

ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

"ESTUDIO, DISEÑO Y APLICACIONES DEL SISTEMA ELECTRICO DE
CONTROL Y SEGURIDAD DE UN HORNO INDUSTRIAL QUE UTILIZA GAS
LICUADO DE PETROLEO COMO ELEMENTO DE COMBUSTION"

TESIS DE GRADO

PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION: _____



D-9173

PRESENTADA POR:

CHRISTIAN DELGADO CAMPODONICO

GUAYAQUIL-ECUADOR

1988

AGRADECIMIENTO

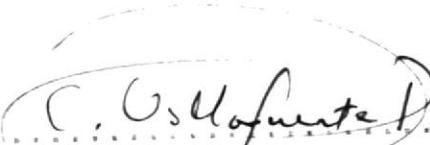
Al Ing. ALBERTO HANZE
BELLO Director de Tesis,
por su ayuda y
colaboración para la
realización de este
trabajo.

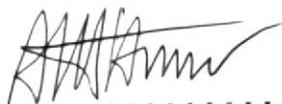
DEDICATORIA

- A DIOS

- A MIS PADRES

- AL LCDO. ALBERTO AVILES


.....
Ing. Carlos Villafuerte P.
DECANO DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA ELECTRICA


.....
Ing. Alberto Hanze B.
DIRECTOR DE TESIS


.....
Ing. Jorge Flores M.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL


.....
Ing. Leo Salomón F.
MIEMBRO PRINCIPAL DEL
TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"



CHRISTIAN DELGADO CAMFODONICO

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo diseñar el circuito eléctrico de control y seguridad de un horno industrial para el tratamiento térmico de palas (temple)

Para proceder al diseño eléctrico, se deberá analizar los diferentes procesos mecánicos que se llevan a cabo en la operación del horno.

Los procesos mecánicos que serán considerados previo al diseño eléctrico del sistema de control y seguridad serán:

- Sistema de transporte de materiales.
- Sistema de extracción de gases.
- Sistema de combustión.
- Sistema de control de temperatura y,
- Sistema de seguridad.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE ABREVIATURAS.....	X
INTRODUCCION	
CAPITULO I	
GENERALIDADES	
1.1.- Planta para el temple de palas.....	15
1.1.1.- Proceso de producción.....	15
1.1.2.- Distribución de la planta.....	18
1.2.- Hornos para procesos Industriales.....	18
1.3.- Selección del tipo de Horno para el temple de palas.....	21
1.4.- Hornos Continuos.....	23
1.5.- Hornos Tunel.....	25
1.6.- Ventajas y desventajas de un horno tunel continuo.....	26
1.7.- Aplicaciones para un Horno Tunel Continuo.....	28
1.7.1.- Procesos generales.....	28
1.7.2.- Procesos metalúrgicos.....	28
1.8.- Control de Calidad en el tratamiento térmico.....	30

1.8.1.- Procedimientos mecánicos de ensayo.....	30
1.8.2.- Procedimientos metalográficos de ensayo.....	31
1.8.3.- Procedimientos electromagnéticos de ensayo.....	32

CAPITULO II

DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL Y SEGURIDAD

2.1.- Características de la materia prima.....	33
2.2.- Tratamiento térmico.....	33
2.3.- Construcción de un Horno Tunel Continuo.....	37
2.4.- Transporte de materiales.....	40
2.5.- Sistema de extracción de gases.....	41
2.6.- Sistema de quemadores.....	49
2.7.- Sistema de control de temperatura.....	63
2.8.- Sistema de seguridad.....	63
2.9.- Diagrama eléctrico para el Sistema de Control y Seguridad.....	65
2.10.- Secuencia de pasos para la operación del sistema.....	71
2.10.1.- Energización.....	72
2.10.2.- Desenergización.....	74
2.10.3.- Sistema de seguridad.....	74
2.11.- Componentes del Sistema Eléctrico de Control y Seguridad.....	75
2.11.1.- Detectores de radiación ultravioleta.....	75

