de hornos se utiliza exclusivamente para bajas temperaturas, como es el caso de la industria alimentaria o química.



HORNO DE RECIRCULACION

- ① = Sistema Transportador
- ② = Ventilador
- ③ = Quemador

Los hornos regenerativos, son aquellos en donde los productos de la combustión salientes imparten calor a los ladrillos o metales de calefacción; colocados en una cámara de intercambio térmico, mientras que el aire de ingreso absorbe calor de los ladrillos (o metal) precalentándose.



2.5 De acuerdo a la Generación de Calor se tienen los Tipos:

- a) Hornos de combustión del combustible.
- b) Hornos eléctricos.

a) Los hornos de combustión de combustible son to dos los estudiados anteriormente, en todas sus formas, y su aplicación está muy difundido.

Los combustibles que se utilizan para generar calor se tiene:

1- Combustible Líquido.-

El empleo del Fuel Oil petróleo como combustible idóneo para la combustión, por sus características, como su alto poder calorífico, su facilidad de uso, sigue siendo actualmente el combustible por excelencia en toda clase de hornos. Por lo general se emplea el Fuel Oil o Diesel N^o. 6, residual o Bunker. Otro combustible que también se utiliza es el querosene, aunque esto en mínima escala por su costo mayor, y las restricciones en su empleo.

2- Combustible Gaseoso.-

La combustión con gas natural, es una solución ideal en la combustión, siendo su único inconveniente para ser utilizado, tener la industria enclavada en una zona de distribución de gas natural. El gas natural ofrece características determinadas como estar exento de azufre, no contener impurezas con relación al combustible líquido.

Algunas ventajas son:

- El gas natural no requiere de precalentamiento previo.
- Arde con llama voluminosa y homogénea.
- No necesita bombeo ni gastos de transporte.

Pero como se dijo, su empleo solo se circunscribe a zonas enclavadas en yacimientos de gas natural.

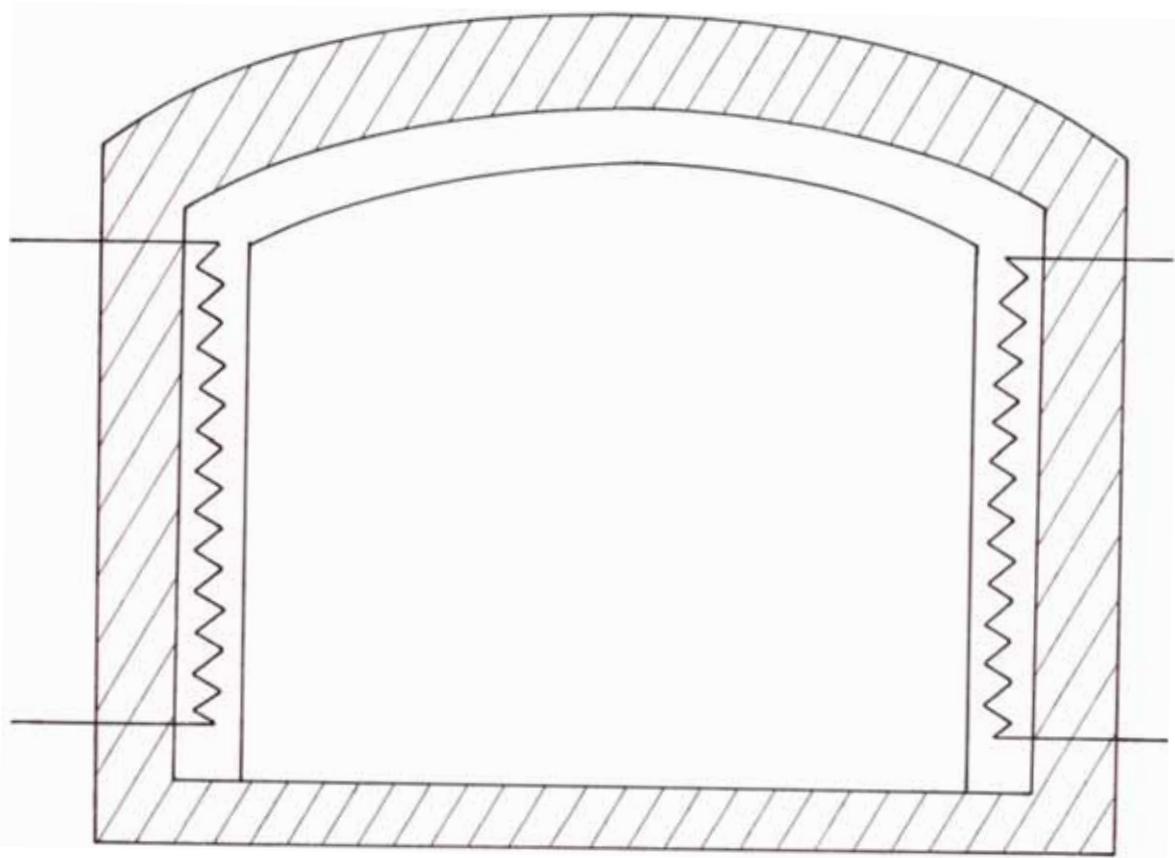
b) Hornos Eléctricos.-

Se realizan por uno o más arcos, por corriente primaria o inducidas, que fluyen por resistencias, o por corrientes inducidas en la propia carga. La mayoría de los hornos eléctricos se calientan por medio de resistencias, y en pocos casos de inducción.

Existen en la actualidad hornos eléctricos de rodillos en los cuales se pueden obtenerse temperaturas (en la cámara) hasta 1250°C con lo cual pueden cocerse material cerámico, entre 1 a 4 horas.

Se emplean diferentes materiales para la construcción de resistencias para la calefacción eléctrica. La mayoría de las resistencias, siendo el material más utilizado la aleación níquel - cromo, que toma la forma de tiras laminadas, o rejillas moldeadas. Otros materiales son vidrios fundidos, carbón granular, carbón sólido, grafito, etc.

En el área de la industria cerámica el empleo de hornos eléctricos resulta desventajoso debido al alto costo del consumo de energía eléctrica, resultando por ello oneroso la producción, y no podría competir en el mercado.



HORNO ELECTRICO POR RESISTENCIAS METALICAS

2.6 De acuerdo a la forma de su construcción se pueden clasificar en:

a) Hornos Túnel

Que se constituyen en el caso más universal para la cocción en la industria cerámica, Es el único tipo de horno con fuego fijo, y actualmente representa al más eficaz sistema en la industria del ladrillo y la cerámica.

Puede cocer con éxito cualquier tipo de ladri

llos, o cerámica en general, desde los macizos comunes, hasta los formados más delicados. Las posibilidades de apilamiento de ladrillos, lozetas, etc., es muy utilizable por cuanto son hornos estéticos. Las posibilidades así mismo de acoplamiento de máquinas automáticas para la carga de las vagonetas (caso más generalizado) conduce a la posibilidad de construir fábricas automáticas, que situarían a la industria cerámica en una posición de vanguardia en la automatización total.

Las características y ventajas que representan este tipo de hornos son:

- 1º Fácil obtención y mantenimiento de una curva de cocción predeterminada relación con el tipo de arcilla a coser.
- 2º Extrema facilidad de realizar las operaciones de carga y descarga.
- 3º Comodidad de afectar una regulación automática.
- 4º Mayor consumo específico medio de combustible.
- 5º Mayor cantidad de calor requerido para el secaje.
- 6º Menor espacio fijo.
- 7º Menor necesidad de vigilancia por parte de los cocedores.
- 8º Ausencia absoluta de mantención sistemática

de las bóvedas y paredes interiores del horno.

9º Gran potencialidad.

10º Condiciones de trabajo extraordinariamente favorables, tanto para el control y operación del calentamiento, como la maniobrabilidad del producto.

11º Mínimo número de puertas; uno al ingreso y otro de salida, o uno solo, que sirve de ingreso y salida a la vez, y por consiguiente mínima pérdida del calor, desuniformidad de cocción, tiempo perdido en operaciones de apertura y cierre.

b) Hornos Abiertos.-

Estos hornos pueden tomar forma de un recipiente (los crisoles por ejemplo) y que se utilizan generalmente para cocción o fundición, que a la vez pueden ser fijos o rotativos; sus capacidades son muy variables, y en la mayoría de los casos son calentados eléctricamente.

Este tipo de hornos definitivamente no es utilizado en la industria ladrillera o cerámica por su posición y forma de cocción.

C A P I T U L O 3

SINTESIS DE ESTUDIO DE MERCADO

3. SINTESIS DE ESTUDIO DE MERCADO .-

3.1 Usos y Especificaciones del Producto.-

Las baldosas cerámicas son comunmente utilizadas en todo tipo de construcciones, como viviendas en general, oficinas y todo inmueble público y privado en general, tanto para el revestido de pisos, paredes y de contorno.

Las dimensiones de estos productos están estandarizados, siendo sus medidas los siguientes en acabados:

- Largo : 200 mm
- Ancho : 100 mm
- Espesor : 10 mm

Los insumos necesarios para la fabricación de estos productos cerámicos son variables, contenidos estos en la industria minero no metálica. Entre los principales insumos que se utilizan tienen: la caliza, el feldespató, arcilla y en menor grado la sílice, todos ellos son materia prima nacional.

Los productos de importación son mínimos y se circunscriben fundamentalmente a algunos compuestos. En el cuadro N° .1, se muestra una relación completa de los insumos necesarios a temperaturas moderadas. La cantidad de materia prima utilizadas varían según las características físicas específicas que se requieran en las baldosas terminadas. La fase más crítica es la cocción, debido a que no puede

reproducirse exactamente los ciclos de tiempo/temperatura/atmósfera, que producen variaciones en el calor y otras propiedades físicas de una hornada a otra, e incluso entre una baldosa a otra. Genéricamente el proceso de fabricación de las baldosas cerámicas, están sintetizadas en el diagrama de producción de dichas baldosas, mostradas en la figura N° 1.

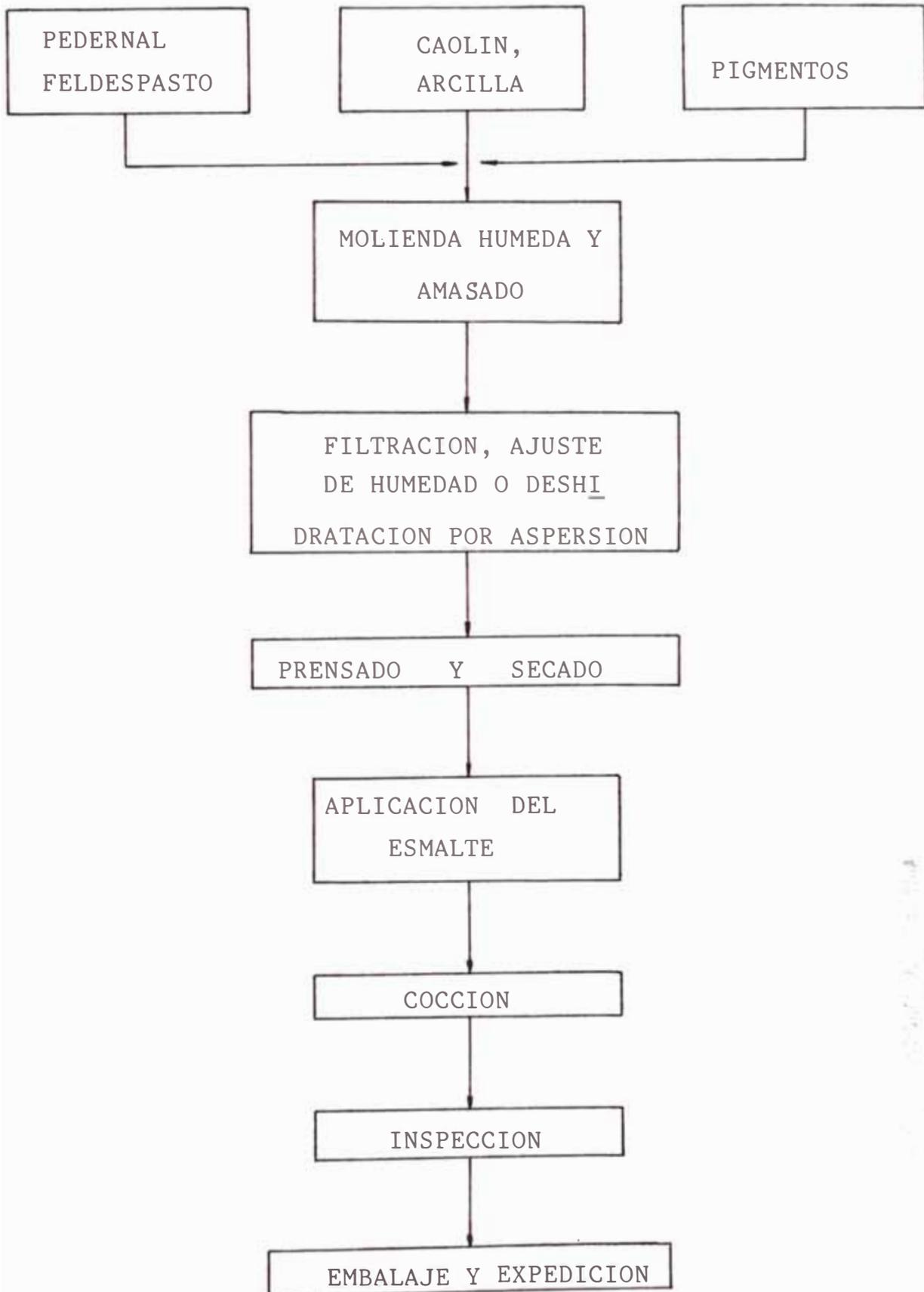
Dentro de los insumos que se utilizan para la fabricación la gran mayoría son de procedencia nacional, mientras que la importación solo se remonta fundamentalmente a algunos compuestos.

En el cuadro N° .1 se detalla una relación completa de los insumos necesarios para la fabricación de productos cerámicos en general. (Fuente: Ministerio de Industria, Turismo e Integración).

CUADRO N° 1 Porcentaje de Utilización de Materia Prima en la Industria y Cerámica

P R O D U C T O	Materia Prima Nacional %	Materia Prima Importada %
Vidrio:		
Vidrio plomo	64	36
Envases	48	52
Art. del Hogar	40	60
Industria Cerámica en General	80-85	20-15
Industria de Refractorios	38	62

Cuadro .1 DIAGRAMA DE PRODUCCION DE BALDOSAS



Dentro de los insumos nacionales para la industria se tienen: la arcilla, el feldespató, el caolín, y entre los insumos de importación se tiene a los pigmentos cromáticos.

En la actualidad, para la fabricación de loza sanitaria se dispone de yeso de buena calidad, que mejora la calidad del producto.

3.2 Condiciones de la Industria Cerámica.-

Para el desarrollo de la industria cerámica, como cualquier otro tipo de industria debe reunir condiciones generales y específicas:

1º Materia Prima Disponible

La materia prima es la condición más indispensable que debe tenerse en cuenta, pues sin ello no se podría desarrollar. Las características de la materia prima en general deben ser:

- De buena calidad requerible, y que permita un tramiento previo de mínimo costo.
- Abastecimiento normal, y con stock o reservas para mediano o largo plazo y a costos bajos.

2º Ubicación Estratégica

La fábrica debe ubicarse preferentemente en lugares cercanos a los yacimientos minerológicos de manera que los costos por transporte de insumos sean menores.

3º Mercado

Como toda industria se requiere de un mercado

amplio y constante, para la comercialización de sus productos, sin que ello signifique la monopolización, por cuanto la competencia formal de productos similares es muy evidente.

4º Accesibilidad y Facilidad de Transporte

Por tratarse de productos de volúmenes grandes, así como pesos de accesibilidad mediante las vías de comunicación es importantísimo, para el transporte de los productos de una manera cómoda y segura.

5º Disponibilidad de Mano de Obra

La disponibilidad de contar con mano de obra calificada y no calificada, permanente garantiza la producción continua. Esta mano de obra no debe ser demasiado costosa a fin de no incrementar los costos de producción.

6º Abastecimiento Energético e Hídrico

El abastecimiento de energía eléctrica debe ser constante, garantizado, y a costos relativamente menores. El abastecimiento de agua también debe ser normal, para los procesos requeribles.

7º Por lo general estas fábricas se ubican en zonas perimétricas, o en alrededores, o fuera de las ciudades, tanto por su posición más cercana a las materias primas, almacenamiento etc., como por medidas a efectos de la contaminación que estos originan.

3.3 Mercado Actual.-

La industria cerámica en general comprende en la actualidad de un elevado número de fábricas destinadas a la producción de vidrios en primer lugar y sanitarios en segundo orden, comprendiendo la baldosas en este rubro.

En lo referente a la fabricación de baldosas cerámicas, existe actualmente en el país alguna fábrica detalladas en el cuadro N° 2, destinadas a la producción de baldosas y azulejos cerámicos, y el volúmen apróximado de producción según las estadísticas del Ministerio de Industria y Turismo 1986. Según estas estadísticas mostradas en el cuadro N° 3, correspondiente a las gestiones de 1980 a 1986, de la producción de baldosas, especificadas tanto en volúmen (m²) y peso, Cabe notar que la cantidad expresada en metros cuadrados, está en función a la superficie unitaria de cada unidad.

Baldosa	10 x 20 cm	-	200 cm ²	(0.02 m ²)
Baldosa	12 x 25 cm	-	300 cm ²	(0.03 m ²)

CUADRO N° 3 PRODUCCION DE LOZAS SANITARIAS
Y BALDOSAS : 1980 - 1986

AÑO	PRODUCCION (m ²)	PRODUCCION (kg)	VALOR EN U.S.
1980	356,400	5'875,600	4'345,517
1981	422,416	6'986,000	5'213,420
1982	413,215	6'754,000	5'202,382
1983	408,700	6'546,200	5'374,421
1984	398,860	6'156,150	5'128,875
1985	398,900	6'156,160	5'232,375
1986	406,410	6'286,300	5'876,875

Como se observa en el cuadro N° 3, en los años 1983, 84 y 85, sufre un descenso relativo, revela que el efecto causado por ciertas restricciones en el mercado constructor, afectando por cierto en la producción de baldosas y productos sanitarios.

En el cuadro N° 4, se registran los comportamientos en el consumo de lozas sanitarias y baldosas durante los mismos años según las mismas estadísticas del MITI (datos computarizados KUNACC).

CUADRO N° 4 CONSUMO NACIONAL DE BALDOSAS
CERAMICAS DE 1980 - 1986

AÑO	CONSUMO (m ²)	CONSUMO kg	VALOR TOTAL CONSUMIDO (U.S.)
1980	304,672	4'986,000	3'874,513
1981	396,425	5'996,400	4'946.751
1982	386,050	5'786,870	4'878,953
1983	368,758	5'680,310	4'740,000
1984	306,420	5'605,000	4'741,716
1985	305,740	5'608,400	4'796,850
1986	345,680	5'744,850	5'050,422

Las exportaciones representará entonces la diferencia entre la producción y el consumo nacional, que en realidad es una cantidad relativamente baja. En el cuadro N° 5 muestran estas diferencias, y los porcentajes respecto a lo producido, de las exportaciones. En el gráfico N° 1 se muestran los comportamientos de la producción y demanda nacional para los años en estudio, donde se observa la tendencia a disminuir la diferencia entre producción y consumo nacional.

CUADRO Nº 5: VARIACION DE LA EXPORTACION DE
PRODUCTOS LOZAS Y BALDOSAS

ANO	PRODUCCION	EXPORTACIONES	
	Kg	Kg	%
1980	6'125,600	889,600	15.82
1981	6'986.000	989,600	14.62
1982	6'756,000	968,000	14.50
1983	6'546,000	866,150	13.70
1984	6'156,000	551.150	9.10
1985	6'156,160	547,760	8.98
1986	6'256,300	441,550	7.41

Si se proyecta ambos valores: demanda y producción para 10 años (hasta 1997) se tiene:

1º Proyección Demanda:

Crecimiento promedio en los 3 últimos años

$$t_r (\%) = \frac{345,680 - 306,420}{306,420} \times \frac{1}{3}$$

$$= 3.78\% \text{ anual.}$$

Proyección a 10 años.

$$C_2 = C_1 (1 + t)^n$$

donde:

C_2 = Consumo o demanda en 1997

C_1 = Consumo actual: 5'744,850 Kg.

t Tasa promedio: 3.78% ($3.78/100$)

n 10 años proyectados

Luego se tiene: $C_2 = 9'310,400$ Kg.

que corresponde al consumo en 1997.

2º Proyectando la producción de los últimos 6 años.

$$t_2(\%) = \frac{6'256,300 - 6'125,600}{6'256,300}$$

$$= 2.08\% \text{ de crecimiento}$$

Proyectando así mismo para 10 años se tiene:

$$C'_2 = 7'610,000 \text{ Kg.}$$

Luego la demanda real o deficitaria en año 1997 será:

$$D = 9'310,400 - 7'610,000 = 1'700,400 \text{ Kg/año}$$

Considerando una cocción de 4 días como promedio (096 horas), de intermitencia, se tendrá un total de hornadas:

$$\text{Nº Hornadas} : \frac{360 \text{ días/año}}{4 \text{ días/vez}} = 90 \text{ Hornadas}$$

Capacidad del horno:

$$C = \frac{1'700,400 \text{ Kg}}{90 \text{ Hornadas}} = 18,992 \text{ Kg}$$

El peso promedio de cada baldosa es de 0.55 Kg (para baldosas de 200 cm^2), se tendrá:

$$\text{Nº baldosas} = \frac{18,992}{0.55} = 34,530 \text{ unid/vez}$$

Como las áreas unitarias de cada baldosas es de 200 cm^2 (baldosas de 10 x 20 cm), equivale a 0.02 m^2 , se tendrá finalmente:

Capacidad del Horno:

$$34,530 \times 0.02 \text{ m}^2 \approx 690.2 \text{ m}^2$$

3.4 Comercialización del Bien .-

3.4.1 Modalidad de Venta.-

La comercialización de los productos baldosas, incluidos dentro del rubro de productos sanitarios cerámicos, del Ministerio de Industria Turismo e Integración, en el área nacional se realiza bajo diferentes formas, legalmente instituídas:

- Mediante establecimientos distribuídos : autorizados por los mismos productores. Los productos son transportados y almacenados en grandes cantidades en dichos establecimientos para luego ser comercializados al por mayor, a distribuidores mayoristas.
- Mediante distribuidores mayoristas, y ferreterias en general, los cuales adquieren en el producto directamente de la fábrica, sea por compra directa o con pedidos anticipados. Este sistema es menos frecuente. En este caso la venta puede realizarse por compra directa, o con crédito a corto plazo, mediante carta de crédito confirmada a la vista, con períodos hasta 90 días.

3.4.2 Publicidad.-

Como todo producto que tiene que ser comercializado en el mercado nacional, e incluso a nivel internacional, la publicidad es un factor muy importante, ya que de ello dependerá que se conozca la existencia y calidad del producto.

La publicidad se realiza principalmente mediante los medios de comunicación hablada y escrita, así como las guías de productos comerciales e industriales (en este caso la guía telefónica, en páginas amarillas), otra forma de hacer publicidad es también mediante anuncios en los puestos de venta, rótulos debidamente establecidos, que contribuyen al mayor conocimiento o información de los productos en mención.

Las entidades distribuidoras y comercializadoras suelen por lo general realizar exposiciones de productos cerámicos, formando conjuntos o por piezas separadas, estableciendo módulos, a fin de atraer mejor al cliente nacional o extranjero.

3.4.3 Competencia .-

La competencia legalmente establecida es otro de los fenómenos propios dentro de la comercialización de un producto. En el caso

de baldosas cerámicas, al igual que en otros productos, la competencia obliga al fabricante a mejorar su producto, de manera que estea técnica y económicamente al alcance de los consumidores. Existe en la actualidad fábricas destinadas a esta producción, los que se muestran en el cuadro siguiente.

También la competencia existe con productos de importación, principalmente con los procedentes de Colombia, Argentina o Brasil que son grandes productores concordantes con sus materias primas.

La competencia implica tener en consideración los siguientes factores:

- Productos de buena calidad, fabricados mediante norma ITINTEC 0356/416-86.
- Competitividad en el precio, de manera que esté al alcance de los grandes consumidores, sin desmedro de su calidad.
- Abastecimiento continuo, según el lugar de consumo, de forma que el proveedor pueda atender plenamente al cliente en cualquier circunstancia.

3.5 Alternativa, Frente a la Necesidad e Importancia.-

La Industria de la Cerámica, referente a las baldosas cerámicas y sanitarias, tiene relación con

las construcciones de viviendas en general, oficinas públicas y privadas, por lo que el desarrollo de esta actividad dependerá en gran parte del impulso que tenga las construcciones. Según las estadísticas del MITI la fabricación de cerámicas, ha ingresado a un franco desarrollo en los últimos 20 años, debido a esto se han creado nuevas fábricas, básicamente en vidrios en general, y en segundo lugar en revestimientos, sanitarios en general.

Pero las últimas estadísticas, según los cuadros Nº 2 y 3, ponen en manifiesto que ha existido un cierto estancamiento, en los últimos años, para luego tener un ligero despegue en los años posteriores a 1984. Al no existir una planificación urbanística, de acorde a las necesidades de la población. Este ligero despegue en la demanda, seguido de la tendencia a disminuir las importaciones, obliga pues a la creación de nuevas industrias. Además, el país cuenta con yacimientos de minerales como silicatos, arcilla blanca, etc, materia muy importante en la fabricación de otros productos.

Además, el estado ha creado el certificado de atenuación de tasas (C.A.T.) valorado en el 12% del valor F.O.B. (Free on Board) o mercadería en el puerto peruano, que es libremente negociable en la bolsa en moneda nacional o extranjera, con lo

que se pueden cubrir los impuestos por derecho de exportación, derechos de aduanas, y impuestos sobre la venta, Estos factores favorecen y alimentan la producción e importación de estos productos, sobre todo a nivel del grupo Subregional Andino.

CUADRO Nº 6 : FABRICAS ACTUALES DE PRODUCTOS
CERAMICOS

F A B R I C A	P R O D U C T O
- Cerámica Santa Luisa S.A.	Sanitarios en General
- Cerámica Lima S.A.	Sanitarios en General
- Cerámica Las Mercedes	Baldosas
- Cerámica Iturry	Sanitarios
- Cerámica Los Reyes	Baldosas
- Cerámica Sta. Barbara	Sanitarios y Baldosas
- Ceramosa	Sanitarios y Baldosas

C A P I T U L O 4

INGENIERIA DE DETALLE

4. INGENIERIA DE DETALLE

4.1 Descripción del Horno Automático

El horno a diseñarse para baldosas cerámicas , tendrá una capacidad de 750 m² , como una forma de cubrir con la demanda para el año 1997, según lo descrito en el capítulo anterior.