3.2.- Tolerancias de Voltaje en circuitos auxiliares.....	122
3.3.- Tipos de fuente de voltaje.....	123
3.4.- Eliminación de perturbaciones en circuitos auxiliares.....	123
3.4.1.- Corrientes de cortocircuito.....	124
3.4.2.- Señales fluctuantes.....	124
3.5.- Influencia de las condiciones climaticas en circuitos auxiliares.....	125
3.6.- Consideraciones para conductores largos en circuitos auxiliares.....	126
3.6.1.- Caída de voltaje.....	127
3.6.2.- Influencia de la capacitancia de los conductores de gran longitud.....	130
3.6.3.- Capacidad y longitud crítica de conductores.....	131
3.7.- Especificaciones para la instalación.....	134
CAPITULO IV	
CALCULO DE COSTOS DE CONSTRUCCION	
4.1.- Costos de materiales eléctricos y mecánicos.....	138
4.2.- Costos por mano de obra.....	139
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
APENDICES.....	149
BIBLIOGRAFIA.....	202

INDICE DE FIGURAS

- Fig.N.1.- Dimensiones del horno y características de aislamiento.
- Fig.N.2.- Dimensiones para la piscina del medio de temple.
- Fig.N.3.- Temperaturas medias de las paredes y aislamientos.
- Fig.N.4.- Disposición de los componentes eléctricos en el exterior del tablero de control
- Fig.N.5.- Características de montaje del detector de radiación ultravioleta.
- Fig.N.6.- Diagrama eléctrico del relé detector de llama.
- Fig.N.7.- Diagrama eléctrico interno del motor accionador M940B
- Fig.N.8.- Diagrama de conexión eléctrica del motor accionador M940B y controlador de temperatura Dialatrol R7325
- Fig.N.9.- Diagrama de conexión eléctrica del controlador de temperatura.
- Fig.N.10.-Diagrama de conexión eléctrica del controlador de mínima temperatura con supervisor de llama incorporado.
- Fig.N.11.-Diagrama de conexión eléctrica del sistema de control de presión.
- Fig.N.12.-Estructura del horno.
- Fig.N.13.-Características externas del panel de control.



Fig.N.14.-Distribución de los componentes eléctricos
en el panel de control.

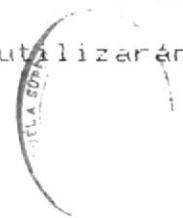
INTRODUCCION

El motivo principal por el que se ha realizado el presente trabajo está relacionado con las necesidades de nuestro país en el sector de las industrias metal-mecánicas, las mismas que deberán ser impulsadas con mayor intensidad para propender a un desarrollo acelerado.

Esto implica una gran demanda de equipos de tratamiento térmico, por lo que se propone demostrar que el diseño, construcción e instalación de los sistemas eléctricos de control y seguridad para hornos industriales se puede realizar en nuestro medio de tal manera que garantice rendimiento y un costo menor que el de los instalados por las Compañías extranjeras.

Muchos de los procesos de manufactura utilizados en nuestras industrias, tienen que ver con procesos metalúrgicos, como el temple de aceros, estampado de metales, etc., en los que se hace necesario un horno industrial con el que se pueda mantener una producción en serie.

Es por tal razón que en esta Tesis de Grado se ha diseñado el Sistema de Control y Seguridad para un horno-túnel Continuo para una fábrica de palas en el que se utilizarán



los datos tanto de producción como de consumo de materia prima.

Se justifica plenamente la importancia de este trabajo a fin de lograr sustituir con equipo diseñado y construido en el Ecuador la gran cantidad de equipos extranjeros que son utilizados cada vez en mayor escala por nuestra industria.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1.- PLANTA DE TEMPLADO DE PALAS

La planta de templado de palas surge como una imperiosa necesidad en nuestro medio con el propósito de eliminar, en lo posible, la importación de éstas herramientas que son de vital importancia para la agricultura y la construcción de viviendas.

1.1.1.- PROCESO DE PRODUCCION

El proceso general de la planta desde el punto de vista tecnológico está constituido por tres etapas que por sí mismas son procesos particulares importantes. Dichas etapas son:

- a.- Mecanizado en frío (corte, estampado).
- c.- Tratamiento térmico (temple), y
- d.- Acabado.