Las baldosas más comunmente utilizables en pisos y revestimientos son de 10 x 20 cm x 1.0 cm de es pesor, con un área por baldosa de:

$$10 \times 20 = 200 \text{ cm}^2 \\ 0.020 \text{ m}^2$$

La capacidad real del horno será en unidades:

$$N = \frac{750 \text{ m}^2}{0.02 \text{ m}^2/\text{bald.}} = 37,500 \text{ unid.}$$

El peso promedio por unidad es de 0.60 Kg por lo que en peso sera:

$$W = 37,500 \times 0.60 = 22,500 \text{ Kg.}$$

El horno más adecuado, para este tipo de cocción es el denominado "Hoffman" intermitente, de mane ra que cuando la carga esté en cocción otro simi

con gran hermeticidad, de manera que permita el mí nimo de fuga de calor hacia el exterior.

El dimensionamiento del horno estará en función a la capacidad volumétrica de las cargas térmicas ob tenidas por la disposición de las baldosas en los carros.

El sistema de distribución del calor de quema, o coc ción de las baldosas, permitirá la ubicación y dis tribución de los quemadores, los circuitos de alimentación de aire y combustible, así como las tu - berías absorbentes de los gases calientes para su posterior eliminación al exterior, cuyos tamaños se dimensionarán de acuerdo a los requerimientos - de calor en el horno.

Por otro lado, el accionamiento de las puertas se deberá realizar en forma mecánica y en forma grada ble, que permite operar sin menores esfuerzos la adición de contrapesos de deslizamiento.

- Sistema Eléctrico:

Estará referido básicamente al tablero de con - trol eléctrico, que comprende los arrancadores, control y protección de los circuitos eléctricos y motores. El sistema de control y protección se rá automático que permita una función eficaz del proceso.

El circuito eléctrico lo constituyen fundamental mente:

- Motores eléctricos: Quemador, Ventiladores, Extractor.
- Arrancadores de motores: Tipo Termomagnéticos.
- Protecciones eléctricas: Reles térmicos.
- Fusibles
- Equipos de medición: Amperímetros, Voltímetros, Vatímetros, etc.

4.2 Partes y Subsistemas. Accesorios.-

4.2.1 Cálculo Térmico del Horno.-

4.2.1.1 Parámetros para el Diseño

a) Carga:

El peso total de la carga a quemarse es de 22,500 kg, que representa sólo a las baldosas.

A parte de las baldosas, también se deben quemar ladrillos refractorios que conforman las partes de soportes de las cerámicas. El número total de ladrillos componentes en los carros es de 9072 unidades, según se detalla en el capítulo V (Modalidad de Carga del Material a Coccionarse).

El peso unitario de un ladrillo refractorio REPSA de 9" 4¹/₂" x 2¹/₂" es de 2.10 Kg, con lo cual la masa total de refractorios será:

$$W_2 = 2.1 \times 9072 \text{ ladrillos} = 19,050 \text{ Kg}$$

Luego la carga total a calentarse será:

$$W_1 = \text{por baldosa} : 22,500 \text{ Kg.}$$

$$W_2 = \text{por ladrillos refractorios: } 19,050 \text{ Kg.}$$

b) Sobre la temperatura de Cocción:

Las recomendaciones tomadas por la ONUDI,* así como de datos tomados de hornos similares se establece que las temperaturas comprendidas para la cocción de productos cerámicos están entre 1000°C . Se considera una temperatura de 1070°C como temperatura máxima de calentamiento o temperatura de cocción.

La temperatura inicial o de entrada de la carga al horno, será de 20°C , temperatura ambiental, o sea $T_i = 20^{\circ}\text{C}$.

c) Combustible:

El combustible utilizado para hornos cerámicos es el petróleo N° 2, cuyas características técnicas según Petróleos del Perú son:

- Gravedad específica: API a 60°F :33.5
- Punto de Inflamación $^{\circ}\text{F}$: 160
- Poder calorífico : 19,540 BTU/lb.
- Viscosidad 100°F ssu : 42.0
- Gravedad específica : 0.8576
- Peso en libras/galón USA: 7.141

4.2.1.2 Cálculo Térmico.-

a) Considerando las losas cerámicas:

- Carga total cerámico: 22,500 Kg.
- Capacidad de calentamiento:

Es una característica de cada material, para material cerámico y a una

* Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

temperatura de 1000°C, la capacidad de calentamiento es de:

$$C_1 = 65.0 \text{ Kg/m}^2 \text{ hora}^*$$

Este valor sirve como referencia para determinar las dimensiones de la solera. El área de la solera considerando sólo los productos cerámicos será:

$$A'_S = \frac{W_1}{t \times C_1} \text{ (m}^2\text{)}$$

donde:

A'_S = área de la solera del horno (m²)

W_1 = carga total a calentarse : 22,500 Kg.

t = tiempo de calentamiento: 28 horas

C_1 = capacidad de calentamiento: 65 $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \times \text{hr}}$

Reemplazando valores se tiene:

$$A'_S = 12.40 \text{ m}^2$$

b) Para los refractarios se tiene:

- Masa total o carga: 19,050 Kg.

- Capacidad de calentamiento: se tiene que para ladrillos refractorios, la

* Del texto "Hornos para Productos Cerámicos"

Por A. Singer. Enciclopedia CEAC.

capacidad de calentamiento para una temperatura de 1100°C es de:

$$C_2 = 50.5 \text{ Kg/m}^2 \text{ hr}^*$$

Luego el área de la solera del horno por este concepto será de:

$$A_2'' = \frac{W_2}{t \times C_2}$$

donde:

W_2 = carga total de refractarios: 19,050

C_2 = capacidad calentamiento: 50.5 $\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2 \text{ hr}}$

t = 28 horas

Luego se tiene:

$$A_S'' = 13.46 \text{ m}^2$$

Luego el área total de la solera del horno será:

$$A_S = A_S' + A_S'' = 12.40 + 13.46 \text{ m}^2$$

$$A_S = 25.86 \text{ m}^2$$

Por otro lado, de acuerdo al dimensionamiento del horno por la disposición de las baldosas, en el horno se obtienen los siguientes valores:

* Del texto "Hornos para Productos Cerámicos" por A. Singer.

$$Q_1 = 226,125 \text{ Kcal/hr}$$

- b) Calor necesario para Calentar los refrac-
torios -

Siguiendo el mismo procedimiento anterior
se tiene:

$$C_e = \text{calor específico de los refractorios} \\ \text{REPSA tipo Fire day a } 1100^{\circ}\text{C} = 0.258 \\ \text{Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$$

Luego se tiene:

$$Q_1'' = \frac{19,050 \times 0.258 (1070 - 20)}{28}$$

$$Q_1'' = 184,308 \text{ Kcal/hr}$$

Luego el calor total requerido será:

$$Q_1 = Q_1' + Q_1'' = 226,125 + 184,308 \\ = 410,433 \text{ Kcal/hr}$$

4.2.1.4 Pérdidas del Calor.-

- a) Pérdida de Calor a través de las Paredes

La temperatura de cocción se ha conside-
rado en* 1070°C; la temperatura del hor-
no, o de los productos de la combustión
(gases calientes), y por ende de las pa-
redes internas del horno, debe seleccio-
narse de manera que las cargas no se es-
tropee por recalentamiento, Este crite-
rio fija que la temperatura interna del

* De acuerdo a experiencias con producto grés (baldosas)

horno sea entre 5 a 10% más que la temperatura máxima de las baldosas. Considerando que la temperatura interna del horno sea de un ^{**}7.5% más que la temperatura de cocción, se tiene:

Ti = temperatura interna del horno.

$$Ti = 1.075 \times 1070^{\circ}\text{C} = 1,150^{\circ}\text{C}$$

Aún cuando la temperatura de la combustión o gases internos son siempre mayores, que las correspondientes al de las paredes, los errores asumidos son mínimos, más por el contrario se está incluyendo un margen de seguridad en el diseño. Luego la temperatura interna de las paredes del horno sera:

$$Ti = 1150^{\circ}\text{C}$$

En la construcción de las paredes del horno se utilizarán los siguientes materiales:

- 1º Pared exterior: Refractorio de arcilla tipo "Fireday" y concreto aislante tipo IR - 20.
- 2º Lana mineral, como capa interna.
- 3º *Fibra cerámica, para la parte interna del horno. Este último es altamente resistente a los efectos del calor elevado,

* Se adjunta en el anexo, catálogo del fabricante sobre característica.

** Del Texto "Hornos Cerámicos" A. Singer.

a la vez que ofrece gran poder aislante.

Espesor de las Paredes.-

Para establecer el espesor de las paredes, se tomará como referencia las siguientes consideraciones, establecidas por la "Walken Refractones Company" en su manual "Modern Refractories Practice" cuyo texto dice: Existiendo una diversidad de alternativas para elegir el espesor más adecuado, de las paredes del horno, se recomienda como buena práctica seleccionar en función a la temperatura interna del horno y las alturas del mismo, cuyos valores recomendables se dan en el cuadro N° 4.1 .

CUADRO 4.1 VALORES RECOMENDABLES PARA ESPESOR DE PAREDES

TIPO DE ACTIVIDAD A DESARROLLAR	TEMPERATURA °C	ESPESOR PULGADA
- Recocido de metales: hornos menores a 12 pies de altura.	600 - 900	10" - 13 ¹ / ₂
- Recocido de metales: hornos mayores a 12 pies de altura	600 - 900	13 ¹ / ₂ - 18"
- Hornos cerámicos		
* alturas menores a 8 pies	850 - 1100	13" - 16"
* alturas mayores a 8 pies	900 - 1100	16" - 20"
- Hornos para ladrillos de grandes capacidades	950 - 1000	17" - 20"

De acuerdo al cuadro 4.1; se considera que el espesor máximo es de 20 pulgadas. La distribución de las capas será como sigue:

- 4 capas internas de *Kaowool 1" espesor cada uno, total: 4 pulgadas.
- Una capa intermedia de la lana mineral de 1" esp
- Pared de ladrillos refractarios de 16" esp.

De acuerdo al cuadro N° 4.1 se tiene:

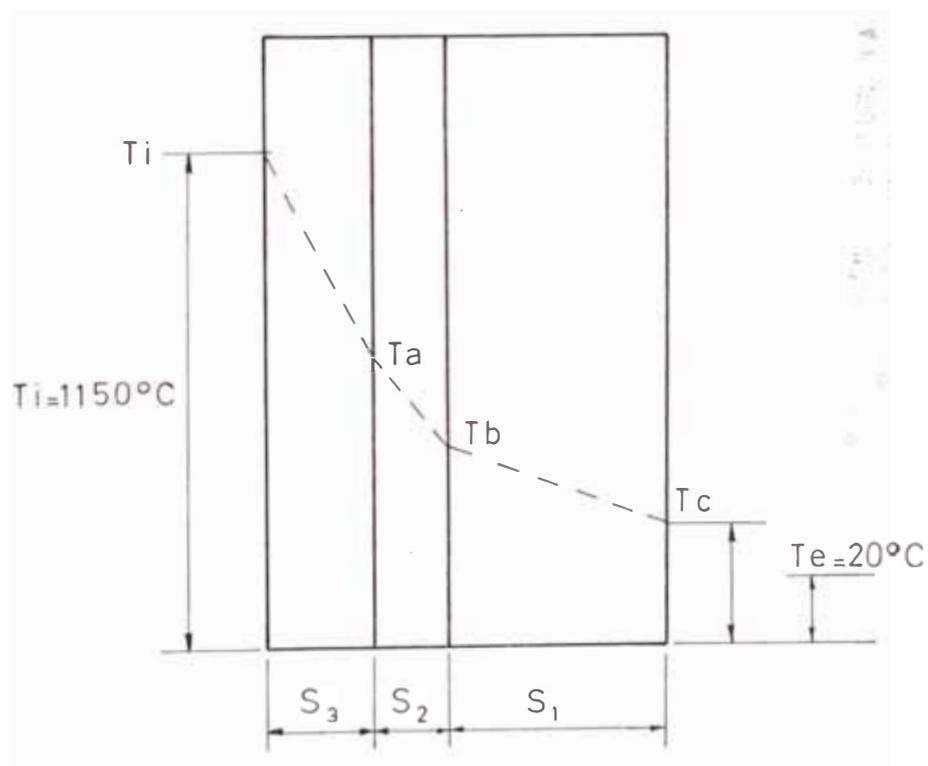


Fig. 4.1

* Fibra Cerámica

S_1 = Espesor del Refractorio: 16 pulg.

S_2 = Espesor de lana mineral: 1 pulgada.

S_3 = Espesor de fibra cerámica: 4 pulgadas.

T_i = Temperatura interna del horno: 1150°C.

T_a = Temperatura entre los aislantes Kaowool y lana de vidrio.

T_b = Temperatura entre lana mineral -refractorios.

T_c = Temperatura de la pared externa del horno.

T_e = Temperatura exterior o ambiental: 20°C

La ecuación para determinar la cantidad de calor que pasa a través de las paredes esta expresado por:

$$q = \frac{T_i - T_e}{\frac{S_1}{K_1} + \frac{S_2}{K_2} + \frac{S_3}{K_3} + \frac{1}{h_e}}$$

Donde:

K_1 = conductividad térmica del refractorio.

K_2 = conductividad térmica del aislante lana mineral.

K_3 = Conductividad térmica del aislante Kaowool o fibra cerámica.

h_e = Coeficiente superficial de transferencia de calor en el aire, cuyo valor a una temperatura de 25°C (80°F) es de 8 $\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}}$

S_1, S_2, S_3 = Son los espesores difundidos anteriormente.

Los valores de conductividad térmica se dan en las tablas o cuadros 4.2 o 4.3

CUADRO 4.2 : CONDUCTIVIDAD TERMICA PARA REFRACTARIOS
K- BTU/pie² hor^oF/pulg.

TIPO DE AISLANTE	500 ^o F	1000 ^o F	1500 ^o F	2000 ^o F	Lib pie ³
Arcilla 2,300	0.9	1.2	2.0	2.3	30
Arcilla 2,600	2.0	2.4	2.7	3.2	49
Arcilla refract. 2,800	2.1	2.5	2.8	3.3	57
Arcilla refract. 2,800 Con alto contenido alumina	2.0	2.4	2.7	3.2	56
3000 con alto contenido de alumina	3.0	3.2	3.3	--	64
Alumina espumada	6.5	6.2	6.1	6.1	87

En este caso se considerará una conductividad térmica promedio, o sea para una temperatura de $T = 500^{\circ}\text{F}$ (260°C), esto debido a que el aislamiento de fibra será el principal opositor al paso del calor. Luego para 500°F , y ladrillo REPSA 2,800, cuya conductividad térmica a 500°F es de:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= 2.1 \text{ BTU/hr}^\circ\text{F pie}^2/\text{pulg} \\
 &= 10.2 \text{ Kcal/hor}^\circ\text{C m}^2/\text{pulg}
 \end{aligned}$$

CUADRO N° 4.3 : CONDUCTIVIDAD TERMICA PARA AISLANTES
DE FIBRA $K = \text{BTU/hor } ^\circ\text{F pie}^2/\text{pulg}$

TIPO AISLANTE	500°F	1000°F	1500°F	2000°F
Lana mineral	0.60	0.70	--	--
Lana de vidrio	0.50	0.60	--	--
Cemento aislante con díctomas	0.90	0.90	0.95	0.96
Cemento aislante con 85% de magnesio	0.80	0.90	0.96	--
Fibra cerámica	0.60	0.65	0.70	0.80
Aislante a base de Vermiculita	0.70	0.80	0.85	0.90

Del cuadro N° 4.3 se tiene para fibra cerámica a una temperatura de 2000°F (más crítica) el valor del coeficiente de conductividad térmica:

$$\begin{aligned}
 K &= 0.8 \text{ BTU/hor pie}^2 \text{ }^\circ\text{F/pulg} \\
 &= 3.88 \text{ Kcal/hor m}^2 \text{ }^\circ\text{C/pulg}
 \end{aligned}$$

Habiendo definido estos valores, se determina la cantidad de calor que sale por las paredes según la fórmula:

$$q_2 = \frac{1150 - 20}{\frac{16}{10.2} + \frac{1}{3.4} + \frac{4}{3.88} + \frac{1}{8}} = 376 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \times \text{hor}}$$

Area total de las paredes del horno:

$$A_p = 2(7.705 \times 2.525) + 2(3.8 \times 2.525) \\ = 58.10 \text{ m}^2$$

que incluye las 4 paredes laterales. Considerando al piso se tendría: área de piso : $3.8 \times 7.705 = 29.27 \text{ m}^2$, luego el área total sera:

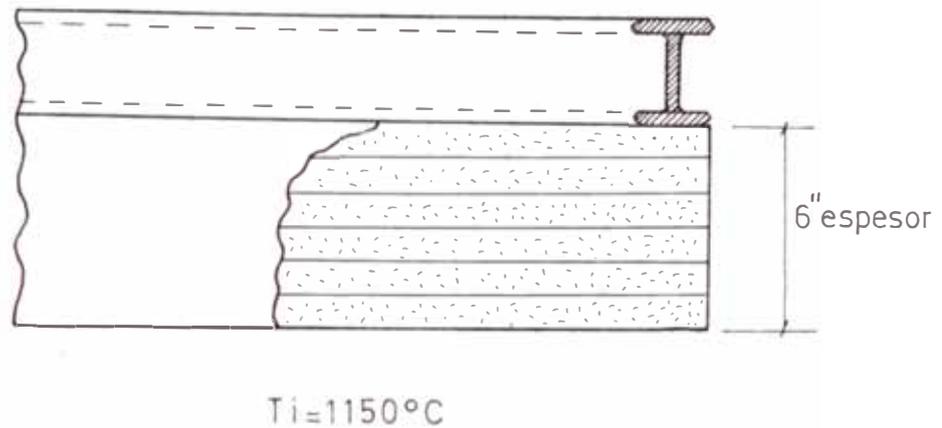
$$A_p = 58.10 + 29.27 = 87.37 \text{ m}^2$$

El flujo de calor será por lo tanto

$$Q_2 = A_p \times q_1 = 87,37 \text{ m}^2 \times 376 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{hor}} \\ = 32,851 \text{ Kcal/hor}$$

b) Calor Perdido a través del Techo.-

Para la construcción del techo se utilizará fibra cerámica, y lana mineral, unidos entre sí mediante varillas de anclaje. El número de capas recomendables es de 6 capas: 3 capas de lana mineral, y 3 capas de fibra cerámica, unidos todos a vigas de acero según se detalla en el plano de techo.



Estableciendo la misma ecuación anterior se tiene:

$$q_3 = \frac{T_i - T_e}{\frac{S_1}{K_1} + \frac{S_2}{K_2} + \frac{1}{h_e}}$$

Donde:

$S_1 = 3$ capas de lana mineral: 3 pulg.

$S_2 = 3$ capas de fibra cerámica: 3 pulg.

$K_1 =$ conductividad de la lana mineral.

$K_2 =$ conductividad de la fibra cerámica.

Los valores de K_1 , K_2 y h_e , son los mismos considerados anteriormente.

Luego:

$$q_3 = \frac{1150 - 20}{\frac{3}{3.4} + \frac{3}{3.88} + \frac{1}{8}} = 636.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \times \text{hor}}$$

El área total del techo, incluyendo el tiro será de: $A_t = 7.705 \times 3.8 = 29.27 \text{ m}^2$

finalmente el flujo de calor por el techo será:

$$Q_3 = 29.27 \text{ m}^2 \times 636.6 \text{ Kcal/m}^2 \times \text{hor} \\ = 18,633 \text{ Kcal/hor}$$

c) Calor necesario para Calentar los Refractorios de la Pared.-

Dado que el horno es intermitente, los refractorios, así como los aislantes diversos pierden casi totalidad de su calor que almacenan, lo cual se considera como una pérdida importante, cuya relación es:

$$q_4 = \frac{C_e \times d \times S \times \Delta T}{t}$$

Donde:

C_e = calor específico del refractoria, que de la tabla "A" es de 0.208 Kcal/Kg°C para una temperatura de 500°F (260°C) interpolando.

S = espesor del refractorio: 16 pulgadas (0.406 m).

d = densidad del refractorio: 2100 Kg/m³

$$\Delta T = 260 - 20 = 240^\circ\text{C}$$

Luego se tiene:

$$q_4 = \frac{0.208 \times 2100 \times 0.406 \times 260}{28} \\ = 1647 \text{ Kcal/hr} \times \text{m}^2$$

El área total de las paredes incluyendo -
puerta y piso será:

$$A_t = 7,705 \times 3.8 + 2(7.705 \times 2.525) + 2(3.8 \times 2.525) \\ = 87.37 \text{ m}^2$$

El calor total será:

$$Q_4 = 1647 \times 87.37 = 143,898 \text{ Kcal/hr} \\ = 143,898 \text{ Kcal/hr}$$

d) Calor necesario para Calentar los Aislantes de las Paredes y Techo.-

- Pared : espesor de aislante: 5 pulg (0.125m)

- Techo : espesor de aislante: 6 pulg. (0.150 m)

- Densidad media del aislante: 128 Kg/m³

- Peso específico del aislante: lana mineral 0.941 Kcal/Kg °C *

Además para este caso se tiene:

$$\Delta T = 1070 - 260 = 810 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t = 28 \text{ horas}$$

Desarrollando para cada caso se tiene;

pared:

$$q'_5 = \frac{810 \times 128 \times 0.125 \times 0.941}{28} \\ = 535.5 \text{ Kcal/hr} \times \text{m}^2$$

* Tomado del catálogo de aislante " Insulator Thermal Liber ".

Area de Paredes:

$$2(7.05 \times 2.525) + 2(3.8 \times 2.525) = 58.20 \text{ m}^2$$

El calor en calentar fibra de paredes será:

$$Q'_5 = 58.20 \times 554.4 = 32,266 \text{ Kcal/hr}$$

Techo:

$$q'' = \frac{810 \times 128 \times 0.150 \times 0.941}{28} = 522.6 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr} \times \text{m}^2}$$

$$\text{Area de Techo: } 29.28 \text{ m}^2$$

$$Q''_5 = 29.28 \times 522.6 = 15,301.7 \text{ Kcal/hor.}$$

$$Q_5 = Q'_5 + Q''_5 = 47,568 \text{ Kcal/hr}$$

$$47,568 \text{ Kcal/hr}$$

- e) Otras pérdidas como, por las puertas, mala combustión (o combustión incompleta), se considerarán en 3% del calor total determinado. Luego el calor total necesario en el horno será la suma de los colores determinados anteriormente, esto es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + 0.05(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$$

$$Q_1 = \text{Para calentar las cargas} \quad : 410,433 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q_2 = \text{Pérdidas por las paredes} \quad : 32,851 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q_3 = \text{Pérdidas de calor por el techo} \quad : 18,633 \text{ Kcal/hr}$$

$$Q_4 = \text{Calor para calentar refractarios} \quad : 143,898 \text{ Kcal/hr}$$

Q_5 = Calor para calentar aislantes	<u>47,568 Kcal/hr</u>
Calor necesario para el proceso:	653,383 Kcal/hr
$Q_6 = 0.03 \sum_{1}^5 Q =$	<u>19,601</u>
	672,984 Kcal/hr
	672,984 Kcal/hr

Energía calorífica utilizada:

$$E = Q \times t = 672,984 \times 28$$

$$= 18'843,552 \text{ Kcal}$$

4.2.2 Cálculos y Diseño Mecánico

4.2.2.1 Selección de los Quemadores.-

Los quemadores tipo Hank, representados por "Peruvian Tráding" o los Burner Co, representados por Matsusita son los más utilizables en nuestro medio. Las características principales se darán posteriormente.

La función básica de un quemador a petróleo es introducir el combustible y el aire necesario para la combustión.

Una combustión eficiente requiere del consumo completo del combustible, o su transformación completa del combustible en energía calorífica, y con una mínima cantidad de petróleo en exceso para oxidar completamente todo el material combustible del petróleo.

Los quemadores seleccionados son del tipo - de automatización, operado a presionar deter minadas, los cuales inyectan el combustible en partículas finísimas, y formando un cono con el vértice del atomizador del quemador. El aire que se introduce al ser arrastrado por el combustible en proporciones adecua - das, origina una turbulencia, que asegura una mezcla íntima entre el aire y el combustible.

Consumo de Combustible:

El calor total requerido es de 672,984 Kcal/hr mientras que el poder calorífico del petró - leo Nº 2 según Petroleos del Perú es de 19,540 BTU/lib (10,740 Kcal/Kg) consideran - dose una eficiencia de combustión del* 90%, para los casos más desfavorables, el consu - mo de combustible por hora será de:

C = consumo de combustible por hora Kg/hr.

$$C = \frac{672,984 \text{ Kcal/hr}}{0.90 \times 10,740 \text{ Kcal/Kg}}$$

$$C = 69.62 \text{ Kg/hr. (154 Lib/hr)}$$

* Del texto: Termodinámica. Van Wylen

La densidad del petróleo Nº 2 es de 0.8576 Kg/lt con lo cual se tendrá:

$$C = \frac{69.62 \text{ Kg/hr}}{0.8576 \text{ Kg/lt}} = 81.18 \text{ Lt/hr}$$

Como un galón U.S.A. = 3.785 litros el consumo de petróleo por hora expresado en galón será:

$$C = \frac{81.18}{3.785} = 21.44 \text{ GPH} = 0.36 \text{ GPM}$$

Número de Quemadores.-

Los quemadores seleccionados son del tipo atomización a una presión determinada, el cual esta capacitado para realizar una combustión completa, sin humo visible, aun cuando opera con un exceso de 20% de combustible.

Su operación sencilla permite eliminar dificultades para su maniobra, a la vez que asegura una combustión sin fluctuaciones por defectos del quemador.

Cualquier relación aire-combustible deseada se mantiene estable en forma automática.

Las características de trabajo de estos quemadores son:

PRESION DEL AIRE EN* INGRESO (onz/pulg ²)	CALIBRE DE TOBERA	FLUJO GPH	
		MAXIMO	MINIMO
8	1/4" Ø	5.0	1.10
12		5.6	1.20
16		6.0	1.35
20		6.5	1.42
24		7.0	1.52
8	3/8" Ø	11.0	2.4
12		13.5	3.0
16		15.5	3.4
20		17.2	3.8

De acuerdo al cuadro mostrado, seleccionamos un quemador tipo cuyas características de operación son:

- Presión del aire: 16 onzas/pulg²
- Consumo de petróleo: máximo
mínimo
- Diámetro de tobera: 1/4" Ø

- Entrada de tubería de petróleo: 1/2" Ø

Considerando una tobera de 1/4", y a una presión del aire correspondiente de 16onz/pulg² se tendrá un consumo de combustible de:

- máximo : 6.0 GPH
- mínimo : 1.35 GPH

Consumo medio: $\frac{6.0 + 1.35}{2} = 3.68$ GPH

2

* Cuadro extraído de: "Carnicer Royo" in Air Compressed.

Luego el número de inyecciones sera:

$$N = \frac{21.44 \text{ GPH}}{3.68} = 5.8$$

Consideramos 5 inyectores*, cada uno de los cuales requerirá un flujo de:

$$\begin{aligned} 21.44/5 &= 4.28 \text{ GPH} \\ &= 0.072 \text{ GPM} \end{aligned}$$

Por quemador será = 0.036 GPM.

De acuerdo al catálogo de quemadores Hauck For Industrial Process Heating Aplicatións.

Se tiene: quemadores N^o , cuyos dispositivos que comprenden son:

- Quemador Propiamente.
- Placa de Fijación del Quemador.
- Soporte de Montaje del Quemador.
- Obturador de Protección para ver la Llama.
- Válvula Reguladora de Flujo de Aire.
- Válvula Micrométrica Reguladora del Flujo de Combustible.
- Manómetro (presión del petróleo) y Regulador de su Presión.
- Filtro de Petróleo de Combustible.

Tubería del Petróleo.-

De acuerdo al flujo requerido es de 21.44 GPH (0.36 GPM) para una presión requerida en el aire de 16 onz/pulg² (1 PSI).

* Para una mejor uniformidad de quema, estos inyectores estarán comprendidos por dos quemadores equidistantes, horizontal y verticalmente. Teniendo en consideración la carga que se explicara posteriormente en el Capítulo 5.

Además la presión mínima* recomendada en la salida del quemador debe ser 25 PSI, que para una mayor seguridad se considerará una presión de 30 PSI (20% más del mínimo). El petróleo deberá ser bombeado, y la velocidad recomendable en la tubería está comprendida entre 0.5 a 3.0 pies/seg.

Considerando una velocidad mínima, con lo que se evitaría mayores pérdidas, se tiene:

Caudal: 0.36 gpm = 1.40 lit/min = 0.05 pie³/min
o sea velocidad: 0.5 pies/sg

$$\begin{aligned} \therefore A &= \frac{0.05 \text{ pies}^3/\text{min}}{0.5 \text{ pies/s} \times 60} = \frac{1}{600} \text{ pie}^2 \\ &= \frac{144}{600} \text{ pulg}^2, \text{ de donde se tiene un} \end{aligned}$$

diámetro de tubería de 0.55 pulg.: con
siderar tubería de 1/2" ø

Bomba de Combustible.-

Caudal requerido: 0.36 gpm

Pérdidas en la tubería: Se consideran mínimas o despreciables.

Presión de descarga: 30 PSI., consideramos una presión máxima de 45 PSI (3 Kg/cm²) equivalente a 3 x 34 = 102 pies de carga.

Utilizando el catálogo del modelo "VB" de bombas, marca "safag", (bombas a engranajes) se tiene para la siguiente potencia:

* Recomendada por: Chicago Preumatic Catalog

$$P = \frac{\text{GPH} \times H_d \times \gamma}{3960 \cdot e} \quad (\text{HP})$$

Donde:

$$\text{GPH} = \text{Flujo: } 0.36 \text{ GPM}$$

$$H_d = 102 \text{ pies} + 10 \text{ pies (adicional por ubicación del tanque bajo)}.$$

$$\gamma = 0.8576$$

$$e = \text{Rendimiento de la bomba} \approx 70\%$$

Luego desarrollando se tiene: $P = 0.012 \text{ HP}$

∴ bomba de $\frac{1}{10} \text{ HP}$ con motor de accionamiento de $\frac{1}{3} \text{ HP}$ - 1800 RPM - 60 HZ

4.2.2.2 Cálculo del Aire para la Combustión

La composición química del petróleo N° 2, se obtiene de los valores dados por la norma API 0588, sección combustible, y cuyos valores o componente son:

Carbono : C: 80.0%

Hidrógeno : H: 12.8%

Oxígeno : O: 1.2%

Nitrógeno : N: 1.6%

Azufre : S: 2.5%

La serie del petróleo, (serie parafínica) es C_xH_y . Los valores de "X" e "Y" pueden ser determinados dividiendo el equivalente en átomos de cada elemento por su peso atómico*.

Luego se tendrá:

$$x = \frac{80}{12} = 6.66 \qquad y = \frac{12.8}{1} = 12.8$$

Luego la serie del hidrocarburo será: C_6H_{12} considerando la composición C_6H_{12} , solamente, y que el Oxígeno, Nitrógeno, Azufre, no sufren reacción química, formando solo parte de las cenizas, y además que se emplea un 100% de aire teórico requerido para la combustión (sin exceso de aire).

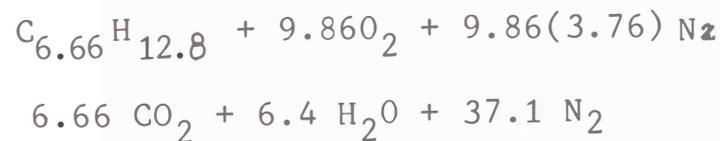
Además el aire está compuesto químicamente a nivel del mar por:

Oxígeno : 21%

Nitrógeno : 79%

Luego por cada mol de oxígeno se necesita $79/21 = 3.76$ moles de Nitrógeno

La ecuación será:



De acuerdo a ello la relación de aire teórico por libra de combustible.

$$r = \frac{9.86 + 37.10}{1} = 46.96 \frac{\text{mol de aire}}{\text{mol de comb.}}$$

*La relación teórica de aire/combustible para una libra de combustible se determina por

$$r' = 46.96 \times \frac{0.210_2 + 0.79 N_2}{C_{6.66} + H_{12.8}}$$

$$r' = 46.96 \times \frac{28.96}{92.80} = 14.6 \frac{\text{Lib aire}}{\text{Lib comb.}}$$

A esto se considera un coeficiente de exceso de aire cuyo valor está comprendido entre 1.10 a 1.15 considerando un exceso de aire de 1.12 se tiene:

$$r' = 1.12 \times 14.6 = 16.35 \frac{\text{Lib aire}}{\text{Lib comb.}}$$

El consumo de combustible es de 154 Lib/hora luego el consumo de aire será:

$$\dot{m}_a = 154 \frac{\text{Lib comb}}{\text{hr}} \times 16.35 \frac{\text{Lib aire}}{\text{Lib comb.}}$$

$$\dot{m}_a = 2520 \text{ Lib. aire/hora}$$

$$42 \text{ Lib. aire/min (19.2 Kg/min)}$$

La densidad del aire a condiciones normales es de 1.298 Kg/m^3 , y a una temperatura de 15°C es de 1.20 Kg/m^3 . con lo que se tiene:

Volúmen de aire por minuto:

$$\dot{V}_a = \frac{19.2 \text{ Kg/min}}{1.20 \text{ Kg/m}^3} = 16 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$= 560 \text{ pie}^3/\text{min (CFM)}$$

4.2.2.3 Selección de Ventilador y Tubería de Aire.-

Flujo de aire: $560 \text{ pie}^3/\text{min}$.

Material de tubería: fierro galvanizado.

Dentro del circuito de tuberías existen dos tipos: uno para la circulación del aire, y otra de mayor diámetro para la dispersión del aire y distribución con las tuberías secundarias.

La velocidad del aire recomendable en tuberías está comprendido entre 1.5 a 10.0 m/seg.*

Además se tiene, que la presión del aire es de $16 \text{ onz/pulg}^2 = 1 \text{ lib/pulg}^2$.

Se tiene: $14.7 \text{ PSI} = 34 \text{ pies col agua}$

$$1 \text{ PSI} = x$$

$$x = \frac{34}{14.7} = 2.34 \text{ pies}$$

$$x = \frac{v^2}{2g} = 2.34$$

$$v^2 = 64.4 \times 2.34$$

$$v = 12.2 \text{ pies/seg}$$

$$(3.72 \text{ m/seg})$$

que es la velocidad en la tubería.

* Según el manual ARSHAE (Ventilador y Aire Acondicionado).

Dado que son cinco pares quemadores, cada uno de los circuitos transportará una cantidad de aire equivalente a la quinta parte, es decir:

$$Q = \frac{560}{5} = 112 \text{ pie}^3/\text{min.}$$

El diámetro de la tubería será entonces:

$$d = \sqrt{\frac{4 Q}{v}} = \sqrt{\frac{4 \times 112 \text{ pie}^3/\text{min.}}{\pi \times 732 \text{ pies}/\text{min.}}}$$

$$d = 0.44 \text{ pie (5.28 pulg)}$$

$$d = 5'' \text{ } \emptyset \text{ (0.418)}$$

Luego la velocidad real del aire en la tubería será:

$$v = \frac{4 Q}{d^2} = \frac{4 \times 112 \text{ pie}^3/\text{min.}}{(5/12)^2 \text{ pie}^2}$$

$$v = 849.8 \text{ pies}/\text{min} \quad (14.15 \text{ pies}/\text{seg})$$

Pérdidas de Presión de Aire en la Tubería:

Las pérdidas de carga en las tuberías de aire son considerables por lo que son necesarios determinarse. Estas pérdidas, que son los totales para un circuito son:

$$H_t = H_1 + H_2 \quad \text{donde:}$$

H_t = Pérdidas totales en la tubería (columna de aire)

H_1 - Pérdidas debido a rozamientos en tubería

H_2 = Pérdidas debido a los accesorios.

- a) Pérdidas debidas a los rozamientos en la tubería. Se debe a la fricción entre el aire y las paredes internas de la tubería, y está definido según: ASHRAE por:

$$H_1 = f \frac{v^2}{g D} \times L$$

Donde:

H_1 = Pérdida por rozamiento en (mm c.aire)

L = Longitud del conducto (metros)

V = Velocidad del aire (m/seg.)

g = Acelaración de la gravedad (m/seg^2)

f = Factor de rozamiento, el cual está en función a la fórmula.

$$Re = \frac{D \times v}{\mu}$$

Siendo μ = la viscosidad cinemática del aire, cuyo valor es: 0.0185 centispoise, equivalente a una viscosidad cinemática de $0.000115 \text{ pie}^2/\text{seg}$.

Luego se tiene:

$$R_e = \frac{0.417 \text{ pie} \times 14.15 \text{ pies/seg}}{0.000115 \text{ pie}^2/\text{seg}} = 51,300$$

El factor de fricción viene dado por la fórmula

$$f = 0.00140 + 0.125 R_e^{-0.32}$$

$$f = 0.0054 \quad (\text{para } R_e = 51,300)$$

Reemplazando valores se tiene:

$$H_1 = \frac{0.0054 \times V^2 L}{g D}$$

Para:

$$V = 14.15 \text{ pies/seg} \quad (4.31 \text{ m/seg})$$

$$D = 0.418 \text{ pies} \quad (0.127 \text{ m})$$

$$L = 12.0 \text{ m long. tubería}$$

Se tiene:

$$H_1 = \frac{0.0054(4.31)^2 \times 12}{9.81 \times 0.127 \text{ m}} = 0.96 \text{ m al aire}$$

b) Pérdida de carga debidas a accesorios:

Está expresado por la fórmula:

$$H_2 = \sum F \frac{V^2 \rho}{2 g}$$

Donde:

F = coeficiente de resistencia, propio de cada tipo de accesorio.

ρ = densidad relativa del aire: 1.293

Con lo cual se tiene para el aire:

$$H_2 = \sum F \left(\frac{V}{4} \right)^2 \quad \text{metros columna de aire.}$$

Los accesorios que se instalaran a lo largo de la tubería son:

- Codo de 90° normal: 4
- Ensanchamiento: 2
- Estrangulamiento repentino: 2

El valor de "F" para cada accesorio se ha considerado de la tabla X-11 del manual Ashrae según se desarrolla:

- Pérdida por codos 90°

$$H_2' = 4 \times 0.1 \times \left(\frac{4.31}{4} \right)^2 = 0.463 \text{ m.}$$

- Pérdida debida a ensanchamientos, gradual:

$$H_2'' = 2 \times 0.15 \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right] \times \left(\frac{4.31}{4} \right)^2$$

Siendo:

A_1 = el área menor, de diámetro = 5" \emptyset

A_2 = el área mayor de diámetro = 10" \emptyset

$$\frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{d}{D} \right)^2 = \frac{1}{4}$$

Reemplazando se tiene:

$$H_2'' = 0.243 \text{ metros}$$

- Pérdida debido al estrangulamiento gradual según tabla X-II, el valor de $F = 0$ con lo cual la pérdida es igual a cero.

$$H''' = 0$$

- Pérdidas en válvulas, según Hydraulic Institute, para válvulas mariposa embriadas, se tiene un $K = 0.52$

Luego la pérdida será:

$$H^{IV} = K \times \frac{v^2}{2g}$$

$$H^{IV} = 0.52 \times \frac{(4.31)^2}{2 \times 9.81}$$

$$H^{IV} = 0.49 \text{ m}$$

Luego las pérdidas totales serán:

$$H_2 = \sum H^n = H' + H'' + H'''$$

$$H_2 = 1.196 \text{ m}$$

Finalmente las pérdidas totales por accesorios y fricción en tubería será:

$H = 0.96 + 1.196 \text{ m} = 2.156 \text{ m}$ al aire.
Además se tiene, que la presión requerida para el quemador, se ha determinado en:

$P = 2.34$ pies columna de aire

$= 0.714$ m columna de aire

Las carga total dinámica requerida será:

$H_t = 1.196 + 0.714 = 2.91$ m columna de aire.

La potencia del ventilador está expresado por la fórmula:

$$P = \frac{\dot{m} \times H \times g}{e} \quad (\text{Kw})$$

Donde:

m = Flujo de aire requerido: 19.2 Kg/min
(0.32 Kg/seg)

H = Altura total dinámica del aire requerido, en metros columnas de aire.

g = Aceleración de la gravedad: m/seg^2 .

e = Eficiencia del ventilador. Para un ventilador centrífugo, que es el más adecuado, la eficiencia según el tamaño es:

$e = 0.40$ (40%) para ventiladores pequeños

$e = 0.60$ (60%) para ventiladores medianos

$e = 0.80$ (80%) para ventiladores grandes.

En este caso se conciderará: $e = 0.60$

Luego desarrollando se tiene:

$$P = \frac{0.32 \text{ Kg/sg} \times 2.91 \text{ m} \times 9.81 \text{ m/sg}^2}{0.60}$$

$$= 15.2 \text{ Kw} \quad (20 \text{ HP})$$

Como son 5 ventiladores, existen dos alternativas:

1º Utilizar un ventilador de 20 HP.

2º Utilizar cinco ventiladores de 4.0 HP.

La alternativa más recomendable tanto por la economía, facilidad de operación y mantenimiento es la primera, esto es, un ventilador de manera que el aire se distribuya uniformemente por las cinco ramificaciones.

Selección del ventilador.

Del catálogo " Chicago Turbo Pressure Blowers " se tiene, para ventiladores centrífugos standard:

- Tipo (modelo): ST-191A-24
- Potencia nominal: 25 HP
- Diámetro del ventilador: 24 pulgadas
- Flujo de aire máximo 700 pie³/min
- = Presión máxima: 2.50 m columna agua.
- Velocidad de giro: 2950 RPM
- Potencial de motor: 27.50 HP, c.a, 60 Hz y 440/220 voltios.

Aire de Difusión:

A fin de mantener la temperatura del horno en forma uniforme, se crea una turbulencia del aire en el horno, por lo cual es necesario introducir aire de difusión.

El aire de difusión, que es introducida independientemente del circuito del aire de combustión.

Según Mesnik, en "Centrales Eléctricas", - considera, que el aire de difusión está comprendido entre 1.06 a 1.40 del aire de combustión. Se considerará un valor promedio, osea en 1.20 veces el aire de combustión; luego se tendrá:

$$Q_1 = 1.20 \times 16.0 = 19.20 \text{ m}^3/\text{min}$$

Se considerará dos ventiladores, cada uno de los cuales suministrará la mitad del requerido.

$$Q_1 = 1.2 \times 560/2 = 336 \text{ pie}^3/\text{min}$$

La presión de descarga, para la turbulencia se considerará en 1.5 PSI, suficientemente para crear la turbulencia, lo cual expresado en pies columna de aire será:

$$\begin{array}{rcl} 14.7 \text{ PSI} & & 34 \text{ pies col. aire} \\ 1.5 & \times & \end{array}$$

$$x = \frac{1.5 \times 34}{14.7} = 3.47 \text{ pies}$$

Luego la velocidad será:

$$\frac{v^2}{2g} = 3.47 \text{ pies}$$

$$v^2 = 2 \times 32.2 \times 3.47 = 223.5 \text{ pie}^2/\text{s}^2$$

$$v = 14.94 \text{ pies/s} \quad (896.4 \text{ pies/min})$$

El diámetro de la tubería correspondiente será:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{4 \times (1.2 \times 560)/2}{\pi \times 896.4}}$$

$$D = 0.682 \text{ pies} \quad (8.18 \text{ pulg})$$

Considerar un diámetro de tubería de 8" \emptyset , con lo cual la velocidad real en la tubería será:

$$v = 15.62 \text{ pies/min} \quad (4.76 \text{ m/s})$$

La pérdida de presión en tubería será:

a) Fricción en Tubería.-

$$H_1 = f \frac{v^2}{gD} \times L$$

Donde: $L = 8.21 \text{ m}$.

$f =$ en función del N° de Reynolds.

Nº de Reynolds:

$$R_e = \frac{D \times V}{\mu} = \frac{0.666 \text{ pie} \times 15.62 \text{ pies/s}}{0.000115 \text{ pie}^2/\text{s}}$$

$$R_e = 90,500$$

Luego el factor de fricción será:

$$f = 0.0014 + 0.125 (90,500)^{-0.32}$$

$$f = 0.0045$$

Reemplazando:

$$H_1 = \frac{0.0045 \times (4.76)^2 \times 8.21}{9.81 \times (0.20 \text{ m})} = 0.420$$

b) Pérdidas por Accesorios.-

$$H_2 = \sum F \frac{v^2}{2g}$$

F = Coeficiente de Resistencia del Accesorio.

Para el aire:

$$H_2 = \sum F \frac{v^2}{4}$$

Tipo de Accesorios:

2 codos 90° x 8" Ø (F = 0.10)

2 Reducción 8"/5" (F = 0.26)

1 codo 90° x 5" Ø (F = 0.10)

1 Válvula : F = 0.36

Luego las pérdidas serán: para accesorios:

$$F = 2 \times 0.10 + 2 \times 0.26 + 0.10 + 0.36)$$

$$F = 1.18$$

$$H_2 = 1.18 \left(\frac{4.76}{4} \right)^2 = 1.67 \text{ m col. aire}$$

Luego las pérdidas totales:

$$H = 0.428 + 1.67 = 2.098 \text{ m. col. aire}$$

Presión de Descarga:

$$P = 3.47 \text{ pies col. aire (para 1.5 PSI).}$$

$$P = 1.06 \text{ m. c. a.}$$

Luego la altura total dinámica será:

$$H_d = 1.06 + 2.098 = 3.158 \text{ m. c. a.}$$

La potencia de cada ventilador será:

$$P = \frac{m H g}{e}$$

m = Flujo de aire:

$$\frac{1.2 \times 19.2 \text{ Kg/min}}{2} = 0.192 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

$$H = 3.158 \text{ m. c. a.}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$e = 60\% (0.60)$$

Luego:

$$P = \frac{0.192 \times 3.158 \times 9.81}{0.60}$$

$$P = 9.82 \text{ Kw (13.35 HP)}$$

.'. Luego se consideraran dos ventiladores.

Características según "Chicago Turbo Pressure Blowers".

- Tipo : ST 176 A - 20
- Potencia : 15 HP
- Flujo Máximo de Aire : 650 CFM
- Velocidad : 2900 RPM
- Potencia del Motor : 18.50 HP

Sistema Extractor de Gases:

A fin de evitar un shtock térmico, que puede producirse en el interior del horno producto de la dilatación de los gases por elevación de la temperatura, y con la finalidad de facilitar y forzar su descarga, se ha considerado instalar un equipo extractor de gases calientes.

La temperatura de ingreso del aire se ha considerado 20°C (293°K); la temperatura de salida del mismo es de 1150°C (1423°K), mientras

que el flujo de aire requerido para la combustión es de 16.0 Kg/min; el requerido para la turbulencia es de 19.20 Kg/min.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} ; \quad V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \frac{1423^{\circ}\text{K} \times (16.0 + 19.20) \text{ m}^3/\text{min}}{293^{\circ}\text{K}} = 170 \text{ m}^3/\text{min}$$

Lo cual equivale a un peso equivalente de:

$$42.24 \text{ Kg/min}$$

Las pérdidas dinámicas o de carga en los ductos se considerarán de acuerdo a los criterios optados por el texto* Zoopetti Judez G.

$$H_f = \frac{V^2}{2g} (1 + R) \text{ K (metros c a)}$$

Donde:

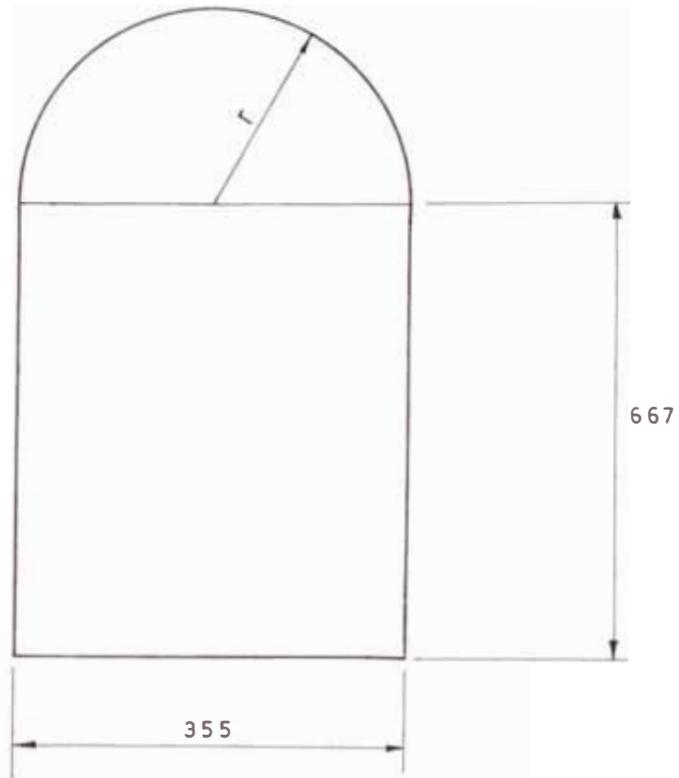
V = Velocidad del aire caliente.

R = Constante en función del perímetro del ducto.

g = Aceleración de la gravedad (m/sg²)

* Obra Estaciones de Transformación y Distribución.

La configuración del ducto es:



$$r = 177.5 \text{ mm.}$$

El perímetro del ducto será:

$$p = 2 \times 667 + 355 + \pi (177.5) = 2250 \text{ mm.}$$

$$= 2.25 \text{ m.}$$

$$s = 0.355 \times 0.667 + \frac{\pi(0.1775)^2}{2} = 0.286 \text{ m}^2$$

La velocidad del aire en el ducto promedio será:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{170 \text{ m}^3/\text{sg}}{60 \times 0.286 \text{ m}^2} = 9.90 \text{ m/seg}$$

$$\therefore \frac{P}{S} = \frac{2.25}{0.286} = 7.92 \approx 8.0$$

Para determinar el valor de "R" se tiene:

$$K \frac{P}{S} = \frac{R}{L} \quad (\text{Zoopetti pág. 523})$$

El valor de "K" representa los diferentes coeeficientes de pérdidas, entre los que se tienen

- Pérdida por codos 90° (3)	3 x 1.5 = 4.5
- Por cambio de dirección en 1/4 círculo (3)	3 x 1.0 = <u>3.0</u>
TOTAL PERDIDAS	7.5

De la pág. 594 (Zoopetti) se tiene:

para $p = 225$ cm y $P/S = 8$, corresponde el valor de $R/L = 0.05$

La longitud del ducto en el interior del horno es en promedio 8.5 m. con lo que:

$$R = 0.05 L = 0.05 \times 8.5 \\ = 0.425 \text{ m (42.5 cm)}$$

Finalmente en la ecuación, y con el valor de $K = 7.5$ se tiene:

$$H_f = \frac{(9.90)^2}{2 \times 9.81} \times (1 + 0.425)7.5$$

$$H_f = 53 \text{ m columna aire}$$

La potencia del ventilador extractor viene expresado por la ecuación:

$$P = \frac{0.00000465 (Q) H_d}{\eta (1 + \alpha \Delta t)}$$

$$Q = 170 \times 60 = 10,200 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$H_d = \text{altura total dinámica: } 1.75 H_f$$

$$H_d = 1.75 \times 53 = 92.75 \text{ m columna aire}$$

$$\alpha = \text{coeficiente dilatación del aire} = 0.000366 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}.$$

$$\begin{aligned} \Delta t &= \text{cambio de temperatura del aire:} \\ &= 1150^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 1130^\circ\text{C} \end{aligned}$$

El rendimiento η del ventilador actual, está comprendido entre 25 - 30.%, considerando en este caso 30% se tiene:

$$P = \frac{0.00000465 (10,200) \times 92.75}{0.30 (1 + 0.000366 \times 1130)}$$

$$P = 10.75 \text{ HP}$$

La potencia del motor será:

$$\begin{aligned} P_{\text{mot}} &= 1.5 \times 10.75 = 15.53 \text{ HP} \\ &\sim 18 \text{ HP} \end{aligned}$$

4.2.2.2 Cálculo de las Estructuras del Horno.-

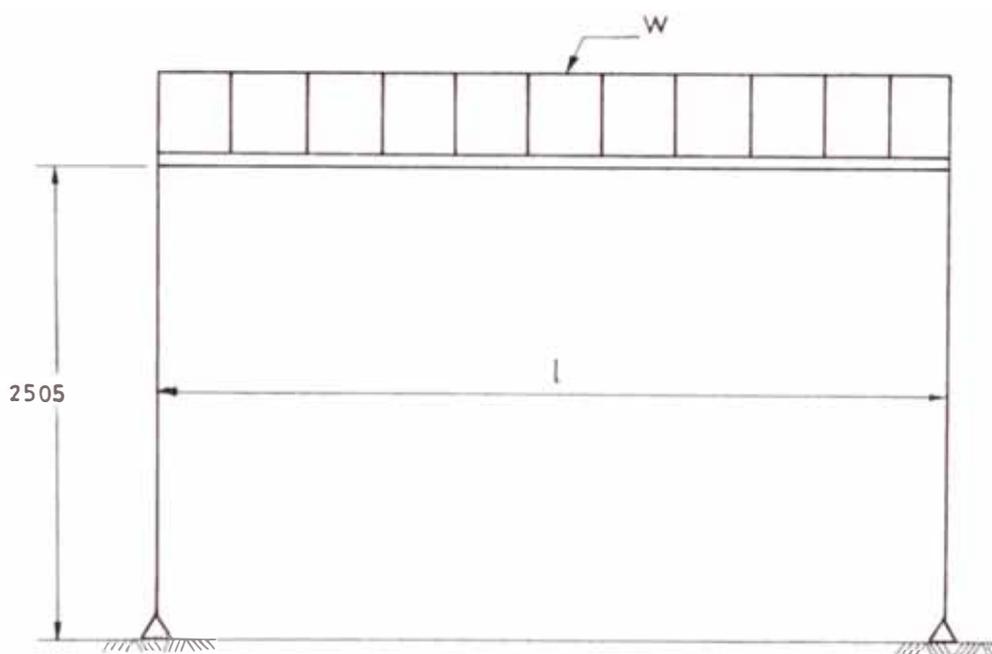
Las paredes y techo estarán unidos estructuralmente de manera que conforme una robustez mecánica requerida.

a) Cálculo de las Estructuras del Techo:

El esquema más simplificado que representa la ecuación entre dos columnas y vigas

es el pórtico.