Describiremos a continuación cada uno de ellos a fin de dar una idea cabal de todo cuanto

ocurre en la producción de palas templadas.

El mecanizado en frío se refiere a las operaciones de corte del acero en sus diversas formas necesarias para obtener de la materia prima los trozos de material que servirán para las cucharas de palas individuales. Se realiza por medio de una cortadora automática de planchas.

En el proceso de estampado se le dará la forma a las planchas de acero recortadas, para lo cual se utiliza una prensa mecánica.

El tratamiento térmico es la etapa de mayor cuidado dentro de la producción de herramientas estampadas, ya que es la que dará al acero utilizado las características finales de dureza. El tratamiento térmico está condicionado de acuerdo al material que se utilice, esto ha sido normalizado por organismos norteamericanos como la AISI (American Iron and Steel Institute), LA ASTM (American Society for Testing Materials), La ASM (American Society for Metals) y nos indican

que el acero al carbono es el más adecuado para la fabricación de herramientas manuales.

En estos aceros el porcentaje de carbono en el hierro determina las propiedades físicas que interesan a fabricantes de herramientas, y su uso como materia prima. Es por eso que se clasifican los aceros según el contenido de carbono de acuerdo a la siguiente forma:

a.- Bajo contenido de carbono, 0,05 a 0,25 porcentaje de carbono, en el que se requiere una resistencia moderada unida a una plasticidad considerable;

b.- Acero para maquinaria o forja, 0,30 a 0,55 porcentaje de carbono, los cuales se pueden tratar térmicamente para desarrollar resistencia mecánica; y

c.- Aceros para herramientas, 0,60 a 1,30 porcentaje de carbono, en los que es característico un alto índice de dureza necesaria para herramientas especiales de taller.

Previo al control de calidad y como último paso de la producción, es necesario darles a las

piezas el acabado final por medio de afilado, laqueado, pulido, pintura y acople con las piezas de madera, lo cual se describe en la carta de procesos con la respectiva lista de insumos.

1.1.2.- DISTRIBUCION DE PLANTA

La maquinaria que sirve para fabricar palas deben ser distribuidas de la manera más adecuada para facilitar el proceso de fabricación. En el apéndice se presentan la distribución de los procesos de la planta. Estos procesos están condicionados con la materia prima que sufrirá las transformaciones necesarias para lograr el producto. El acero al carbono, como ya se ha mencionado anteriormente, se presenta como el mejor cuando en su composición química se encuentra en cantidades que fluctúan entre los límites que van del 0,35 al 0,50%.

1.2.- HORNOS PARA PROCESOS INDUSTRIALES

De todas las clases de hornos para calentamiento, que

generalmente forman parte del equipo tecnológico de un establecimiento fabril, vamos a escoger sólo las variedades de ellos que tienen el propósito principal elevar la temperatura de los materiales, sin que este proceso involucre cambios en la estructura química debido a cambios de estado como la fusión o la vaporización. La intención es tratar directamente con hornos metalúrgicos, es decir, con aquellos en los que el calentamiento de los materiales que se mantienen en una atmósfera caliente, ha de ser con el propósito de que estos reciban un tratamiento posterior como revenido, recocido, temple, cementado, forjado, calentado para conformación de laminado, etc.

Estos hornos se pueden clasificar según:

- a.- El fin para el cual se calienta el material,
- b.- La naturaleza de la transmisión de calor,
- c.- El modo como se calienta el horno, y
- d.- El método de manipulación de material a través del horno.

Comúnmente se ha establecido que los hornos metalúrgicos tomen los nombres o se los identifique, según el propósito para el cual han sido concebidos, por ejemplo: horno de fraguado, horno de recocido,

horno de temple, etc.