El pórtico soportará a todas las cargas habidas en el techo, que puede considerarse con gran aproximación como carga uniformemente distribuída.



Las dimensiones del horno son:

Longitud: 7502 mm = 24.60 pies

Ancho : 3820 mm = 12.52 pies

Altura : 2505 mm = 8.21 pies

Dado que son cuatro columnas, cada uno soportará cargas iguales, y equivalente a la cuarta parte del peso total.

La unión entre columnas y vigas del techo será mediante soldadura, por lo que se considerará como un empotramiento, mientras que el piso, para la columna será articulada. Luego se consideraran:

- . Vigas del techo: Soldados en sus extremos doble empotramiento.
- . Columnas: Empotrado-articulado.

Cargas en el techo: El área del techo es de:

$$A_t = 24.60 \times 12.52 = 308.0 \text{ pie}^2$$

El techo está constituido por:

- Aislante* Kaowool 6 pulg. espesor (0.50 pie).
- Ladrillos de contorno
- Cargas externas.

La densidad del aislante es: 128 Kg/m^3
 $= 8 \text{ Lib/pie}^3$

y el volumen del aislante en el techo será:

$$V = 0.5 \text{ pie} \times 308.0 \text{ pie}^2 = 154.0 \text{ pie}^3$$

El peso correspondiente a la lana cerámica será:

$$150.0 \text{ pie}^3 \times 8 \text{ Lib/pie}^3 = 1230 \text{ Libras}$$

El peso de los ladrillos se estimará en 1,500 libras.

Mientras que las cargas externas: tuberías, equipo de ventilación, personal etc. se considerará en 2,000 libras.

Luego la carga total en el techo será:

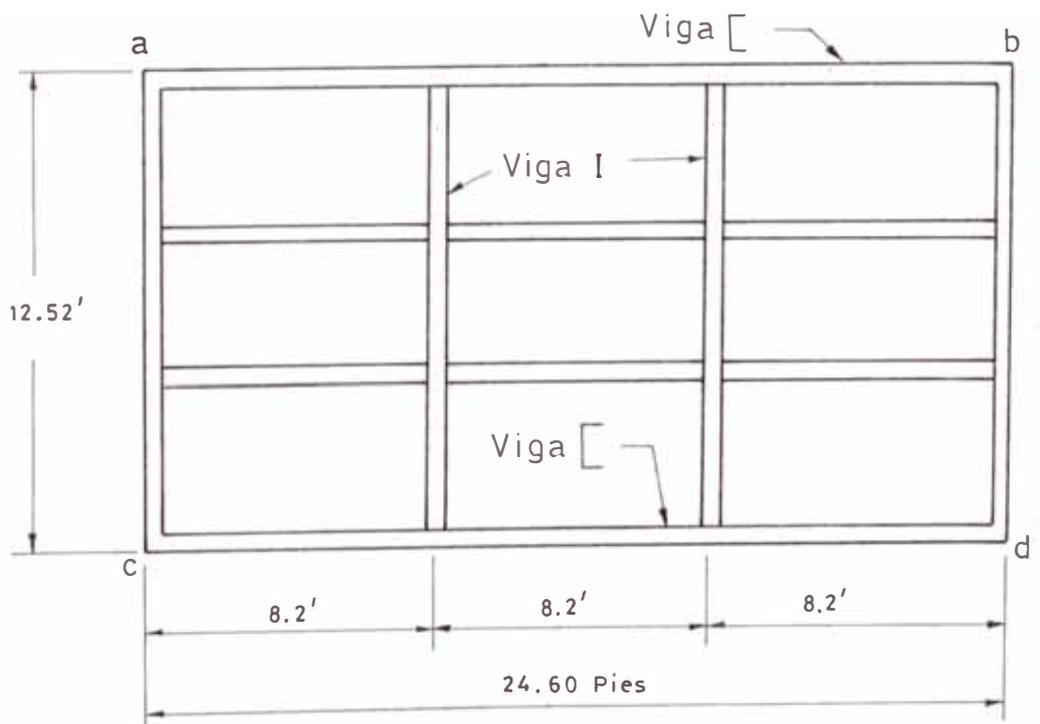
- peso del aislante	1230 libras
- ladrillos	1500 libras
- cargas externas	<u>2000 libras</u>
TOTAL	4730 Libras

Sin embargo a fin de preveer posibles sobre cargas externas, se considerará un peso igual al doble del determinado, esto es:

Peso del techo:

$$2 \times 4,730 = 9,460 \text{ Lib.}$$

La distribución de las vigas en el techo - será según la figura.



Las longitudes de las vigas son:

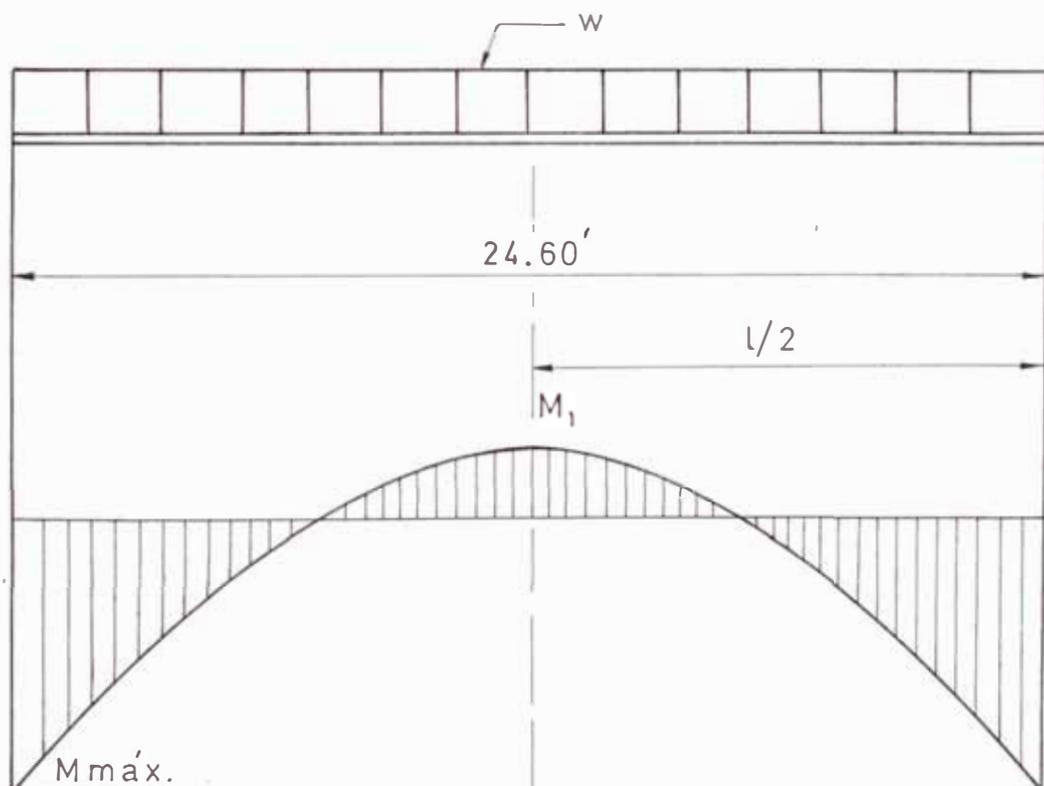
$$\sum l = 4 \times 24.6' + 4 \times 12.52' = 148.48 \text{ pies}$$

Se supone que estas cargas estan uniformemente distribuido en estas vigas, por lo que cada viga soportará una carga necesaria de:

w = carga distribuída en Lib/pie

$$w = \frac{9,460 \text{ Lib}}{148.48} = 63.74 \text{ Lib/pie}$$

El momento máximo en la viga será:



Momento máximo:

$$M_{\max} = \frac{w l^2}{12} = \frac{(63.74)(24.6)^2}{12}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 3,200 \text{ Lib-pie} \\ &= 3.20 \text{ Kip-pie} \end{aligned}$$

El momento M_1 :

$$M_1 = \frac{w l^2}{24} \approx 1.60 \text{ Kip.pie}$$

Módulo de sección: del manual AISC, se tiene el módulo de sección:

$$S_x = \frac{M_{\max}}{F_b} = \frac{M_{\max}}{0.66 F_y}$$

$F_y = 36,000 \text{ PSI (36 KSI)}$ esfuerzo fluencia

$F_b = 0.66 \times 36 \text{ KSI} = 24.0 \text{ KSI}$ esfuerzo de trabajo.

Luego:

$$\begin{aligned} S_x &= \frac{3.2 \text{ Kip} \times 12 \text{ pulg}}{0.66 \times 36 \text{ KSI}} \\ S_x &= 1.60 \text{ pulg}^3 \end{aligned}$$

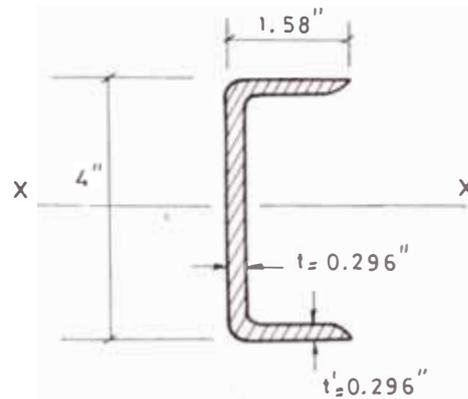
Del manual AISC, para vigas tipo canal standard se tiene la más apropiada de las siguientes características:

Designación tipo \square 4 x 5.4

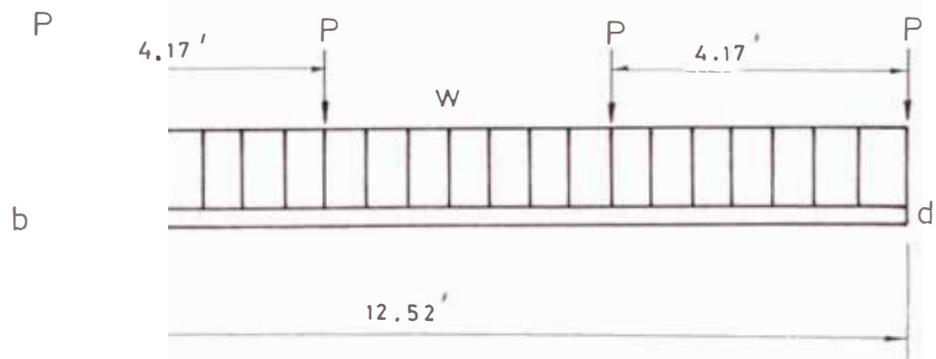
S_x = Módulo sección : 1.93 pulg³

I = Momento Inercia : 3.85 pulg⁴

Peso unitario : 5.4 Lb/pie.



Corresponden estos para las vigas a-b y c-d.
Para las vigas en los pórticos ac y bd, se tienen de acuerdo al mismo análisis anterior:



P = Cargas actuantes de las vigas longitudinales :

$$P = w \times l$$

$$= 63.74 \frac{\text{Lb}}{\text{pie}} \times 24.6 \text{ pie}$$

$$= 1568.0 \text{ Lb.}$$

$$P = 1568.0/2 = 784.0 \text{ Lb.}$$

Los momentos máximos para este caso se deberán tanto a las cargas actuantes, como a la distribuída.

1º Debido a la carga distribuída:

$$M_1 = \frac{w l^2}{12} = \frac{(63.74)(12.52)^2}{12}$$

$$M_1 = 832.6 \text{ Lb-pie} = 0.832 \text{ Kip-pie}$$

2º Debido a las cargas puntuales: "P"

$$\begin{aligned} \text{Carga por viga} &= 2 \times 784.0 \text{ Lb.} \\ &= 1568.0 \text{ Lb.} \end{aligned}$$

(Las cargas extremas no ejercen flexión en la barra analizada).

Luego el momento dado para la disposición dada según AISC será:

$$\begin{aligned} M_2 &= \frac{2}{9} (1.5680 \text{ Kip}) \times 12.52 \text{ pie} \\ &= 4.34 \text{ Kip-pie} \end{aligned}$$

El momento máximo será (por superposición):

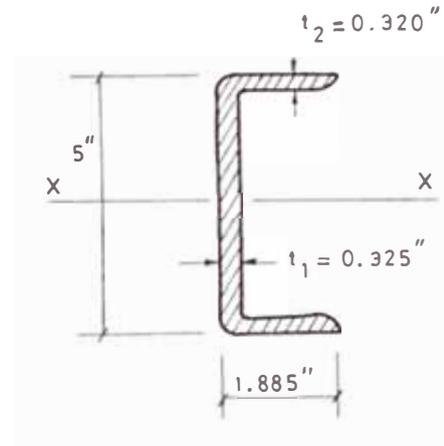
$$M_{\text{max}} = 0.832 + 4.34 = 5.168 \text{ Kip-pie.}$$

El módulo de sección para ésta viga:

$$S_x = \frac{5.168 \times 12}{24} = 2.58 \text{ pulg}^3$$

Para la viga tipo canal, del manual AISC (1-50) se tiene las características:

Viga \square 5 x 9
 $S_x = 3.56 \text{ pulg}^3$
 $I = 8.90 \text{ pulg}^3$
 peso : 9 Lb/pie.



Las vigas intermedias, tanto longitudinales como transversales serán del tipo I, livianas que permitan un buen "amarre" con las principales. Se considerarán vigas las I 4 x 5.7 (W 4 x 5.7 según AISC) con módulo de sección de " S_x " de 4.56 pulg^3 , superior a las requeridas en las vigas.

b) Columnas:

Las cargas que soportan cada columna será:

Carga por columna : 9520 Lb + peso de las vigas de techo.

Peso de las vigas del techo:

Canal \square 4x5.4 : 2x24,6x5.4 = 264.0 Libras

Canal \square 5x9 : 2x12.52x9 = 225.0 Libras

Viga I 4x5.7 : 2x12.52x5.7 = 142.6 Libras

2x24.6x5.7 = 280.0 Libras

911.2 Libras

Peso de Vigas \approx 920 Libras.

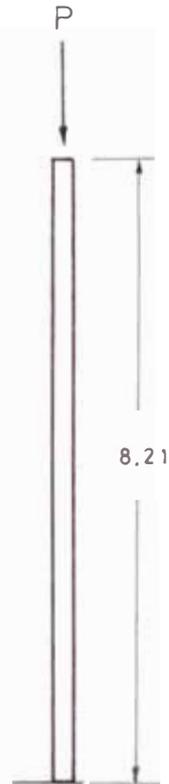
$$\begin{aligned} \text{Carga por columna} &= \frac{9420 + 920}{4} \\ &= 2,593 \text{ Libras} \end{aligned}$$

Utilizando vigas M, 36 KSI (acero A-36), y para cargas articuladas se tiene : $K = 1.0$

Longitud efectiva = 8

$$K l = 8.21 \text{ pies}$$

$$\frac{K l}{r} \leq 200$$



para viga M 4 x 4 x 13 (AISC) se tiene:

$$r_x = 1.72 \text{ pulg (0.143 pie)}$$

$$r_y = 0.99 \text{ pulg (0.0836 pie) (crítico).}$$

$$\text{luego: } \frac{K l}{r} = 96 < 200$$

Luego se aplicará la fórmula:

$$F = \frac{12 \pi^2 E}{22(K l/r)^2}$$

donde :

$$E = 30 \times 10^6 \text{ PSI, módulo de elasticidad.}$$

$$F = \text{Carga máxima admitida (Lb).}$$

$$F = \frac{12 \pi^2 \times 30 \times 10^6}{22(96)^2} = 17,524 \text{ Lb.}$$

$$\therefore 17,524 \text{ Lb} > 2,593 \text{ Lb.}$$

$$f. s. = \frac{17,524}{2,593} = 6.77$$

Cálculo de la plancha de apoyo:

Utilizando base de concreto 210 Kg/cm² la resistencia del concreto será de:

$$f'_e = 3,000 \text{ PSI}$$

material de la plancha : A-36

para nuestros cálculos se considerará el área de la plancha igual a la del concreto.

Además :

$$F_p = 0.375 f'_e = 1,125 \text{ KSI}$$

donde ; F_p : Esfuerzo de trabajo del concreto.

Area mínima de plancha :

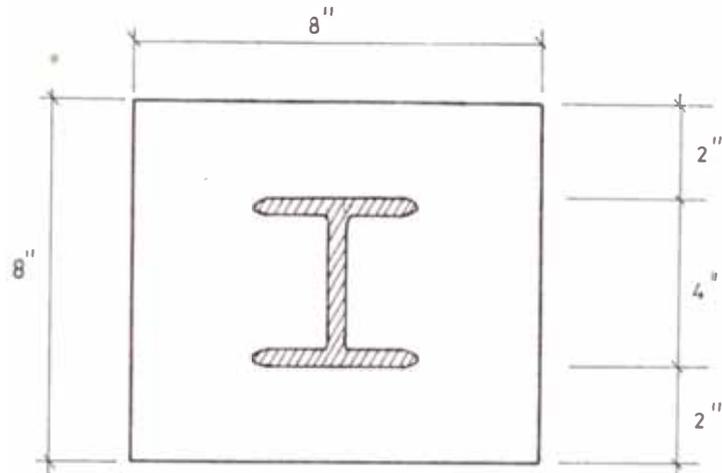
$$A_{\text{mín}} = \frac{P}{F_p} = \frac{2,593}{1,125} \cong 2.4 \text{ pulg}^2$$

El área requerible es mínima, por lo que se considerará una plancha de sección cuadrada de 8" x 8" (64 pulg²).

para este caso:

$$F_p = \frac{2.593 \text{ Kip}}{64 \text{ pulg}^2} = 0.0403 \text{ KSI}$$

Cálculo del espesor de plancha



$$m = n = 2 \text{ pulg}$$

$$t = \sqrt{\frac{3 F_p m^2}{F_b}}$$

$$F_b = 0.6 \times 36 = 21.6 \text{ KSI}$$

$$t = \sqrt{\frac{3 \times 0.0403 \times (2)^2}{21.6 \text{ KSI}}} = 0.148 \text{ pulg.} \\ \approx 0.150 \text{ pulg.}$$

∴ Considerar $R : 8'' \times 8'' \times 1/4''$

Cálculo de la Puerta.-

El tipo de puerta más utilizado en hornos es del tipo contrapeso de deslizamiento vertical.

El contrapeso reduce el trabajo de mecanismo de levantamiento, y ayuda a permanecer la puerta abierta en cualquier posición deseada por el

equilibrio para accionar la puerta sólo será necesario vencer la resistencia por fricción al deslizamiento de la misma puerta, como por la fricción en las poleas.

Las poleas serán del tipo de rodamientos resistentes a la temperatura.

El sistema de accionamiento de los contrapesos y puerta será mediante cadenas de acero. Las dimensiones de la puerta adecuados para el descargue de los carros, en forma holgada son:

- Altura de puerta: 1.916 mm.
- Ancho de longitud: 3,384 mm.
- Espesor : capa de ladrillo de 2 1/2" (70 mm.)
plancha de fierro: 3/16" (5 mm.)

El peso de la puerta se ha determinado en:

- Refractorios :	550 Kg
Planchas y estructuras:	250 Kg
TOTAL	800 Kg

Cálculo del Contrapeso.-

La fricción entre la puerta y las columnas o estructuras guadoras se consideran entre el 2 al 5% del peso de la puerta. La fricción en la polea es mínima, por cuanto estará - constituida de rodamiento.

*Según recomendaciones prácticas para fricciones entre metal a metal.

Del esquema se tiene:

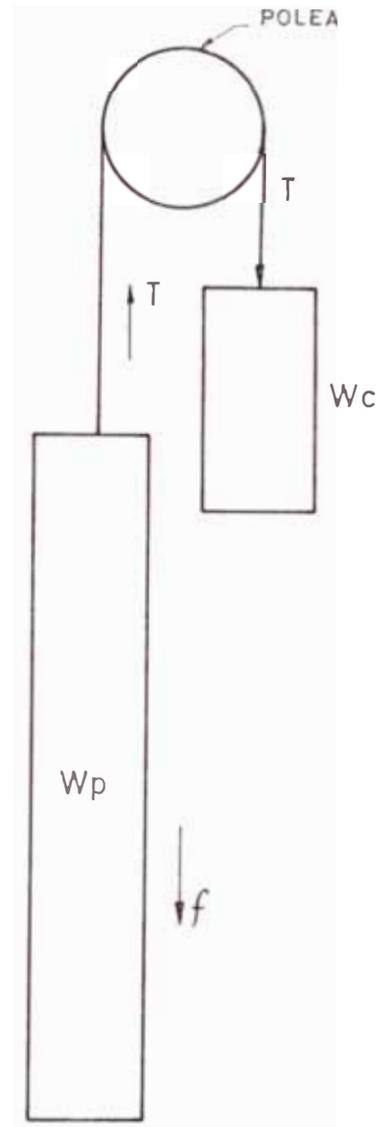
$$T = W_p + f$$

Donde:

W_p = peso de la puerta

f = fricción

W_c = peso del contrapeso



Considerando la fricción igual al 5% del peso de la puerta se tiene:

$$T = 800 \text{ Kg} + 0.05 \times 800 = 840 \text{ Kg}$$

Luego la carga del contrapeso deberá ser de 840 Kg. Sin embargo en la práctica se considera una carga en el contrapeso igual al peso de la puerta, de manera que permanezca estático en cualquier posición.

La tensión máxima en la cadena, o tensión de diseño se considera en un 300% de la tensión

requerida ($m = 3.0$). Dado que la puerta estará accionado por dos cadenas a cada lado de la puerta (ver plano de la puerta).

La tensión de diseño de cada cable será:

$T_d =$ tensión de diseño

$$T_d = \frac{3 \times 840}{2} = 1,260 \text{ Kg (2,800 libras)}$$

Del catálogo de cadenas "Chain Conveyor", se tiene: cadena simple de $3/4$ " paso, y una tensión máxima de 12,000 libras.

La altura de ubicación de la polea debe ser tal que la puerta sea levantada completamente.

Además se deben considerar como partes componentes de la puerta la parte estructural que lo constituye perfiles angulares de $2 \times 2 \text{ } 3/16$ " como refuerzos de plancha $3/16$ ", perfiles canal de $\square 6" \times 7.5$ para los contornos o marcos de la puerta.

Las columnas que soporta a la puerta y al contrapeso tendrá las siguientes características:

- Longitud de columna : 5,100 mm (16.7 pie)
- Tipo de columna: articulada - libre
- Carga máxima a soportar:

$$\frac{1,680 \text{ Kg}}{2} = \frac{(3,700 \text{ Lib})}{2} = 1,850 \text{ Libras}$$

Del manual AISC, se selecciona 6 x 10.5 cuyas características son:

- Peso : 10.5 Lib/pie.
- Módulo de Sección Mínimo : 0.564 pulg³.
- Momento de Inercia : 0.865 pulg⁴.
- Radio de Giro : 0.529 pulg.

4.2.3 Cálculo y Diseño Eléctrico.-

El sistema eléctrico está constituido por el tablero, los conductores, y los sistemas de control de protección.

a) Tablero:

El tablero propiamente dicho estará constituido por una cabina metálica autosoportada, cuyas dimensiones son:

- Altura : 1,150 mm.
- Ancho : 850 mm.
- Espesor : 460 mm.
- Planchas de Acero de 1/16" espesor.

En dicho tablero se alojarán los dispositivos de control, maniobra de protección:

- Dispositivo de Control.-

Los constituyen los siguientes equipos eléctricos y electrónicos:

- ▣ Medidor de Temperatura (Pirómetro)
- ▣ Medidor de Voltaje (Voltímetro)
- ▣ Medidor de Amperaje (Amperímetro)
- ▣ Medidor de Energía (Watímetro)
- ▣ Registrador Electrónico de Temperatura.
- ▣ Termocúpla.
- ▣ Programador Electrónico.
- ▣ Controlador de Temperatura.

- Dispositivos de Maniobra.-
 - ⌘ Interruptor de circuitos.
 - ⌘ Contactor electromagnético o termomagnético.
 - ⌘ Pulsadores.
- Dispositivos de Protección.-
 - ⌘ Relés de protección a sobrecarga.
 - ⌘ Fusibles de protección a sobrecarga.
 - ⌘ Fusibles de protección a cortocircuito.
 - ⌘ Puesta a tierra.

b) Conductores:

Los conductores eléctricos que alimentan tanto a los motores eléctricos (del ventilador y del quemador) como de alumbrado, serán del tipo plastone, para operar a altas temperaturas y/a interperie o en tubos, y cuyos aislamientos pueden trabajar hasta una temperatura de 60° C.

- c) Motores Eléctricos tanto para el accionamiento del ventilador, como de la bomba de combustible debe ser autoventilado, y cuyas características técnicas son:

1º Motor del Ventilador

- ⌘ Potencial Nominal : 27.50 HP
- ⌘ Velocidad Nominal : 2,950 RPM
- ⌘ Número de Fases : 3, 60 H
- ⌘ Factor de Potencia : $\text{Cos } \phi = 0.80$

2º Motor de Bomba: Blindado

⌘ Potencia Nominal	: 1/3 HP
⌘ Velocidad	: 1,800 RPM
⌘ Número de Fases	: 3, 60 H
⌘ Factor de Potencia	: Cos \emptyset - 0.80

3º Motor Extractor de Aire:

⌘ Potencia	. 18 HP
⌘ Número de Fases	: 3, 60 H _z
⌘ Velocidad	. 2,900 RPM
⌘ Factor de Potencia	: Cos \emptyset 0.8

4º Motor de Aire de Difusión: (Cantidad: 2 Unid)

⌘ Potencia	: 18.5 HP
⌘ Velocidad	: 2,900 RPM
⌘ Factor de Potencia	: Cos 0.80
⌘ N° de Fases	: 3, 60 H _z

Cálculo de los Conductores

Los conductores eléctricos serán seleccionados en función de la corriente nominal, considerando que cada circuito es independiente de los demás. La corriente nominal se determina por la ecuación.

$$I = \frac{P}{3 V \text{ Cos } \emptyset}$$

Donde:

I = Corriente nominal (amperios).

V = Tensión Nominal : 220 voltios.

Cos \emptyset = 0.80

P = Potencia del Motor en (Kw).

1º Corriente en el motor del ventilador.

$$I_1 = \frac{27.5 \times 746}{1.73 \times 220 \times 0.8} = 67.37 \text{ Amperios}$$

De las tablas del código eléctrico del Perú (Tabla N° III) se tiene conductores de 10 mm^2 , tipo plastotene, para instalación en tubos plásticos PVC de $1" \frac{1}{2}" \text{ } \emptyset$ SEL (liviano). Del catálogo CERPER PIRELLI.

2º Motor de Bomba de Combustible.-

$$I_2 = \frac{0.33 \times 746}{1.73 \times 220 \times 0.8} = 0.82 \text{ Amperios}$$

Luego utilizando conductores plastotene, en tubos de $\frac{3}{4}"$ se tiene: calibre N° 1.5 mm^2 , calibre mínimo recomendable según el Código Eléctrico del Perú. (Pág. 441 Ed. 1978).

3º Motor Extractor de Aire.-

$$I_3 = \frac{18 \times 746}{1.73 \times 220 \times 0.8} = 44.10 \text{ Amperios}$$

Luego utilizando conductores plastotene en tubos de $1" \text{ } \emptyset$ SEL, se tiene N° 6 mm^2 , el mínimo recomendado por el código Eléctrico del Perú.

4º Motor de Ventiladores de Aire de Difusión (2 unidades):

$$I_4 = \frac{18.5 \times 746}{1.73 \times 220 \times 0.8} = 45.32 \text{ Amperios}$$

Luego utilizar conductor idem al anterior (motor del ventilador extractor).

Contactores y Relés.-

En el siguiente cuadro se ha seleccionado los contactores termomagnéticos y relés térmicos correspondientes tomados del Catálogo International Telemecanique:

MOTOR	CONTACTOR	RELE	FUSIBLE
27.5 HP 18 HP	Nº LCI-DLGO-AGO Pot. 20 Kw Volt. 220/440	Nº LRI-DI6321 Pot. 3.7 Kw Volt. 220/440	60 Amp. 220 V
1/3 HP	Nº LCI-D093-AGO Pot. 2.2 Kw Vol. 220/440	Nº LRI-D09307 Pot. 0.37 Kw Volt. 220/440	5 Amp 220 V

* Ver esquema de Conexión del Circuito.

Circuito Principal.-

El conductor principal, o cable alimentador al tablero, estará constituido por conductores NYY 0.6 Kv, cuya capacidad, estará en función de la carga instalada.

1 Motor	27.50 HP.
1 Motor de 1/3 HP	0.33 HP
1 Motor	18.00 HP
2 Motor de 18.5 HP	37.00 HP
Control, Alumbrado y otros	<u>5.00 HP</u>
	87.83 HP.

De acuerdo al Código Electrico del Perú para el cálculo del conductor principal de alimentación se tiene que:

$$\text{Potencia Total} = 125\% \times \text{Pot de mayor capacidad} + \text{Potencias de los demás motores}$$

$$= 1.25 \times 27.5 + (18.5 + 18.5 + 0.33 + 5 + 18)$$

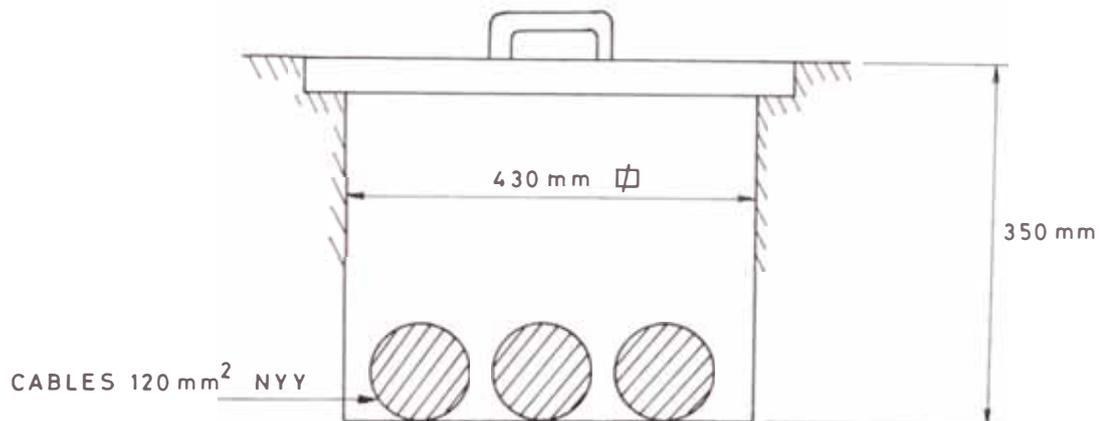
$$\text{Potencia Total} = 94.70 \text{ HP.}$$

$$\therefore I_{\text{Total}} = \frac{746 \times 94.70}{220 \times 1.73 \times 0.8} = 232.0 \text{ Amperios}$$

$$I_T = \frac{746 \times 94.7}{220 \times 1.73 \times 0.8} = 232 \text{ Amp.}$$

Del catálogo CEPER PIRELLI, para conductores NYY, se tiene: cables SINTENAX, de 120 mm².

La instalación del cable comprende desde las celdas del transformador, y cuyo recorrido será subterráneo (en canaleta) de manera que que de protegido de los efectos mecánicos y térmicos:



4.2.4 Control Electrónico.-

La necesidad de establecer un control especial de las fases tanto de calentamiento como de enfriamiento de la carga de quema, permite dotar al horno de un control adecuado.

Las baldosas son introducidas al horno a una temperatura ambiental asumida de 15^o C, la cual debe ser aumentada uniforme y progresivamente hasta los 1070^o C, en un tiempo requerido de 28 horas, tal como se especifico ante

riormente.

Los equipos electrónicos que se utilizan tanto para el control de la temperatura de calentamiento como para la uniformidad de la misma son:

a) Programador Electrónico:

Es un dispositivo destinado a la programación y control de la temperatura de calentamiento, denominado también "curva de quemadura", es decir, describe y grafica los parámetros de temperatura Vs tiempo en el calentamiento del horno. Dicha señal es enviada al dispositivo de controlador de temperatura.

b) Registrador de Temperatura (Pirómetro):

Este instrumento electrónico, que cumple como función primordial de indicar la temperatura en diferentes puntos de la atmósfera interna del horno.

En nuestro caso específico, recibe de cinco zonas, los cuales ya se han definido.

Ellos están ubicados frente a cada par de quemadores y a la mitad de la carga.

Las termocúplulas son de 24", del tipo R (platino Radio).

El instrumento es multipunto, que además de indicar la temperatura lo imprime registrándolo que un rollo de papel a escala, para

cada punto en forma independiente.

Siendo esta lectura de la temperatura real.

El funcionamiento en el aspecto técnico del instrumento es enteramente electrónico. Se muestra en el apéndice otras características del fabricante.

Se ha seleccionado como instrumento:

⌘ Marca : Barber Colman

⌘ Escala : 0 - 1600° C.

⌘ Modelo : E/A3 - 0100-000-0-00.

⌘ 115 Voltios, 60 H_z, 60 Va.

c) Controladores de Temperatura:

Este instrumento electrónico, tiene como función primordial, el de comparar señales de temperatura representado por milivoltios tanto del programador electrónico (teórico) como del registrador de temperatura (real), deduciendo de esta manera si la diferencia es por defecto o exceso, enviando la señal correspondiente a los servomotores que trabajen sincronizadamente y en forma mecánica con las válvulas de petróleo y aire.

Si se necesita elevar temperatura habrá una señal que incrementará al servomotor y así en forma viceversa.

El instrumento seleccionado en el siguiente:

⌘ Marca : Barber Colman, 520 Solid State
Controller.

▯▯▯ Modelo : 524 D-20039-010-2-00.

▯▯▯ Escala : 0-1600^o C, 120 V, 60 H_Z, 7 VA.

Se muestra mayores detalles en el apéndice.

Selección del Dispositivo a Utilizar

El sistema debe ser simple y de fácil maniobrabilidad de manera que pueda ser operado por un sólo operador, el cual debe estar capacitado para: arrancar y apagar el horno, tomar lectura de los controles (si es necesario), regular automáticamente el calentamiento. De acuerdo a lo establecido, se tiene los siguientes equipos necesarios para el control.

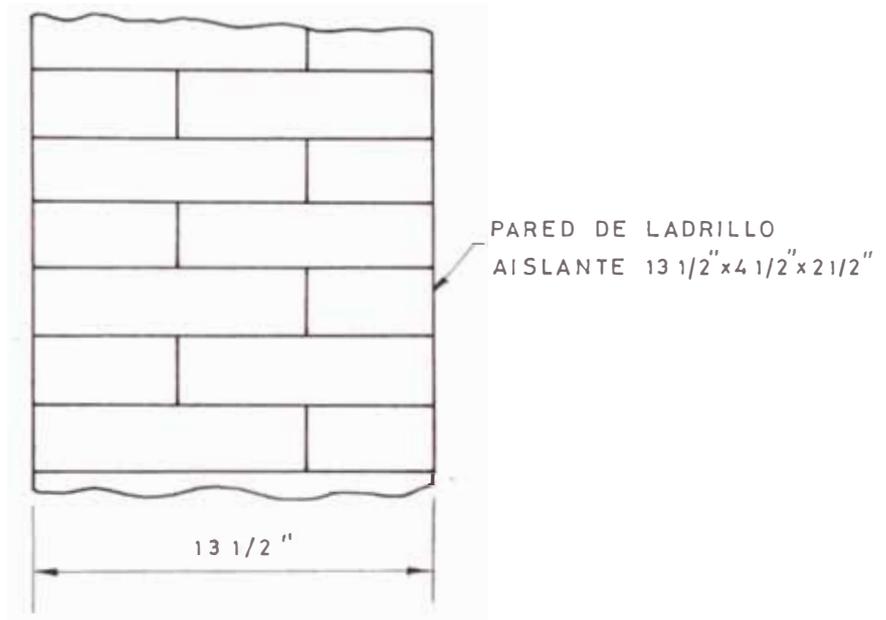
- Un indicador milivoltímetro "Honeywel", clase 10, rango 0-2200 °F.
- Termocúplas, "Honeywel" tipo "K", para controlar la temperatura ambiente en el interior del horno en cinco puntos, debidamente instalados, frente a cada par de quemadores.
- Alambre de extensión para interconectar las termocúplas con la caja de control en general.

4.2.5 Obras Civiles.-

Las obras civiles están constituidas principalmente por los muros del horno (paredes, piso y techo), y que conforman el contorno del horno. Del mismo modo se refieren de los conductos por donde son descargados los gases calientes hacia el exterior.

- Paredes:

Las paredes laterales y frontales del horno estarán constituido por ladrillos refractarios tipo "fire day" marca REPSA en cuyas dimensiones son 9" x 4 1/2" x 2 1/2" y cuya disposición en las paredes es como sigue:



SECCION DE LA PARED

para el amarre entre paredes se utilizará - el cemento refractario, cuyas característi- cas térmicas son similares a la de los la - drillos refractarios.

El elemento aislante compuesto por lana mi- neral y fibra cerámica Kaowool se colocará inmediatamente después de los refractarios hacia el interior del horno.

- Ductos:

Los ductos para la circulación de los gases calientes y la descarga de los mismos esta- rá constituido también por ladrillo refrac- tario de la misma calidad que el de las pare- des, cuyas disposiciones de los refracta - rios y las dimensiones se detallan en el pla- no N° 2; plano correspondientes a ductos.

- El techo está constituido por las estructuras metálicas que lo conforman las vigas canal y tipo W, definidos anteriormente, así como por los aislantes correspondientes de lana mineral y fibras cerámicas. El techo tiene un peso relativamente menor por cuanto estará exento de refractarios. En el plano N° 1 se detallan las uniones entre estructuras metálicas del techo, y la sección del horno.

- Cimentación:

La base del horno está constituido por la ladrillo refractario y cemento aislante que permite retener el calor. El terreno consistente, con una humedad relativamente baja, tiene una mayor resistividad térmica, lo que permite mantener cierta cantidad de calor.

4.3 PLANIFICACION POS ELABORATIVA

4.3.1 Control de Calidad.-

El control de calidad es un proceso necesario que debe desarrollarse a fin de garantizar la buena calidad del producto.

Este proceso se debe desarrollar una vez cocionadas y enfriadas las baldosas, salidos del horno. Consiste en tomar muestras de parte del lote o carga salido del horno, o realizar el chequeo de pieza por pieza, para comprobar su

buena calidad. Dentro de los chequeos a realizarse en estos productos se tiene:

- Rajaduras:

Los productos no deben contener rajaduras visibles, que pueden originar posteriormente quebraduras durante el embalaje, o instalación.

- Alabeo:

Consiste en determinar las superficies lisas y completamente planas, en cuadradas, para ello será suficiente comprobar con escuadras o reglas.

- Pintado:

Las baldosas deben guardar una armonía en lo referente al pintado.

- En ningún momento debe permitirse el manchado de las superficies pulidas, o estas deben ser mínimas, que no alteren el aspecto decorativo y estético del producto.

Dado que en la práctica es común obtener productos con ligeras anormalidades, sobre todo en el alabeo, despintado, y manchado, para no deshechar gran parte de los productos por defectos pequeños o simples, es aconsejable seleccionar los productos en categorías, primera, segunda y en algunos casos de tercera, según la integridad y calidad de estos. Los productos de primera calidad implican que las

baldosas están libres de todo defecto, y por lo tanto, de la más alta calidad. Lógicamente que paralelo a esto, se establecerán los precios de venta.

4.3.2 Control de Producción.-

Este control radica esencialmente en registrar el volúmen y cantidad de baldosas que ingresan al horno. Teóricamente se pretende que el volúmen o cantidad de baldosas que ingresa al horno debe ser igual al que sale del mismo, en condiciones óptimas.

En la práctica, como se describió anteriormente resulta difícil obtener una eficiencia del 100% en la producción, es decir, obtener que toda la cantidad que ingresa debe ser igual a la que sale en condiciones de primera calidad.

Luego el control de producción radicaría fundamentalmente en contabilizar la cantidad de baldosas que ingresan al horno, respecto a los que salen, para de esta manera conocer la merma real (en cantidad), y por ende las pérdidas en costo que esto representa.

Los informes del control de producción registrados permitirá mejorar la calidad en la elaboración y cocción de los productos.

C A P I T U L O 5

INSTALACION Y MONTAJE

5. INSTALACION Y MONTAJE

5.1 SECUENCIA DE INSTALACION.-

El proceso de montaje tanto del edificio del horno propiamente, como de los equipos mecánicos, eléctricos y estructurales, requiere de llevarse de una ma-nera secuencial, a pasos definidos de instalación y montaje, de manera que las actividades se lleven a cabo en un tiempo óptimo minimizando las interfe-rencias.

De acuerdo a las características constructivas se puede establecer una secuencia de la forma siguiente:

a) Obras Civiles:

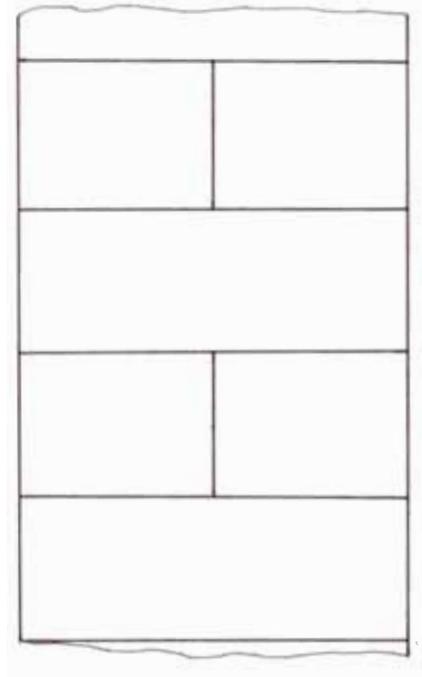
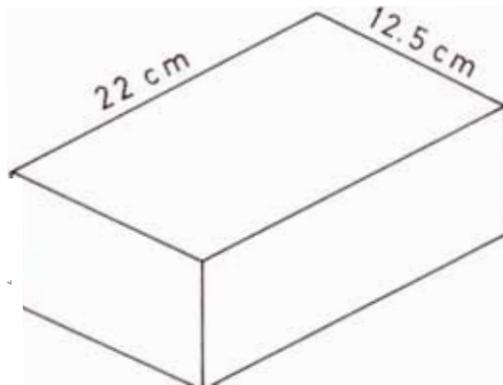
Comprenden estas, las estructuras metálicas del horno, (vigas y columnas), cimentación y paredes, piso, ductos de ingreso, y descarga de los gases calientes.

1º Cimentación de las bases del horno, previo tra-zado. Las bases estarán constituidas de con-creto armado 210 Kg/cm^2 .

2º Instalación de las columnas de acero, sobre bases de concreto predeterminadas. Las columnas

(4 en total) irán instaladas sin arriostramientos, en posición tal que permite su empalme o amarre con las vigas del techo (plano de montaje). Instalación de las vigas que conforman el techo, los cuales serán unidos por soldadura con las columnas, de forma que se comporte como un entramado sólido.

3º Construcción de los muros del horno (paredes frontal y laterales del horno). Las paredes estarán constituidas de ladrillo refractorio REPSA tipo Fireday de 22 x 12.5 x 5 cm.



Forma de apilamiento

Fig. 5.1

4º Instalación de los aislamientos, de fibra, que cubrirán las paredes internas* del horno. Los aislamientos están constituidos por lana de vidrio y lana cerámica, que vienen en capas de 1 pulg. de espesor, de manera que puedan instalarse las capas unas tras otras, unidos mediante sujetadores o anclajes, que permitan su instalación y retiro con facilidad. Los anclajes son de alambre N° 16 de nicrom.

5º Una vez culminado los trabajos de instalación de paredes, techo, y aislamientos prácticamente se concluyen las obras civiles; luego se procederán a instalar los rieles para el transporte de las cargas en los respectivos carros. Paralelamente a la construcción de las paredes, se deberán construir los ductos de circulación de aire que también estarán constituidos de ladrillo refractorio.

b) Equipos Mecánicos y Eléctricos:

Comprenden estos:

1º Montaje de los ventiladores de aire: ductos de aire primario, ventilador y motor de accionamiento.

* Las Fibras Cerámica, y Lana de Vidrio, Resisten Altas Temperaturas (hasta 1260° C) sin que pierda su Capacidad Aislativa, o esté Expuesto a Quemarse, por lo que para la Temperatura del Horno no habrá Problemas.

El ventilador de aire (aire primario) se instalará en la parte lateral del horno, de manera que la distribución del aire por ductos, metálicos se realice con facilidad, y se corta vibraciones a la estructura del horno.

- 2º Instalación de los quemadores, circuito del combustible, accesorios. Las tuberías se instalarán por la parte exterior del horno, apoyados a las paredes externas del horno por inyectoros.
- 3º Una vez instalado los equipos mecánicos (quemadores, ventiladores y conductos) se procederá a la instalación del tablero de control eléctrico conductores eléctricos, equipos de medida (voltímetro, amperímetro, medidor de potencia), así como los equipos de control del horno. Los conductores irán instalados en tubería PVC (polivinílico) que protejan de los daños mecánicos, también de tubo flexible metálico en las zonas calientes.
- 4º Instalación del sistema de puesta a tierra, este sistema es imprescindible para proteger las instalaciones eléctricas. Comprende: conductores de cobre desnudo, dispersores de corriente a tierra (electrodos), y pozo de tierra previamente acondicionado.
- 5º Si bien es cierto que las obras civiles requiere

ren de un claro ordenamiento en el desarrollo de las actividades, dada su gran envergadura, en cambio en las instalaciones mecánicas y eléctricas, no es tan necesario seguir un ordenamiento, más teniendo en cuenta que son trabajos (excepto ventilador y tubos de aire) de relativa facilidad.

6º La puesta de acceso, así como los sistemas de accionamientos necesarios, pueden instalarse en forma paralela con los trabajos de instalación de los conductos de aire, ventilador, etc.

5.2 ESPECIFICACION DE LAS PRINCIPALES DIFICULTADES.-

Durante el montaje y las pruebas correspondientes, se han de presentar algunas dificultades de orden técnico, que requerirán de un cierto grado de cuidado, pero viables de solucionarse.

Entre las principales características para llevar a cabo el diseño y montaje del horno se tiene:

a) Carga:

Si bien es cierto que se ha determinado el volumen (o masa) total a calentarse y quemarse, el apilamiento o modalidad de carga de las baldosas influirá en el dimensionamiento del horno, cuyo análisis será discutido posteriormente. Debe tomarse en consideración que las baldosas irán acomodados convenientemente sobre carros desplazables en rieles.

b) Instalación de los Quemadores:

Técnicamente se pretende que la carga en el horno esté sometida a una misma temperatura esto es de 1070°C , con lo que se logra una misma cocción y en un mismo tiempo. Para lograr esto, el aire secundario que logra la turbulencia uniformizará - prácticamente el calor interno.

La ubicación de los quemadores en el horno cumplirá también una función importante.

La sección del horno es en forma rectangular. El análisis de la combustión y distribución del calor partirá desde la ubicación de los quemadores. En efecto, los quemadores serán ubicados de tal forma que la propagación del calor ocupe áreas o volúmenes iguales, y que por intermedio del aire turbulento logre finalmente la uniformidad del calor en la cámara.

La longitud interna del horno, es igual a la longitud externa, menos los espesores de pared y aislantes.

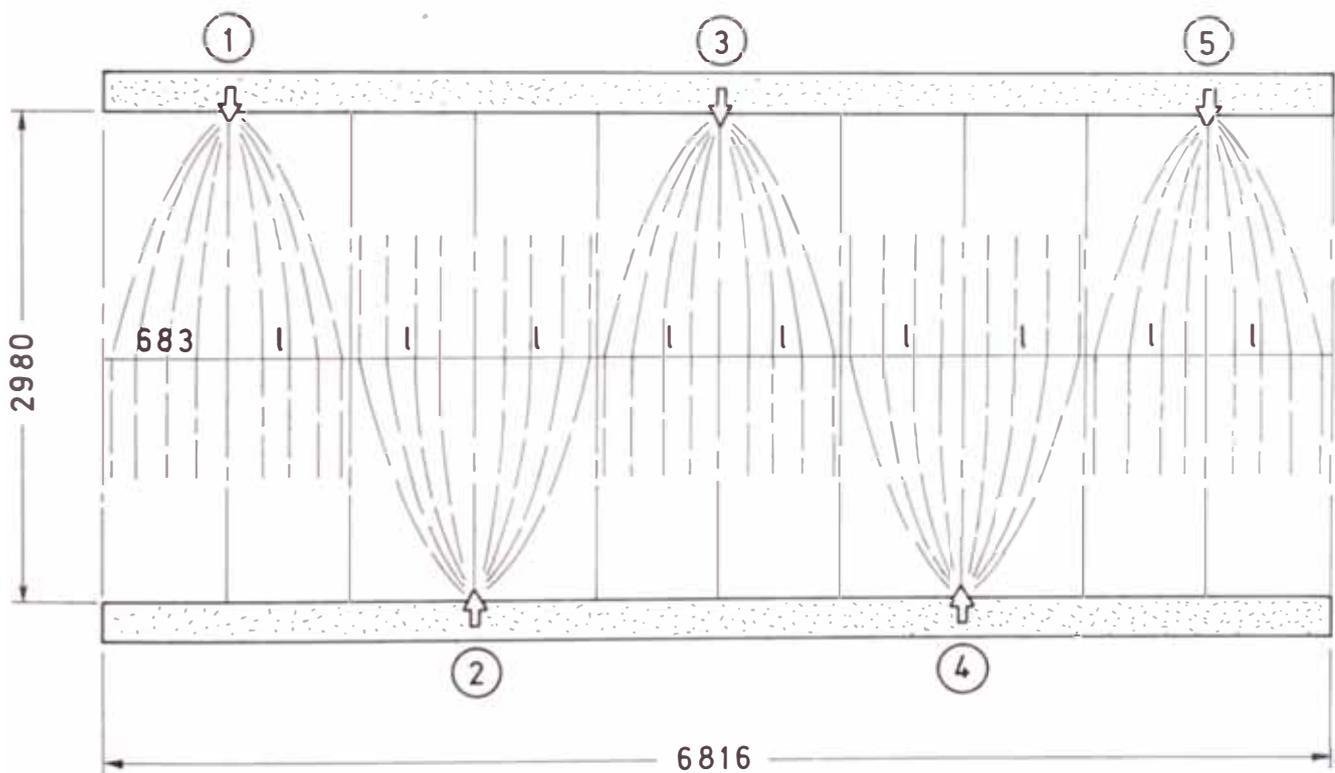
$$\begin{aligned} L_i &= L - 2 e \\ &= 7502 - 2 \times 13.5'' (25.4) \\ &= 6816 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Dado que los quemadores se distribuirán en forma intercalada en ambos frentes de paredes, existirán 10 espacios de manera que cada quemador genere llama en espacios iguales, luego los espa

cios que corresponderá a cada quemador sera:

$$l = \frac{6816}{10} = 681.6 \text{ mm}$$

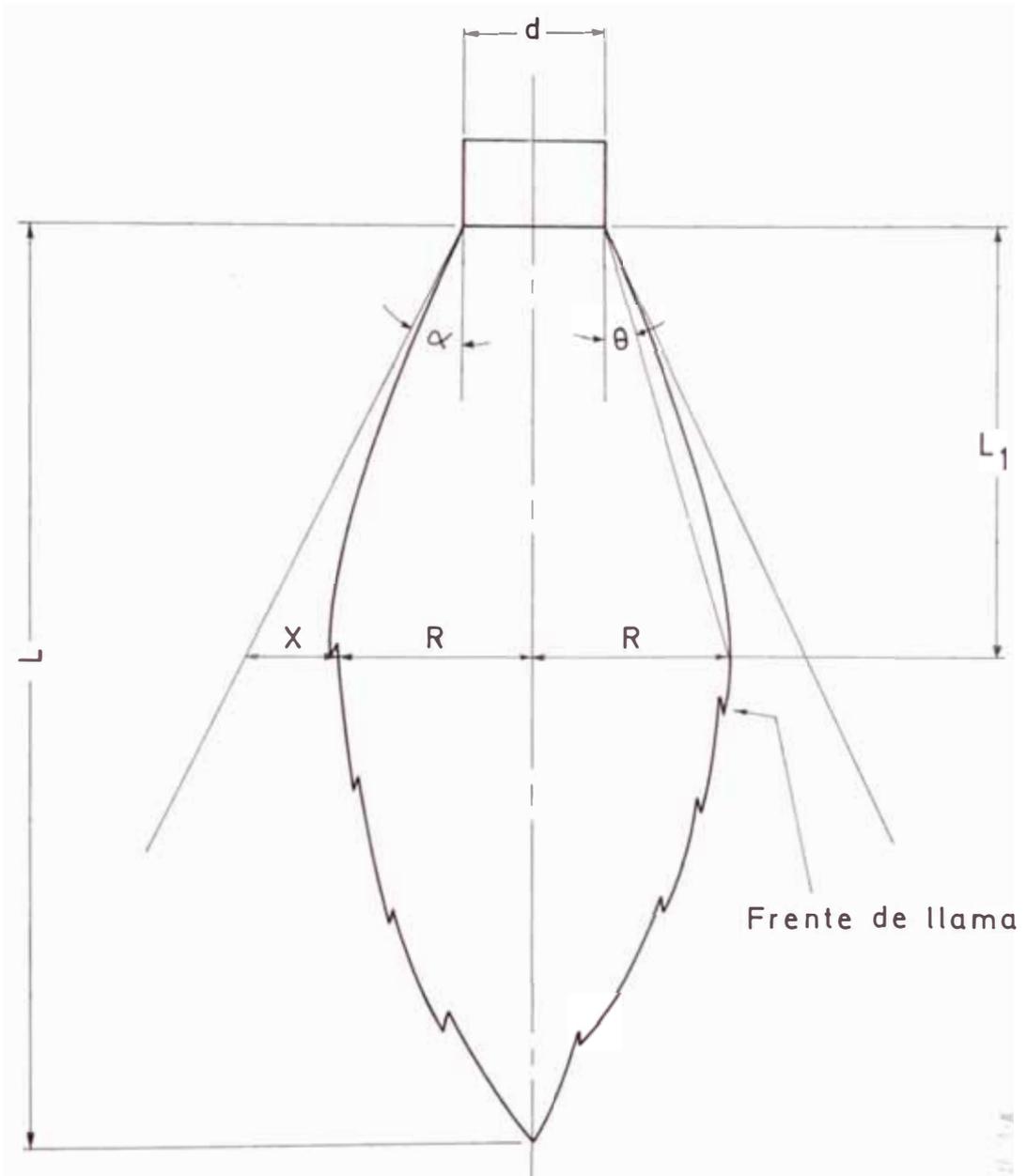
La distribución se ve en la figura.



Forma de propagación del calor en el horno

Fig. 5.2

Del análisis de programación y forma de la llama en una combustión, Ing. Jorge Nakamura 1977, se establece una relación similar a este caso.



$$r = \frac{d}{2}$$

Fig. 5.3

Las denominaciones son:

d = Diámetro de la Tobera.

L = Longitud de la Llama.

V = Velocidad de Salida del Combustible.

K = Coeficiente de Difusividad , del Aire-Combustible.

t = Tiempo para Alcanzar la Longitud " L ". En el Punto Final el Combustible se Habrá Quemado Totalmente.

$2R$ = Ancho Máximo de la Llama.

Considerando que la mezcla aire combustible genera un flujo turbulento, se tiene:

$$L_1 = 0.37 L$$

El ángulo " α " de abertura de llama, se considera en 15° ($2\alpha = 30^\circ$).

Según Nakamura, la distancia recorrida por el combustible hacia el frente de llama es:

$$D^2 - K t \quad D = 2 R$$

También se tiene del gráfico:

$$\text{sen} \quad = \frac{(R - d/2) + x}{L_1}$$

$$x = L_1 \text{ sen} \alpha + d/2 - R$$

Por otro lado en la punta de la llama, todo el combustible se habrá quemado, de manera que para el frente de llama se tiene:

$$t = \frac{L}{V}$$

Luego:

$$\frac{L}{V} = \frac{D^2}{K}$$

Por aproximación, para combustión regular se tiene según Nakamura:

$$D \approx 2.5 d$$

Luego:

$$\frac{L}{V} = \frac{(2.5 d)^2}{K} = 6.25 \frac{d^2}{K}$$

Luego:

$$L = 6.25 \frac{d^2 V}{K}$$

La ecuación obtenida puede ser puesta en función del caudal de combustible:

$$Q = \frac{H d^2}{4} \times V$$

Con lo que se logra la expresión:

$$L \approx 6.25 \frac{d^2}{K} = \frac{4 Q}{H d^2}$$

$$L \approx \frac{25 Q}{H K}$$

$$K = d \text{ m}^2/\text{seg}$$

El valor del coeficiente de difusividad; según F. Von Elbe y Lewis en "Combustion Flames and Explosion of Gases" 1951, viene expresado por:

$K = 0.045$: Alta Velocidad.

$K = 0.0088$: Media o Baja Turbulencia

$K = 0.0016$: Láminar.

Considerando una combustión con media turbulencia se tiene: $K = 0.0088 \text{ dm}^2/\text{seg}$.

Reemplazando se tiene:

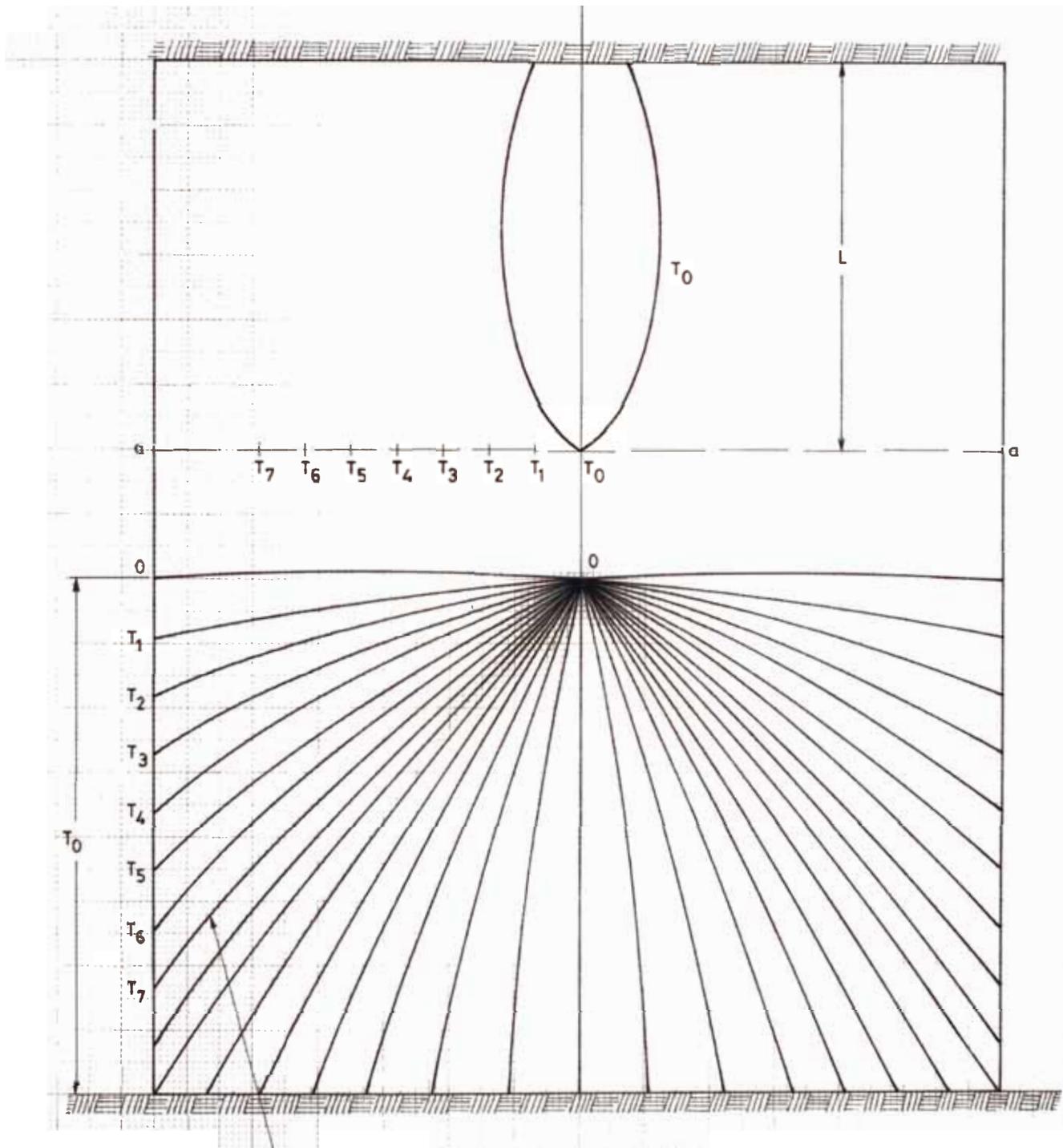
$$L \approx \frac{25 \times 0.28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}}{0.0088 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$\approx \frac{25 \times 0.28 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{60 \times 8.8 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$L \approx 0.4228 \text{ m}$ (422.8 mm).

Este valor es aproximado por cuanto, la regulación en la relación aire-combustible, variaría este valor, según los requerimientos de calor. Como quiera que la longitud, o ancho máximo de la cámara es de 2980 mm, es lógico pensar que la llama será de una longitud mucho menor, para este caso de:

$$\frac{422.8}{2980} \approx \frac{1}{7} \text{ veces menor.}$$



LINEA DE MAGNITUD DE RADIACION

Esto representa también un área (o volúmen) mucho menor al del horno (sección correspondiente). Sin embargo la propagación del calor por radiación, ayudados por la turbulencia del aire ayudará a incrementar sustancialmente el volúmen correspondiente.

La distribución del calor tendrá la forma siguiente en el horno, (Ver Figura Nº 5.4).

2º La instalación de la puerta, requiere del mismo modo cierto cuidado. Los cálculos teóricos del peso y contrapeso, así como las condiciones de equilibrio determinados serán probadas en la práctica, para luego establecer las correcciones necesarias.

La precisión en las dimensiones es importante, para el libre desplazamiento vertical de la puerta (apertura y cierre), lo cual demuestra su seguridad. La hermeticidad que evita la fuga de calor es muy importante. Uno de los medios de hermetizar una puerta de contrapeso es utilizando arena fina silica, en la base de la puerta, de manera que al bajar la puerta completamente, penetre la parte inferior de esta* en la arena.

* Además lleva unos pistones neumáticos para dar mayor fijación a la puerta a ambos lados. Ver plano correspondiente (Puerta).

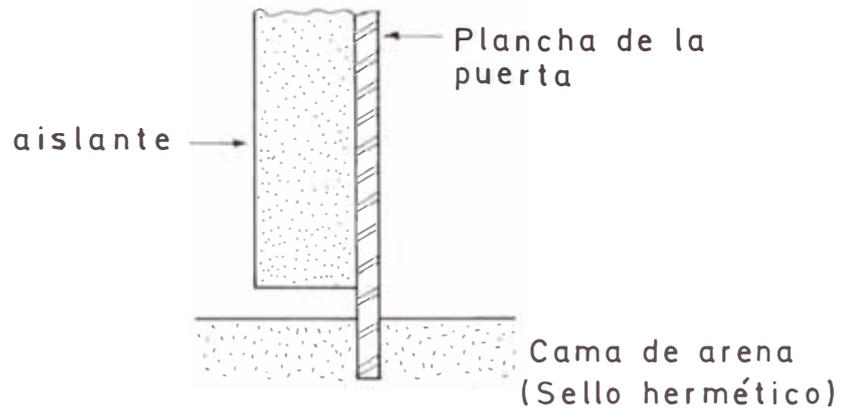


Fig. 5.5

- 3º La instalación de los aislantes, lana mineral y cerámica, deberán realizarse con cuidado, conservando su uniformidad e integridad se instalarán en placas paralelas, y unidos entre sí mediante sujetadores metálicos (plano de detalles), y unidos éste a las columnas o paredes, según se presente el caso.
- 4º Otro aspecto importante, y de cuidado en su construcción son los ductos de circulación de los gases calientes, desde el horno, luego su descarga. Los gases calientes cubrirán íntegramente la carga, según la modalidad de carga o apilamiento, de manera que se logre una cocción uniforme. Su constitución es de ladrillo refractorio, similar al de las paredes, que requiere de un ordenamiento necesario (Ver plano de detalles).
- 5º El sistema de control electrónico será instalado convenientemente, y regulado de acuerdo a los requerimientos de calor en la carga. Su instala -

ción requiere de técnicos especialistas, y por las indicaciones de los suministradores. El análisis de este sistema será descrito en una sección aparte.

5.3 PUESTA EN MARCHA Y FUNCIONAMIENTO.-

Después de introducir la carga y de sellar todos los accesorios adyacentes a la puesta, el proceso de puesta en marcha y funcionamiento es el siguiente:

Encendido de Ventiladores:

- 1º Poner el conmutador superior del tablero eléctrico en automático (se encenderá la luz verde).
- 2º Activar la tensión de 110 voltios, para los reguladores y servomotores de temperatura (llave de cuchilla del tablero electrónico.
- 3º Poner en manual el tiro, presionar el pulsador de cierre correspondiente. Observar que el tiro esté totalmente cerrado.
- 4º Actuar en el conmutador del ventilador extractor del tipo forzado, para poner en operación.

Encendido de la Bomba de Petróleo:

Para activar la bomba de petróleo, debe estar previamente encendido el relé del programador (la luz de señalización así lo indicará). La bomba debe ser autocebante. La presión recomendada en la bomba debe ser 90 PSI debe observarse que la presión del manómetro de aire entre 0-30 PSI, funcione, sólo así se obser-

vara una luz roja que indica que circula petróleo, de lo contrario, revisar la electroválvula, el sensor de presión y los relés correspondientes.

La presión debe regularse de 8 PSI a 10 PSI, que en general es controlado por el regulador de presión.

Encendido de los Quemadores:

Proceder a encender los quemadores inferiores, si hay tendencia a que se apaguen, desconectar la conexión correspondiente para quitarle el posible aire.

Puesta en Marcha del Programador:

Como este instrumento cuenta con un relé de protección, sino se enciende la pantalla del programador, pulsar el pulsador en "marcha"; en todo caso revisar sus fusibles de protección.

Simultáneamente poner en automático los reguladores de temperatura que se encuentra en el programador en las tres zonas. Después de 14 horas de secado, encender los quemadores superiores, dándoles una intensidad de fuego similar a los inferiores. No excederá de 15° C en las cinco zonas.

Al concluir el secado, poner el tiro automático para lo cual ya está regulada la sensibilidad del instrumento para indicar con una presión interna dentro del horno.

- Durante el ascenso, controlar que la cinco zonas esten de acuerdo con lo programado. De lo con-

- trario, revisar los servomotores, o reajustar los valores de las válvulas discos que no responden.
- En el proceso de saturación chequear la temperatura de la masa con ayuda del pirómetro óptico por las mirillas respectivas, verificando una homogenización de temperatura.
 - Para una cocción pareja, se deberá bajar los quemadores superiores al mínimo, cuando se fundan los conos pirométricos compatibles con la temperatura a la cual se programó previamente, en el proceso de saturación (normalmente sucede de 5 a 6 horas de iniciado el proceso de saturación).
 - Al concluir el proceso de saturación los quemadores se apagarán, desde luego como dependen de la bomba de petróleo, se acciona en forma automática sobre el sistema de encendido de dicha bomba por intermedio del programador.

El proceso de descenso de temperatura se realizará en forma manual, con participación de las válvulas de combustión o aire primario de cada zona.

Al final de este capítulo se mostrará la turbulencia y curva de este proceso.

5.4 DEFINICION DE LA MODALIDAD DE CARGA DEL MATERIAL A COCCIONARSE - ESQUEMAS.

Ya se mencionó anteriormente, que las cargas que están constituidas por las baldosas, deberán de colocarse en frío o fuera del horno sobre carros adecuados, de manera que en su momento oportuno sea intro

ducido en el horno por una de las puertas.

El volumen que ocupe cada carro cargado, estará en función directa con las dimensiones internas del horno de manera que los espacios internos del mismo sean mínimos. Dicho en otras palabras, la cantidad de 750 m^2 de carga por "hornada" deberán ser colocadas en el carro, de tal forma que quepan en el horno.

De los criterios anteriores, se deduce, que la disposición de las baldosas, o el "cargado" deberá realizarse con sumo cuidado, con disposiciones tales que la cocción sea uniforme.

Teóricamente, la óptima cocción (más uniforme) se obtendrá en cargas unitarias en forma de cubo, de manera que la incidencia del calor sea por los 6 lados.

Bloques cúbicos que deberían formar las baldosas.

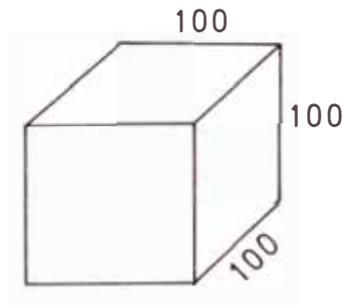


Fig. 5.6

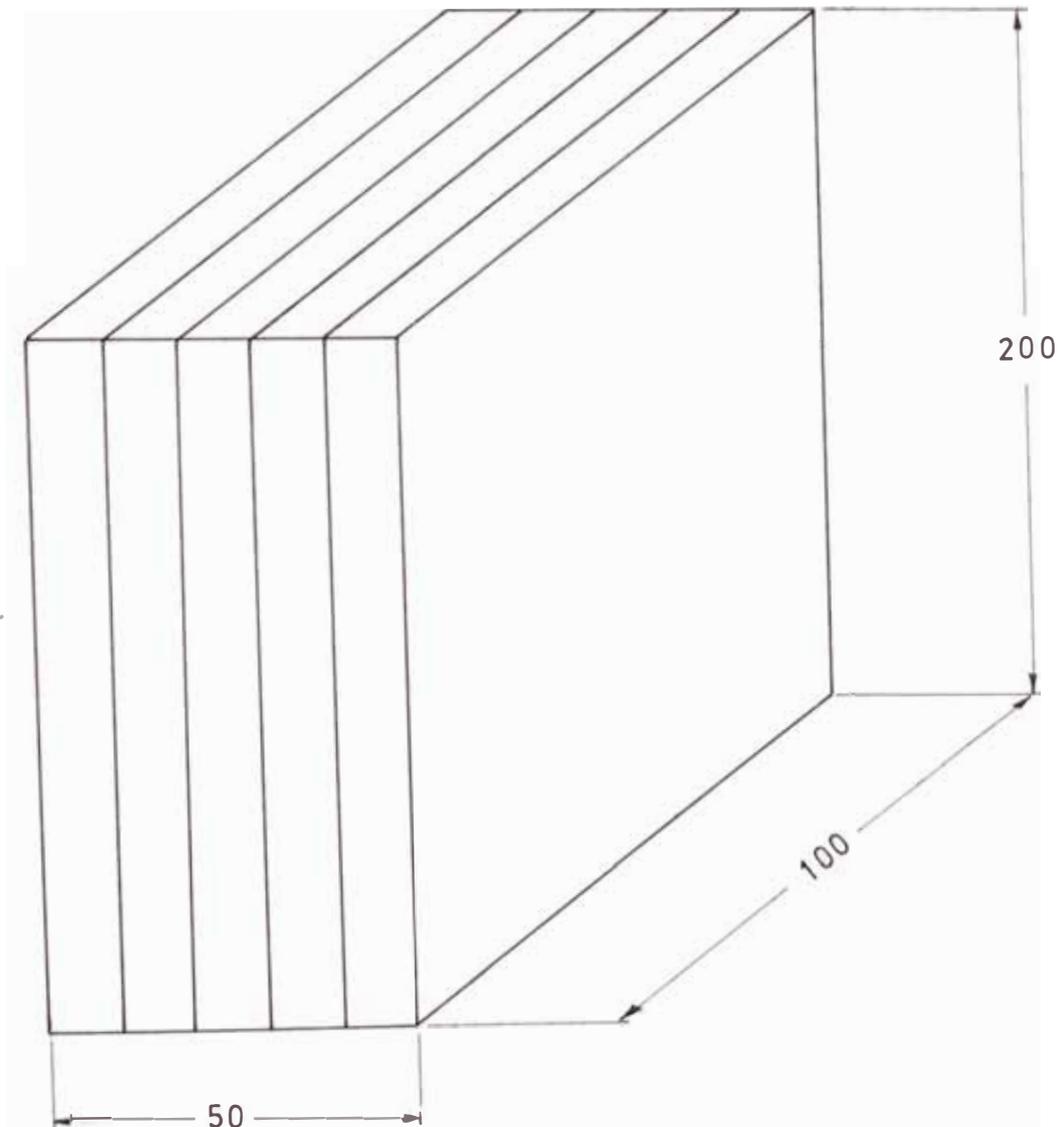
Las dimensiones de cada baldosa establecidas automáticamente son: $200 \times 100 \times 10 \text{ mm.}$, lo cual para formar un bloque cúbico, se tendrá una cantidad de:

2 en lado de 100 mm = $2 \times 100 = 200$ mm.

20 en lado de 10 mm = $20 \times 10 = 200$ mm.

TOTAL: $2 \times 20 = 40$ unidades.

Otra disposición muy cotizada en el cargado de las baldosas, con lo que se logra una buena cocción es el mostrada en la figura.



Bloque de 5 unidades de baldosas

Fig. 5.7

Esta segunda disposición permitirá obtener ventajas respecto al primero, sobre todo del punto de vista de las disposiciones, por lo que se optará por esta modalidad de carga de las baldosas, esto es formando bloques o cubos de 5 unidades.

Entre cada bloque de baldosas, se instalará ladrillos refractarios, de manera que queden separados entre bloques, según se muestra a continuación.

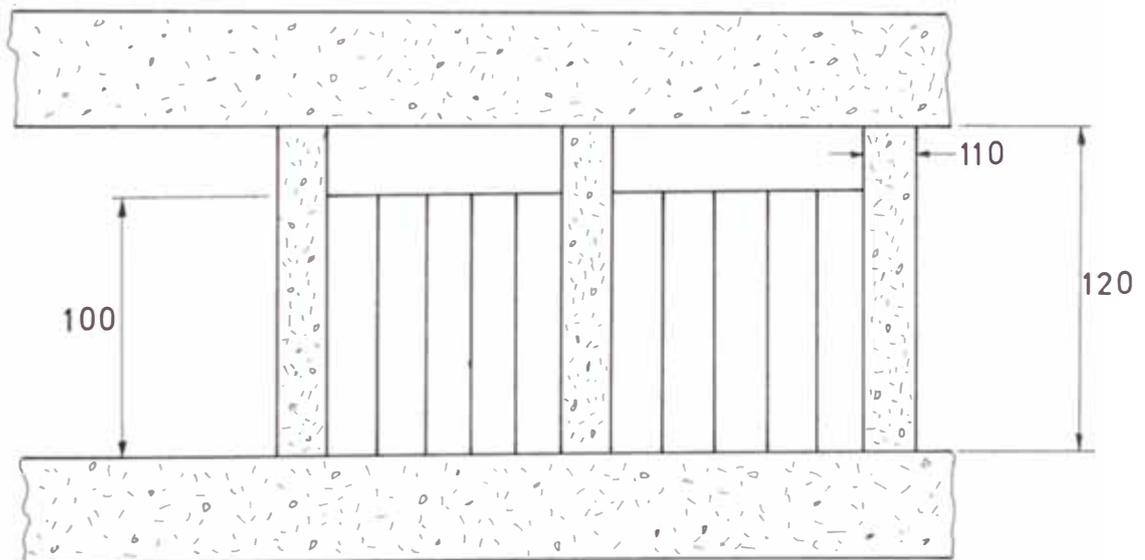


Fig. 5.8

Las placas divisoras están constituidas de ladrillos refractarios de 120 x 240 x 110, con características térmicas similares al del ladrillo REPSA.

Los espacios libres en la parte superior que se dejan tienen por finalidad permitir la circulación de los gases calientes, cubriendo prácticamente toda la carga, que permite a su vez una cocción uniforme.

En la figura 5.9 se muestra el esquema de la disposición de las cargas en el carro. Como se observa, el carro está constituido de 4 bloques independientes, de manera que cada uno pueda ser maniobrado libremente.

Cantidad de carga por Carro:

▣ Cantidad de Carga por Bloque:

Grupo de baldosas comprendidas entre placas refractarias: $n_1 = 5$

Cantidad de cubos de placas que cubran las 5 baldosas:

Longitud : 9

Ancho : 9

Altura : 11

Total de Cubos : $9 \times 9 \times 11 = 891$

∴ Número Total de Baldosas por Carro:

$$\begin{aligned} N &= n_1 \times 891 \\ &= 5 \times 891 = 4,455 \text{ unidades.} \end{aligned}$$

Como son 4 bloques:

$$4 \times 4,455 = 17,820 \text{ unidades.}$$

$$\begin{aligned} \text{Número de Carros} &= \frac{\text{Total Baldosas a Quemarse}^*}{\text{Total Baldosas/Carro}} \\ &= \frac{37,500}{17,820} = 2.1 \approx 2 \end{aligned}$$

* La cantidad de Baldosas a quemarse está considerando ya la columna del tiro, que deberá estar en el centro de cada bloque.

Luego se necesitarán dos carros de las mismas dimensiones y capacidades que cubrirán íntegramente con los requerimientos de la carga a coccionarse.

5.5 DESCRIPCION DEL PROCESO DE QUEMA.-

El proceso de quema, en una concepción exacta, está definido por informaciones prácticas de trabajos similares. Dicho proceso es particular según los parametros de operación, requeridos por el tipo de material a quemar.

Entre los componentes que constituyen las baldosas se encuentra el cuarzo, el cual dentro de su proceso de calentamiento tiene etapas críticas en su transformación de cambio de estado lo que influye en la constitución de las baldosas.

Las consecuencias inmediatas en un brusco cambio de temperatura es la presencia de un shock térmico, que se manifiesta por rajaduras en la superficie del material.

Entre algunas de las temperaturas crítica del cuarzo se tienen:

200 - 220^o C En Ascenso y Descenso.

500 - 550^o C En Ascenso y Descenso.

De todas formas en la etapa inicial del proceso de quema existen diferencias notorias del sistema de secado, por lo que es materia de varios ensayos, el aire de difusión o turbulencia esté al máximo y que

la válvula*, que ello depende de que a la masa del material en proceso se le tenga que extraer la mayor cantidad de humedad posible, para ello se necesita un determinado tiempo, que en este caso será de 20 horas promedio, de los cuales durante las primeras 14 horas, se calentará en forma gradual desde 20° C hasta 80° C con una atmósfera húmeda y una presión negativa, para luego continuar en las siguientes 6 horas, también en forma gradual de 80° C hasta 95° C concluida la etapa de secado, se tendrá la primera etapa en la cocción, que consiste en elevar desde 90° C hasta 200° C, en un tiempo de 2 horas.

A partir de este momento (y temperatura) se necesitará un incremento a razón de 30° a 50° C. A partir de este momento, se incrementará la temperatura en forma muy pequeña alcanzando el valor de 550° C en un tiempo de 2.5 horas.

Luego se continuará el ascenso en forma gradual hasta alcanzar la temperatura final de 1070° C. Esta temperatura fue obtenida después de varios ensayos, y se define como una temperatura de saturación del material, al final de este proceso, se obtendrá un contenido de humedad menor al 3%, según las recomendaciones del ITINTEC (Norma 0586/76/84).

En todo el proceso de ascenso de la temperatura en

* Controla está en apertura total. Luego a medida que se incrementa el ascenso se va cerrando, para ir quitando la atmósfera de humedad reinante

el horno la presión es positiva, el cual es controlado en forma automática mediante un diafragma y un servomotor, los que incrementará o disminuirá las posibles variaciones de presión, al encontrarse el horno en un proceso de ascenso de temperatura.

El proceso de saturación, que se ha considerado en 20 horas como valor promedio (por recomendaciones de hornos similares) permite coccionar las baldosas, en su punto máximo de cocción (1070°C) y en forma constante en este lapso de tiempo, a la relación temperatura de saturación versus tiempo, se le denomina "punto óptimo de cocción".

Luego a la saturación, viene el descenso de la temperatura, el cual se logrará con sumo cuidado, con el horno sometido a presión positiva (sobre la atmosférica), los quemadores apagados, y debe de controlarse el aire en una cantidad suficiente para controlar la temperatura en las etapas críticas ya descritas anteriormente.

El proceso de descenso dura 28 horas como promedio desde 1070°C (temperatura de saturación) hasta 400°C aproximadamente. A partir de esta temperatura se deja extraer el calor sin ingreso de aire fresco, siendo el material protegido por la radiación que envuelve a todo el contorno del material ya coccionado, este proceso se realiza quitando el calor, sin ingreso de aire durante de 6 a 8 horas, hasta alcanzar u

na temperatura de 60° C que es finalmente la temperatura a la cual sale las baldosas del horno. Esto se logra aperturando los pistones neumáticos de la puerta, desde luego se quita ingreso de aire quedando sólo una mínima absorción de aire.

En el cuadro Nº 5.5 muestra los valores del gráfico de quema, con los valores descritos anteriormente, y según el diagrama de quema similar. (Ver Gráfico Nº 5.1)

CUADRO Nº 5.5

SEGMENTO	PERIODO DE DURACION	TEMPERATURA Programada (°C)	CIERRE DE VALVULA AIRE (Difusión)
1	1,200 Minutos	20	
2	9,000 Segundos	200	Cerrar Nº 1
3	9,000 "	350	Cerrar Nº 2
4	3,600 "	500	Cerrar Nº 3
5	3,600 "	525	Cerrar Nº 4
6	3,600 "	552	Cerrar Nº 5
7	3,600 "	575	
8	9,900 "	600	
9	3,600 "	625	
10	3,600 "	660	
11	3,600 "	710	
12	3,600 "	758	
13	3,600 "	801	
14	3,600 "	858	
15	3,600 "	896	
16	3,600 "	936	
17	3,600 "	971	
18	3,600 "	1,001	
19	3,600 "	1,026	
20	3,600 "	1,046	
21	3,600 "	1,056	
22	3,600 "	1,066	Inicio Satur.
23	3,600 "	1,070	
24	9,000 "	1,070	
25	9,000 "	1,070	
26	9,000 "	1,070	
27	9,000 "	1,070	
28	9,000 "	1,070	
29	9,000 "	1,070	
30	9,000 "	1,070	Fin Saturac.
31	9,000 "	1,070	

Al alcanzar el segmento N° 32, de la curva de quemada, se apagará el horno automáticamente (se habrá alcanzado la temperatura y el tiempo óptimo de cocción).

La curva de descenso es como se muestra a continuación, en forma manual tan sólo con el aire de combustión. (Ver Gráfico 5.1)

PROCESO DE ENFRIAMIENTO (Procedimiento Individual)		
Tiempo (Hrs)	Temperatura (°C)	OBSERVACIONES
-	1070	
1	950	
2	920	- Cerrar válvula de aire (principales secundarias)
3	900	
4	850	
5	820	- Emparejar zonas (con válvulas principales)
6	780	
7	740	- Apertura de válvulas principales
8	720	
9	680	
10	640	
11	620	
12	600	
13	600	
14	600	
15	580	
16	560	
17	540	
18	520	
19	500	
20	480	
21	460	
22	440	
23	420	
24	400	
25	380	
26	360	
27	300	
28	260	- De activar pistones neumáticos de las puertas
29	220	
30	180	
31	150	- Apertura de puertas
32	140	
33	120	- Salida de carga.

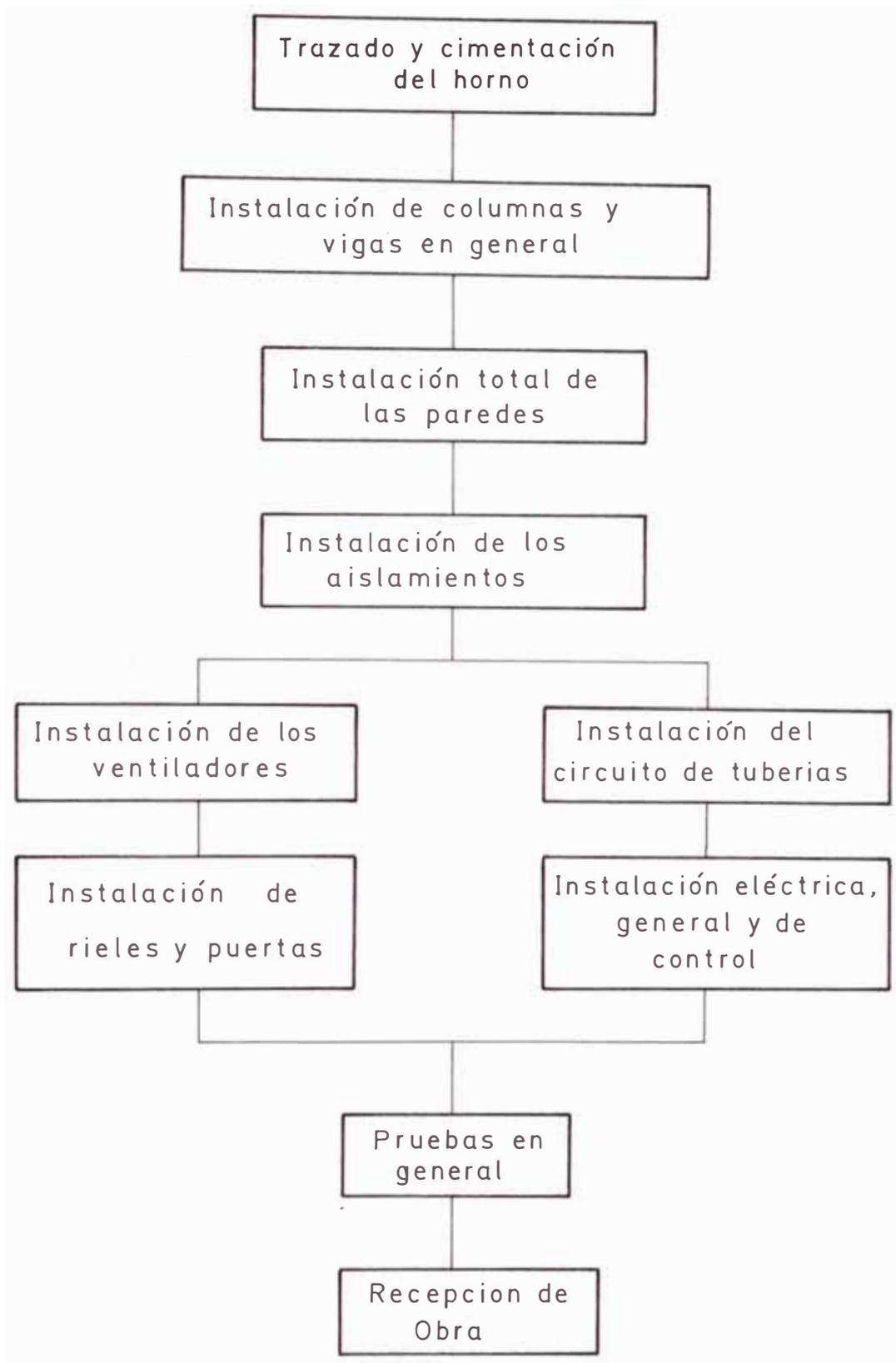


Diagrama de flujo de operaciones de montaje del horno

C A P I T U L O 6

MANTENIMIENTO PREVENTIVO REFERIDO AL MONTAJE

6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO REFERIDO AL MONTAJE.-

6.1 CRONOGRAMA GENERAL.-

Como toda actividad a llevarse a cabo, esta también deberá realizarse en base a un plan de actividades pre-establecidas, de manera que se obtenga el tiempo óptimo al menor costo requerible.

Los trabajos comprenderán básicamente al horno cerámico, consistente en:

- a) Ingeniería del Anteproyecto.
- b) Dimensionamiento General- Diseño del Horno.
- c) Montaje General del Horno.

- ▣ De Obras Civiles
- ▣ Obras Mecánicas y Eléctricas
- ▣ Pruebas.

- d) Recepción de Obra.

- a) Ingeniería del Anteproyecto:

Que viene a ser la primera actividad, consistente básicamente en hacer un estudio de prefactibilidad del proyecto, como es el estudio de merca-

do, abastecimiento de la materia prima necesaria para la elaboración del producto, disponibilidad de mano de obra y dirección técnica.

El estudio de mercado determinará la capacidad del horno, por cuanto se pretende abastecer la de manda, evitando las importaciones de los mismos. Por tratarse de un estudio de prefectibilidad, el cual estará a cargo de un grupo experto, esta actividad no estará considerado dentro del cronograma de actividades, y por ende no está incluido como parte del montaje del horno.

Al concluirse el estudio de mercado así como el aseguramiento para el abastecimiento de materia prima, se conocerán plenamente los parámetros pa ra el dimensionamiento del horno.

b) Dimensionamiento General - Diseño del Horno:

En función de la demanda nacional de baldosas ce rámicas, se establecerá la capacidad del horno, y como consecuencia el dimensionamiento del mismo.

El diseño del horno, que está a cargo del Departamento de Ingeniería, en función de la capacidad, comprenderá el dimensionamiento en función a los cálculos térmicos, la elaboración de los planos correspondientes y detalles de su montaje.

El diseño del horno comprenderá el aspecto térmico, que determinará su dimensionamiento, los cálculos mecánicos y estructurales, y las obras ci-

viles correspondientes. En los planos elaborados se especificará detalladamente el montaje del horno y sus anexos.

De acuerdo a las características del proyecto, y desarrollandose exclusivamente estos trabajos en el área técnico, estas actividades se desarrollarán íntegramente dentro del Departamento de Ingeniería.

Los trabajos a realizarse en esta oficina son:

- Cálculos térmicos y mecánicos y dimensionamiento del horno.
- Elaboración de los planos correspondientes a:
 - ▣ Obras Civiles: Montaje del Horno.
 - ▣ Instalación de Equipos Mecánicos: Tuberías, Ventiladores, Bomba de Combustible y Sistema de Control.
 - ▣ Plano de Instalación Eléctrica.
- Determinación del monto total de inversión en función al metrado correspondiente, y a los costos unitarios obtenidos del mercado.
- Establecer el cronograma de trabajo en base a un orden prioritario, permitiendo su secuencia

Por tratarse de un trabajo íntegramente de oficina y gabinete, que lo integra un personal calificado y técnico, se considerará, como la primera actividad a desarrollarse en el cronograma gene-

ral. El tiempo estimado para llevar a cabo todas estas actividades se considerará en 3 meses.

c) Montaje General del Horno:

Es la parte más importante dentro del cronograma general de actividades, que a su vez lo conforman:

c₁) Ejecución de Obras Civiles.-

Los trabajos y los tiempos requeridos de acuerdo a la secuencia de actividades definidas en el capítulo anterior, comprenden:

1º Preparación de la Base:

Compactación del terreno, y construcción de la base cuya área requerida para el horno es de $7.70 \times 3.8 = 29.0 \text{ m}^2$, el tiempo requerido en la preparación y construcción de la base se estimará en 15 días.

2º Construcción de las Estructuras de Contención del Techo:

Conformado por columnas de acero tipo W, y las bases o cimientos del mismo tiempo estimado: 18 días.

3º Construcción de las Paredes del Horno:

Cuya área total es de:

$$\begin{array}{rcl} 2 \times 7.05 \times 2.505 & - & 35.05 \text{ m}^2 \\ 2 \times 3.8 \times 2.505 & - & \underline{19.00 \text{ m}^2} \\ & & 54.05 \text{ m}^2 \end{array}$$

El tiempo estimado para el levantamiento de las paredes de ladrillo se considerará en 25 días.

4º Conformado del Techo:

Conformado de las vigas del techo y unión con las columnas correspondientes, tiempo estimado: 20 días.

5º Instalación de los Aislamientos:

Los aislamientos lana mineral y fibra cerámica vienen por capas de una pulgada de espesor, por lo que estas se instalarán en capas unas tras otras según las especificaciones en el plano, y unidas entre sí mediante juntas sujetadoras. Los aislamientos cubrirán íntegramente la parte interior del horno, y el techo por tratarse de un trabajo relativamente más fácil se considerará un tiempo total de 10 días.

Luego resumiendo se tiene los siguientes tiempos, en obras civiles:

Preparación y Construcción de Base:	15 días
Estructuras: Cimientos y Columnas	: 18 "
Construcción Paredes	: 25 "
Conformado del Techo (Perfiles y Planchas).	: 20 "
Instalación de los Aislamientos	: <u>10</u> "
TOTAL	: 88 días

Factor de simultaneidad entre actividades: cero por ser estas consecuencias entre sí (cada actividad). Incluye también conductos de salida de los gases calientes.

c2) Instalación de los Equipos Mecánicos.-

Comprenden estas todas las instalaciones para la operación del horno:

1º Instalación de las tuberías de la circulación del aire necesario en la combustión y el aire de turbulencia: 15 días

2º Instalación del equipo ventilador y motor de accionamiento del horno: 10 días.

3º Instalación del circuito de alimentación del combustible, con tubos 1/2" Ø, instalación de la motobomba, y los quemadores, tiempo estimado 10 días.

4º Instalación de la puerta y contrapeso, elementos de accionamiento (transmisión de movimiento) y sellantes. Este trabajo requiere de cierta precisión, por cuanto su hermeticidad no permitirá la fuga del calor al exterior, tiempo estimado: 15 días.

Luego el tiempo total requerido en estas actividades son:

Instalación Tuberías de Aire	: 15 días
Instalación del Motor y Ventilador	. 10 "
Instalación Conjunto Combustible	. 10 "

▣ Montaje Total Puerta de Acceso	: <u>15 días</u>
TOTAL	: 50 días

Factor de simultaneidad: por tratarse de actividades que no requieren de una secuencia necesaria, se considerará un factor de simultaneidad del 30%. Luego el tiempo neto utilizado será:

$$t = 0.70 (35) + 15 \text{ días}$$

$$= 37.50 \text{ días.}$$

c3) Instalación de los Equipos Eléctricos y Eléctro
nicos.-

Entre los equipos eléctricos se tienen a los conductores TW, en general, tablero de control y manobra, y el sistema de puesta a tierra cons - trucción del pozo de tierra, instalación de la red de tierra y los electrodos correspondientes se necesitan 15 días. Los equipos electrónicos lo constituyen los controladores de la curva de quema: serán 10 días. Se considerará un tiempo de 20 días en total, con un factor de simultaneidad de 20%. $t = 0.8(25) = 20 \text{ días.}$

c4) Pruebas en General.-

Las pruebas a realizarse será con el horno cargado, esto es, lleno de baldosas, de modo que a los rangos de temperatura de calentamiento, coc ción y enfriamiento previamente establecidos, de termine la curva de quema del material en las condiciones requeridas.

Los tiempos versus temperatura probadas determinarán finalmente la curva de quema real u óptima detallada en el capítulo anterior.

Como quiera que cada proceso de quema emplea un total de 96 horas (4 días) se requerirá por lo menos de tres pruebas antes de establecer el proceso definitivo de curva de quema, lo que con los intervalos necesarios requerirá de un tiempo de alrededor de 20 días.

d) Recepción de Obra.-

Finalizado todas las actividades de instalación y montaje del horno, y establecidas las pruebas correspondientes, se procederá finalmente a la recepción de obra que será la parte final en las actividades del proyecto y construcción del horno.

Durante la recepción de obra, se verificará que todas las pruebas se hayan realizado correctamente, de manera que quede plenamente garantizado su operación.

La recepción de obra no requieren de mucho tiempo por lo que se estimará un tiempo de 10 días.

Luego en función a los tiempos establecidos por actividad y a la secuencia de actividades necesarias a realizarse se desarrolla el cronograma general de trabajos correspondientes al montaje del horno.

Las secuencias de actividades indicadas por los subpuntos a, b, c, y d se deben cumplir necesariamente por cuanto obedecen a un orden lógico en este proyecto específico.

El gráfico N° 6.1 muestra el cronograma general de actividades, según el orden establecido, y la superposición indica el grado de simultaneidad - que pueden tomarse en cuenta.

Del gráfico N° 6.1 se tiene que el tiempo total requerido para llevar a cabo las actividades que incluye los trabajos de oficina ascienda a 36.5 semanas (9.12 meses).

6.2 ELABORACION DEL SISTEMA DE INFORME DE FALLAS.-

Como todo proceso industrial para la elaboración de un producto, en este caso, el informe de fallas será necesario su registro, de manera que en función a ello, se puedan corregir y reajustar oportunamente los parámetros del proceso.

Los reportes de fallas debe presentarse bajo dos puntos de vista.

▣▣▣ Reporte de Fallas Durante el Proceso de Quema.

▣▣▣ Reporte de Fallas de las Baldosas ya Cocidas.

a) Reporte de Fallas Durante el Proceso de Quema.-

Durante el proceso de quema, el sistema de control de la cocción, con los parámetros de temperatura versus tiempo son muy importantes, pues es

to determinará la calidad del producto. Las variaciones en este parámetro (tiempo y temperatura), es una consecuencia de una operación defectuosa tanto del suministro de combustible, como en el suministro de aire.

- En el suministro de combustible, las fallas que normalmente se presentan son:
 - ▣ En la Bomba.
 - ▣ En los Filtros de Combustibles.
 - ▣ En el Circuito de Tubería.
 - ▣ En los Inyectores.

Las fallas en estos equipos que por lo general origina deficiencias en el suministro de combustible, deberán ser reportadas convenientemente, a fin de establecer un mantenimiento preventivo.

Los manómetros del combustible instalados en el circuito principal deberán registrar una presión promedio de 15 PSI como máximo de 30 PSI.

- Suministro de Aire:

En este caso la posibilidad de fallas son menos probables, por cuanto, el suministro de aire a una presión de 16 onzas por pulg², (1 PSI), y en condiciones limpias, en tuberías de 4" Ø. originan bajas velocidades de suministro, lo mismo se requerirá preventivamente limpieza de quemadores y válvulas de aire.

b) Reporte de Fallas en los Productos.-

Después de las operaciones en el horno, una vez enfriado el horno, se procederá al descargado de las baldosas y su respectivo almacenamiento.

Para su comercialización, estos productos deberán ser debidamente controlados en su calidad, de manera que otros no presenten porosidades, rajaduras y deformaciones.

Los productos de calidad defectuosa serán clasificados según su grado de complejidad, mientras que los de buena calidad serán también clasificados. Luego considerando un lote de carga de baldosas cocidas, de cantidad N (unidades) se obtendrán las siguientes clasificaciones:

x = Productos de buena calidad, superior al 65% del total.

y = Productos de segunda calidad, con ligeros defectos : 20 al 25%, comerciables a un costo menor.

z = Productos con baja calidad, defectos muy notorios: 10 a 15%, estos deberán ser deshechados de su comercialización.

Estas recomendaciones, fueron tomadas del programa económico de la ONUDI (Organización de las Naciones Unidas) 1984, como referencia para mantener una rentabilidad de la fábrica, desde el punto

to de vista de la calidad de los productos.

En los cuadros N° 6.1 y N° 6.2 se presenta una hoja de reportes, para el control de los productos, como el reporte de fallas durante la operación.

- En el cuadro N° 6.1 se tiene:

x = Cantidad de baldosas en buena calidad y comerciables como buen producto superior al 65% del total cocido.

x_1 x_2 x_3 x_4 y x_5 = Cantidad de baldosas con defectos pocos notorios, según sean los casos, y comerciables como de segunda calidad, su porcentaje representará entre un 20 a 25% (deberá buscar reducirse este valor).

y_1 y_2 y_3 y_4 y y_5 = Piezas con alto grado de defecto según sean los casos, por lo que estas no podrán ser comercializadas. Su porcentaje no podrá superar el 15% del total, de lo contrario habrá que realizarse un reajuste en las operaciones del horno.

- Del cuadro N° 6.2 se tiene una hoja de reporte mensual del grado de operación de los diferentes equipos que componen en el horno.

La denominación B, significa que la operación o el estado del equipo es bueno.

La denominación D, significa que es defectuoso motivo por el cual se establecerá la corrección necesaria.

El reporte será diario, cuando el horno se encuentre en operación, y estará a cargo del personal encargado para la operación del horno.

Estas anotaciones permitirá realizar los mantenimientos cuando el horno se encuentre "parado", de manera que para su próximo encendido quede completamente listo.

Debe tenerse en cuenta que estos reportes originan un mínimo costo, pero que sirve para preveer mayores fallas en la unidad o en los productos.

Cuadro N° 6.1

REPORTE DE FALLAS DE BALDOSAS

Fecha

CALIDAD DEL PRODUCTO		CANTIDAD REGISTRADA	OBSERVACIONES
Piezas Buenas		x	
PIEZAS DEFECTUOSAS 2da CALIDAD	Con Porosidades	x_1	
	Con Rajaduras	x_2	
	Deformaciones	x_3	
	Quemadas	x_4	
	Crudas	x_5	
PIEZAS DEFECTUOSAS MALA CALIDAD	Porosidad	y_1	
	Rajaduras	y_2	
	Muy Quemada	y_3	
	Crudas	y_4	
	Deformaciones	y_5	

CRONOGRAMA GENERADO DE MONTAJE

DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	DETALLE DE ACTIVIDAD	TIEMPO TOTAL ESTIMADO (DIAS)
Ejecución de Obras Civiles	a. Preparación y Construcción de Base b. Estructura: Cimientos y Columnas c. Construcción de Paredes d. Conformado del Techo e. Instalación de los Aislamientos	15 días 18 " 25 " 88 Días 20 " 10 "
Instalación de los Equipos Mecánicos.	f. Instalación Tuberías de Aire g. Instalación del Motor y Ventilador h. Instalación Conjunto Combustible i. Montaje Total Puerta de Acceso	15 días 10 " 10 " t = 0.70 (35) + 15 15 " t = 37.5 Días
Instalación de los Equipos Eléctricos y Electrónicos Pruebas en General	j. Instalaciones Eléctricas k. Instalación Electrónico Determinación de la Curva de Cocción	15 t = 25 x 0.8 = 20 10 días 20 días

C A P I T U L O 7
EVALUACION ECONOMICA

7. EVALUACION ECONOMICA.-

7.1 INVERSIONES.-

7.1.1 Terreno.-

Los costos por adquisición del terreno, teniendo en cuenta que la planta estará ubicada en una zona periférica de la ciudad de Lima, tendrá un costo según lo siguiente:

Costo Unitario: I/. 600.00/m²

Area total de la planta en general:

▣ Zona de Almacenamiento de Materia Prima:	300 m ²
▣ Fabricación de Baldosas	: 240 m ²
▣ Horno	: 60 m ²
▣ Almacenamiento de Productos	: 120 m ²
▣ Oficinas, Almacenes y Otros	: <u>160 m²</u>
	880 m ²

Costo del Terreno:

$$C_1 = 880 \times 600 = \text{I/. } 528,000.00$$

7.1.2 Costos por Obras Civiles.-

Estos costos estarán referidos al horno propiamente. Las dimensiones del horno permitirán conocer aproximadamente la cantidad de ladrillos rojos, cemento, y otros materiales que son necesarios para la constitución de las paredes, columnas, base, etc., que conforma el horno:

▣ Total ladrillo rojo: 10,000 unidades (10 millares).

Costo unitario por millar de ladrillo

I/. 4,000/millar.

Costo total ladrillos $4,000 \times 10 =$ I/. 40,000

▣ Concreto armado: hormigón y concreto:

Costo por columna : I/. 24,000

Número de Columnas : seis

Costo Total de Columnas : $6 \times 24,000 = 144,000.00$

▣ Vigas de Construcción : Total I/. 36,000.00

7.1.3 Maquinarias y Equipos.-

a) Estructuras Metálicas.-

Las estructuras metálicas; incluyen en estas - las vigas y columnas, y demás refuerzos que conforman el horno. Los costos estarán expresados en forma unitaria (por metro de longitud), según los costos obtenidos de la Empresa Siderurgica de Chimbote.

- Perfil \square 4 x 5.4, acero A-36

Costo por Viga : I/. 16,200 (viga de 6 metros).

Longitud Total : 16.4 m.

$$\text{Total } \square 4 \times 5.4 : 16.4\text{m} \times \frac{16,200}{6\text{m}} \text{ Intis}$$

$$= \text{I/. } 44,280$$

- Perfil \square 6 x 10.5 acero A-36

Costo por Viga : I/. 16,500 (viga de 6 metros).

$$\text{Longitud : } 16.8 \text{ m} \times \frac{16,500}{6} = 46,200$$

- Perfil \square 4 x 9.5 A-36

Costo por viga de 6 metros I/. 16,800

Longitud total perfil 20.8m.

$$\text{Costo Total } 20.8 \times \frac{16,800}{6} = 58,240 \text{ Intis}$$

- Perfil M 4 x 4 x 13 acero A-36

Costo total por viga de 6m. I/. 17,200

Longitud del perfil 24 m.

$$\text{Costo total : } 17,200 \times \frac{24 \text{ m}}{6\text{m}} = \text{I/. } 68,800$$

Otras estructuras como planchas de apoyo, ferreterías, estructuras que conforman la puerta, carriles que conforman la rodadura y los carros propiamente para la contención y transporte de las baldosas, se detallan directamente en el cuadro de costos A-1.

b) Aislamientos:

Lana mineral y fibra cerámica.

- Lana mineral : 1 pulgada de espesor.

Cantidad : 36.2 m^2 de aislamiento

Volumen del Aislamiento: 36.2×0.0254
 $= 0.919 \text{ m}^3$

Densidad de lana mineral : 130 Kg/m^3

Peso Total : $0.919 \times 130 = 119.47 \text{ Kg}$.

- Fibra cerámica : área total : 36.2 m^2

Espesor del aislamiento: $0.0254 \text{ m} \times 3 = 0.0762$

Volumen: $0.0762 \times 36.20 = 2.758$

Peso: $2.758 \text{ m}^3 \times 132 \text{ Kg/m}^3 = 364.05 \text{ Kg}$

Para el Techo se tendrá:

- Lana mineral:

Total área : 24.2 m^2

Espesor 3" (0.0762 m)

Volumen: $24.2 \times 0.0762 = 1.844 \text{ m}^3$

Peso : $130 \times 1.844 = 239.72$

- Fibra cerámica : 3" (0.0762 m)

Volumen : $24.2 \times 0.0762 = 1.844 \text{ m}^3$

Peso : $132 \times 1.844 = 243.4 \text{ Kg}$

Total peso de Aislamientos en el Horno:

- Lana Mineral : $119.47 + 239.72 = 359.10 \text{ Kg}$.

- Fibra Cerámica: $364.05 + 243.40 = 607.45$

c) Costos de Equipos:

Los costos de equipos y materiales como son ventiladores, quemadores, tuberías, equipos eléctricos y electrónicos se detallarán directamente en el cuadro de costos A-1.

7.1.4 Ampliaciones de Sistemas en la Planta.-

El diseño del horno, propiamente dicho deberá mantener su diseño inicial, pues su capacidad está definido por su potencia térmica, esto es por la cocción de un cierto número de baldosas (en este caso de 37,500 unidades) en un determinado tiempo de cocción. Sin embargo, la planta de elaboración de las baldosas deberá acondicionarse a los requerimientos de los productos en el mercado. Así se tiene que las maquinarias fabricadoras de estos productos deberán de acondicionarse, o ampliarse a fin de estar capacitados en los trabajos requeridos.

Sin embargo la capacidad del horno será el mismo. Los tiempos de cocción para el caso de baldosas serán prácticamente similares, aún para diferentes tamaños, por cuanto su constitución será el mismo.

Los costos por ampliaciones en el sistema de planta, se estimarán en un 20% de lo referente a las inversiones requeridas en el horno

que según el cuadro de costos A-1, se presentará:

C_2 = Costos por ampliaciones de planta

C_2 = 0.20 x 2'598,754 Intis

= 519,750 Intis

7.1.5 Otros Activos.-

Otros costos no considerados dentro de los rubros anteriores se incluirán a:

||| Costos por Transporte, Manipuleo de Materiales y Equipos.

||| Gastos Imprevistos.

||| Gastos Administrativos y Dirección Técnica.

a) Costos por Transporte y Manipuleo de Materiales y Equipos:

El transporte de materiales y equipos para el equipamiento del horno requiere de un costo por el concepto, del mismo modo el manipuleo: cargío y descargue y almacenamiento.

b) Gastos Imprevistos:

Los gastos imprevistos son considerados a todos aquellos que se presentan durante el montaje del horno, tales como, el replanteo y redistribución de instalaciones de acuerdo a los requerimientos actuales, del mismo modo el reemplazo de piezas defectuosas que pueden presentarse durante el manipuleo respectivamente.

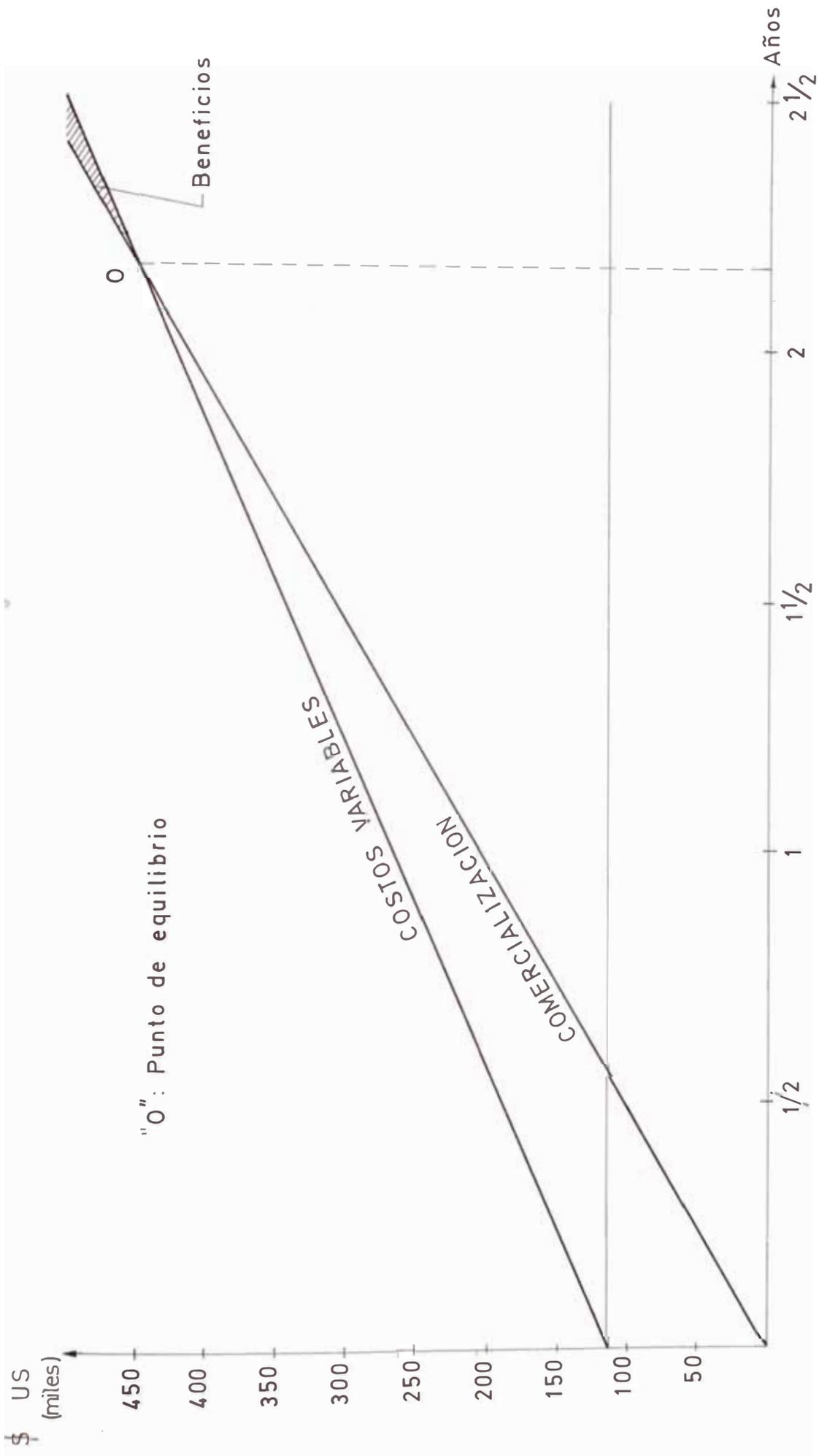


GRAFICO N° 7.1 COMPARACION DE COSTOS

tivo.

c) Gastos Administrativos y Dirección Técnica:

En lo concerniente a la elaboración de planos para el montaje, gastos administrativos del movimiento del personal, y distribución del mismo, así mismo, la Dirección Técnica necesaria para el montaje del horno.

Según proyectos similares, estos costos representan un porcentaje del monto total de materiales y equipos, cuyo valor se considerará en un 30% correspondiente, esto es:

$C_3 =$ Costos por otros activos.

$$C_3 = 0.30 \times 2'598,754 = 779,626 \text{ Intis}$$

Luego, el monto total de inversión requerido en el horno ascenderá a:

⌘ Materiales y Equipos	2'598.754 Intis
⌘ Ampliación de Planta	519,750 "
⌘ Otros Activos	779,626 "
Total	3'898,130 Intis

7.2 COSTOS.-

7.2.1 Costos de Fabricación.-

Los costos de fabricación estarán referidos a los correspondientes a mano de obra e insumos para el montaje.

Los costos de mano de obra necesarios para la

instalación y montaje del horno. estarán en función al costo por hora hombre. Para determinar el costo por hora hombre, de acuerdo a las características del trabajo, se analizará en función a los tipos de personal a utilizar se:

1º Personal oficial, o de primera, que forma el personal con pleno conocimiento de los trabajos (albañiles, mecánicos y electricista).

2º Ayudantes, u oficial de segunda, que será los colaboradores del personal oficial o especialista.

Para determinar el costo por hora hombre, se basan en los sueldos y salarios vigentes. En el cuadro siguiente se dan los sueldos y salarios vigentes, según decreto supremo Nº 0356-1064/87, vigentes al mes de julio del presente año.

Del cuadro de sueldos y salarios, y para establecer el costo promedio, se considerará que por cada personal técnico se empleará dos personales de segunda o ayudantes

CUADRO DE SUELDOS Y SALARIOS VIGENTES POR JUSTIFICAR

DESCRIPCION	Oficial de Primera I/.	Oficial de Segunda I/.
- Sueldo D.S. 0356 - 1064/87	11,453	7,765
- Bonificaciones por Beneficios Sociales 8%	916	621
- Otras Asignaciones 2%	229	155
TOTAL	12,598	8,541

$$\text{Sueldo Promedio} = \frac{12,598 + 8541 \times 2}{3}$$

$$= 9,894 \text{ Intis}$$

Para un total de horas mensuales de:

30 x 8 = 240 horas/mes. se tiene:

Costo de hora hombre promedio: HrH

$$\text{HrH} = \frac{9,894 \text{ Intis}}{240 \text{ hr}} = 41.23 \text{ I/hor}$$

Las horas hombres para las actividades en el montaje se considerarán de la forma siguiente:

a) Obras Civiles y Materiales:

- Construcción de Columnas 600 Horas Hombre
- Trazado y Armado de Estructuras Metálicas 720 " "
- Construcción de las Paredes 900 " "

- Conformado del Techo	800	Horas	Hombre
- Instalación de Aislamientos	400	"	"
- Construcción de Ductos	400	"	"
- Instalación de Rieles en Piso	500	"	"
SUB-TOTAL	4.320	Horas	Hombre

b) Instalación de Equipos:

- Instalación Tuberías 5" Ø	400	Horas	Hombre
- Montaje de Ventiladores	100	"	"
- Tubería y Bomba Petróleo	200	"	"
- Sistema Eléctrico en General	500	"	"
- Sistema de Control Electrónico	350	"	"
- Montaje de Puertas	500	"	"
SUB-TOTAL	2,050	Horas	Hombre

c) Pruebas en General 240 Horas hombre

Total horas hombres:

▣ Obras Civiles y Materiales	4,230	Horas	Hombre
▣ Instalación de Equipos	2,050	"	"
▣ Pruebas en General	240	"	"
TOTAL HORAS HOMBRE	6,610	Horas	Hombre

Luego los costos totales por hora hombre será según estos:

C_4 = Costos por horas hombre:

$$C_4 = 6610 \text{ hor hom} \times 41.23 \frac{\text{Intis}}{\text{HorHomb}}$$

$$= 272,530 \text{ Intis}$$

Finalmente los costos totales para la instalación del horno será:

- Inversión Fija y Materiales y Equipos	2'598,754 Intis
- Ampliación de Planta	519,750 "
- Otros Activos	779,626 "
- Costos por Fabricación	<u>272,530</u> "
	4'170,660 Intis

Para un cambio oficial \$1 US = 37.50 Intis se tiene: (Agost. '87).

$$\text{Costo Total} = 4'170,660 / 37.5 = \text{U.S. } 111,218$$

Financiamiento:

De acuerdo al monto total requerido para la construcción del horno, y teniendo en cuenta que es una industria de amplio servicio a la sociedad, el financiamiento se puede canalizar a las entidades financieras estatales como el Banco Industrial del Perú, cuyos montos de financiamiento alcanzan hasta U.S. 1'000,000, con plazos hasta 10 años y tasas anuales no amortizables del 10%.

COFIDE o Corporación Financiera de Desarrollo, que financia inversiones en proyectos de desarrollo, por montos mayores al Banco Industrial.

La Banca Privada, que también puede financiar inversiones de este tipo, bajo fianza, pre-establecida, y tasas de intereses similares a las del Banco Industrial.

7.2.2 Costos de Operación.-

Los costos de operación están referidos a los requeridos a la elaboración del producto, que comprenden, insumos para la fabricación, su proceso de fabricación, y la cocción respectiva.

a) Insumos de Fabricación:

Los insumos utilizados para la fabricación de las baldosas son:

- Arcilla P.C.H. de calidad malla 60, que se adquiere en bolsas de 45 Kg en una proporción en peso de 170 Kg por 250 Kg de mezcla total (en seco).
- Betonita en polvo: 25 Kg por 250 Kg de mezcla total.
- Arcilla L G, malla 18, en proporción de 35 Kg por 250 Kg de mezcla total.
- Chamote, en una proporción de 20 Kg por 250 Kg de mezcla total.

Costo unitario de estos insumos, según agregados calcareos S.A. uno de los mayores provee-

dores:

Arcilla P C H	I/. 130 Intis x 50 Kg
Arcilla L G	I/. 120 Intis x 50 Kg
Betonita	I/. 210 Intis x 50 Kg
Chamote	I/. 160 Intis x 50 Kg

Luego los costos unitarios, puestos en planta serán:

Arcilla P C H	$130/50 = 2.5$ Intis/Kg
Arcilla L G	$120/50 = 2.4$ "
Betonita	$210/50 = 4.2$ "
Chamote	$160/50 = 3.2$ "

Luego los costos por cada 10m^2 de baldosas (250 Kg) serán:

Arcilla P C H	$2.6 \times 170 =$ I/. 442.00
Arcilla L G	$2.4 \times 35 =$ I/. 84.00
Betonita	$4.2 \times 25 =$ I/. 105.00
Chamote	$3.2 \times 20 =$ I/. <u>64.00</u>
	I/. 695.00

Correspondiendo entonces un costo unitario de

$$\text{Costo Unitario: } \frac{695 \text{ Intis}}{10 \text{ m}^2} = \frac{\text{I/. } 695}{500 \text{ bal}} = 1.39 \text{ I/bal}$$

Que corresponde a los costos por insumos para la constitución de las baldosas

b) Costo por Personal de Producción:

El personal utilizado tanto en la fabricación

de las baldosas como en la cocción del mismo se consideran en:

- Personal Obrero Estable 12
- Personal Técnico y Administrativo : 10

Los sueldos correspondientes, en trabajo estable serán:

- Obrero : I/. 7,876.00/mes
- Empleado : I/. 10,870.00/mes

Los costos totales por este concepto serán:

- Obrero : 12 x 7,876 94,512 Intis.mes
- Empleado : 10 x 10,870 = 108,700 Intis/mes
- 203,212 Intis/mes

c) Costos por Consumo de Energía:

De acuerdo a las estadísticas efectuadas en hornos similares, se tiene que el valor mensual o costo mensual es de I/. 4.00 por m² de baldosa mensual. Luego, tomando este valor se tendrá:

$$\begin{aligned} \text{Costo por Hornada} &= 750\text{m}^2 \times 4 \text{ I/.}/\text{m}^2 \\ &= 3,000 \text{ Intis/hornada} \end{aligned}$$

o también en costo unitario

$$\begin{aligned} C &= \frac{4.00 \text{ Intis}}{2} = \frac{\text{I/. } 4.00}{50 \text{ baldosas}} \\ &= 0.08 \text{ Intis/baldosas} \end{aligned}$$

Comercialización:

La capacidad del horno es de 750 m², e igual a

37,500 unidades baldosas, como quiera que la operación del horno es en forma intermitente, se considera que aproximadamente se realizan 5 hornadas por mes, lo que implica que cada hornada, incluido las etapas de enfriamiento y calentamiento será:

$$\frac{30 \text{ días/mes}}{5 \text{ hor/mes}} = 6 \text{ días/hor.}$$

Total baldosas producidas:

$$\begin{aligned} \frac{750 \text{ m}^2}{\text{hor}} \times \frac{5 \text{ hor}}{\text{mes}} &= 3750 \text{ m}^2/\text{mes} \\ &= 187,500 \frac{\text{baldosa}}{\text{mes}} \end{aligned}$$

Precio de venta:

Teniendo en cuenta el precio de venta de fábricas similares se tiene, que el precio de venta de las baldosas en mención es de 175 intis/m², que incluye impuestos con lo cual el monto total de comercialización será:

$$\begin{aligned} \text{Comercialización} &= \text{I/. } 175 \times 3750 \\ &= 656,250 \text{ Intis/mes} \\ &= 656,250/37.50 = 17,500 \text{ US/mes} \\ &= 210,000 \text{ U.S/año} \end{aligned}$$

7.3 ANALISIS COMPARATIVO.-

La comparación económica consistirá en considerar el precio de venta o comercialización, frente a los costos totales necesarios para la obtención del producto.

Los costos de obtención son:

- Insumos de Fabricación: 1.39 Intis/ baldosa

Total mensual : 1.39 x 187,500 baldosas
= 260,625 Intis/mes

- Costo por consumo de energía mensual:

Costo por hornada : I/. 3,000

Costo mensual : 5 x 3,000 = 15,000 Intis

Luego los costos totales mensuales por fabricación de baldosas serán:

- Materiales e Insumos	:	260,625 Intis
Consumo de Energía	:	15,000 "
Personal de Producción	:	<u>203,212 "</u>
TOTAL	:	478,837 Intis

A esto se deberá incrementar un 5% por concepto de otros gastos: combustibles, agua, empleo de maquinarías, etc., luego el costo total de fabricación sera:

$C = 1.05 \times 478,837 \text{ Intis}$
502,779 Intis/mes

Costos por Mantenimiento:

Estos costos representan una cantidad relativamente

menor respecto a los costos de fabricación: las maquinas y equipos componentes no representan mayores costos en mantenimiento, por cuanto estos no requieren de programas definidos, excepto al sistema del circuito de combustible: bomba, filtros y los inyectores. Estos costos se podrán estimar en un 5% de los costos de fabricación.

$$O \text{ sea: } 0.05 \times 502,779 = 21,138$$

Los costos totales variables serán entonces:

$$\begin{aligned} \text{C.V.} &= 502,779 + 21,138 = 523,917 \text{ Intis/mes} \\ & \qquad \qquad \qquad 13,704 \text{ U.S./mes} \\ & = 164,448 \text{ U.S./año} \end{aligned}$$

En el gráfico N° 7.1 se determina la rentabilidad del horno. una vez puesto en operación dicho horno. De dicho gráfico se tiene que el punto de equilibrio (punto 0) se encuentra a 2 años 7 meses después de la operación del horno, esto quiere decir que a partir de los 2 años y siete meses de operación del horno y la respectiva comercialización de los productos, se podrán obtener los beneficios por producción de las baldosas.

O NOTA

En el monto de inversión total para la construcción del horno, no se ha considerado dentro del financiamiento, los intereses y amortización respectiva, lo cual elevaría ligeramente los costos fijos C.F. del horno

CUADRO A-1 COSTO DE MATERIALES Y EQUIPOS

Nº	DESCRIPCION	METRADO		Costo U- nitario I/.	Costo Par- cial I/.
		Unid.	Cant.		
01	Adquisición del Terreno <u>Obras Civiles</u>	m ²	880	600	528,000
01	Ladrillo Rojo	mill.	10	4,000	40,000
02	Concreto Armado	Unid.	6	24,000	144,000
03	Vigas de Construcción			36,000	36,000
					748,000
	<u>Estructuras Metálicas</u>				
05	Perfíl 4 x 5.4 A-36	m.	16.4	16200/6	44,280
06	Perfíl 6 x 10.5 A-36	m.	16.8	16500/6	46,200
07	Perfíl I 4 c 9.5 A-36	m.	20.8	16800/6	58,240
08	Perfíl IM 4 x 4 x 13 A-36	m.	24	17200/6	68,800
09	Plancha 8" x 8" x 1/4" A-36	Pza.	6	300	1,800
10	Conjunto Puerta de Contra- peso y Accionamiento	Pza.	1	115,000	115,000
11	Otros, Ferreterias en Gene- ral			36,000	36,000
					370,320
	<u>Aislamientos</u>				
12	Lana Mineral	Kg.	359.19	150	53,879
13	Fibra Cerámica	Kg.	607.45	160	97,192
					151,071
	<u>Equipos y Maquinarias</u>				
14	Ventilador Centrífugo	Unid.	1	62,000	62,000
15	Extractor Centrífugo	Unid.	1	54,000	54,000
16	Queimador Hauck Nº 779 Jue- go Completo	Pza	10	13,500	135,000
17	Tuberías 5" Ø F ^o Galvani- zado	m.	14.8	500	7,400
	continua/				

Nº	DESCRIPCION	METRADO		Costo Unitario I/.	Costo Parcial I/.
		Unid	Cant.		
	/.....				
18	Tubos de 10" Ø, expansión	m.	5.2	760	3,952
19	Accesorios en General para Tubería de 5" Ø			15,750	15,750
20	Tubería 1/2" Ø F ^o Negro	m.	26.8	40	1,072
21	Bomba de Combustible con motor 1/3 HP.	Pza.	1.0	22,000	44,000
22	Motor Eléctrico 27.5 HP, 2,950 RPM	Pza.	2	62,000	124,000
23	Cables 16 mm ² plastotene	m.	18	60	1,080
24	Cables 10 mm ² y 1.5 mm ² Plastotene	m.	60 c/u	40	2,400
25	Equipos de Control Electrónico en General			364,000	364,000
26	Equipos de Medición 440/220 y 110 voltios			42,000	42,000
27	Tablero de Control Eléctrico	Pza.	1	30,500	30,500
28	Carros Transportadores de Baldosas Cerámicas (conjunto)	Pza.	2	76,400	152,800
29	Sistema, Puesta a Tierra			15,400	15,400
30	Motor de 18.5 HP, 2,900 RPM	Pza.	2	60,000	120,000
31	Motor Eléctrico 18 HP, 2,900 RPM.	Pza.	1	50,000	50,000
32	Ventilador Centrífugo (Difusión)	Pza.	2	52,004.5	104,009
					1'329,363
	TOTAL I/.				2'598,754

CONCLUSIONES

- 1º Con la instalación de un horno para la capacidad de 750 m² de baldosas, se cubrirá con los requerimientos de la demanda nacional, de manera que se disminuyan o eliminen las importaciones por este concepto.
- 2º La instalación del horno en una zona periférica de la ciudad, y más propiamente dicho en una zona próxima a yacimientos mineros no metálicos capaces de abastecer materia prima a la planta, permitirá bajar los costos por materia prima, así como evitar la contaminación ambiental de la ciudad.
- 3º La construcción del horno, fundamentalmente las estructuras metálicas (vigas en general), tuberías, ventilador, y las obras civiles correspondientes, utilizarán material íntegramente nacional, mientras que los equipos electrónicos de control, quemadores y los aislamientos, se tendrán que importar necesariamente.
- 4º El empleo de cinco pares de quemadores, distribuidos uniformemente en el horno, permitirá una mayor uniformidad en el calor, a la vez el aire secundario, o de tur-

bulencia ayudará a esta uniformidad en el calor.

- 5º En el análisis comparativo, se ha establecido que al cabo de 2 años y 7 meses, prácticamente se estaría obteniendo las rentabilidades netas, esto es justificable si se tiene en cuenta que la vida útil de un horno de estas características son superiores a quince años.
- 6º El sistema de control electrónico para la quema del horno, permitirá obtener un producto en las mejores condiciones y de buena calidad en beneficio de una mejor rentabilidad.

BIBLIOGRAFIA

1. CATALOGO DE QUEMADORES.
International Hauck Chicago 1971.
2. CENTRALES TERMOELECTRICAS
J. Ramírez V. Ed. C.E.A.C
3. CERAMICA INDUSTRIAL. W. Kendword
Curso Moderno sobre Cerámica. Milan 1976.
4. COMBUSTION Y COMBUSTIBLES
Alan Browster Ed. GLEM - 1947
5. HORNOS INDUSTRIALES. W. H. Trinks
Edición Continental México 1978
6. HORNOS PARA PRODUCTOS CERAMICOS. A. Singer
Barcelona Editorial Urno 1971.
7. HORNOS TUNEL. Perfil Industrial
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial ONUDI 1982.
8. MANUAL DE ACEROS. American Institute of Steel Cons -
truction. N. York 1976 VII Edición.
9. TERMODINAMICA PARA INGENIEROS.
Van Wylen 1980
10. VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO. CARNICER Royo
Edición Bilbao 1980 - España.