Existen dos tipos de hornos de acuerdo a la forma como se mueve o acarrea el material dentro de ellos, que son: Intermitente y Continuo. En los hornos intermitente la temperatura es prácticamente constante en el interior, la carga se deposita en el transportador y permanece ahí hasta que haya sido llevada a la temperatura de proceso, entonces es retirada pasando por la puerta de entrada. En cambio, en los hornos continuos, la carga tiene movimiento relativo con respecto a la zona de combustión, mientras es calentada en la cámara del horno.

Para el tratamiento térmico de los metales, los hornos que comunmente se utilizan en la industria son:

a.) Hornos con carga inmóvil en atmósfera, donde la cámara de trabajo es del tipo intermitente. La pieza a tratar se introduce en el horno y permanece inmóvil en el mismo.

b.) Hornos con carga móvil en atmósfera (Hornos Continuos), donde las distintas zonas del horno tienen temperaturas diferentes según el tramo de calentamiento

o de enfriamiento. Cada una de las zonas mencionadas se mantienen normalmente a la misma temperatura, de modo que el horno no se perjudica por frecuentes variaciones de temperatura.

c.) Hornos con carga inmóvil en baño, donde la carga es ligeramente movida en uno y otro sentido en un baño salino.

d.) Hornos con carga inmóvil en baño salino, donde los hornos se han desarrollado para procesar el material automáticamente o semiautomáticamente en un baño salino.

1.3.- SELECCION DEL TIPO DE HORNO PARA EL TEMPLE DE PALAS

Del análisis hecho anteriormente de las clases de hornos clasificados para la industria metalúrgica, interesan los tipos de hornos clasificados y que pueden ser resumidos así:

" De calentamiento directo, los que utilizan energía eléctrica para su control y energía proveniente de combustión de hidrocarburos para el proceso"

En los hornos de calentamiento la transmisión de calor se presenta por medio de las tres formas convencionales y de acuerdo con la temperatura del ambiente varía la intensidad de cada una de ellas. A menos de 1.000°F es mayor la convección que la radiación, en cambio a una temperatura mayor que aquella, el intercambio prácticamente se realiza sólo por radiación, por lo tanto debido a que el tratamiento térmico del acero de las palas se efectúa hasta los 1.500 F la transmisión del calor se produce principalmente por ondas radiantes de calor.

El horno en estudio utilizará gas líquido de petróleo como fuente de energía, debido a que en nuestro medio tenemos un elevado costo por kw-hora, por lo que, resulta más económico trabajar con energía proveniente de hidrocarburos.

Por lo tanto, se concluye que el horno más conveniente para el proceso a efectuarse deberá tener las siguientes características:

- a.- Calentamiento directo por combustión de G.L.F.,
- b.- Combustión desde las paredes laterales del horno con temperatura de los gases de 2.000 F.

c.- Acarreo de material al interior de la cámara utilizando un sistema de rodillos y malla metálica de aleación cromo níquel.

1.4.- HORNOS CONTINUOS

Al referirnos a estos hornos sólo trataremos los de llamas, dejando excluidos los eléctricos por cuanto no serán considerados dentro del diseño por razones económicas.

Los hornos continuos de llama aprovechan más el calor producido por la combustión, es decir, son térmicamente más eficientes que los intermitentes, ya que tienen menos pérdidas de calor. Ellos pueden ser de zona de combustión fija de manera que sea la carga la que se mueva a través del horno, y de zona móvil de combustión en la que la carga permanece fija y son los quemadores los que se mueven a lo largo de la cámara de calentamiento.

Cuando los hornos continuos están provistos de medios de transportadores tales como rodillos, cadenas, carros, vagones, bandas, etc., se denominan hornos continuos automáticos, y son muy utilizados en las

industrias metalúrgicas ya que mejoran la producción en serie. Estos consumen cualquier tipo de combustible (líquido, sólido o gaseoso) y la fuente de calor puede situarse de la manera más conveniente para el proceso, es decir, los quemadores pueden ser ubicados de tal forma que las llamas sean dirigidas longitudinalmente respecto a la cámara; verticalmente, ya sea colocando los quemadores en la bóveda ó en el piso; lateralmente, con las llamas orientadas paralelamente a la sección transversal.

Existen arreglos y combinaciones de las tres formas anteriores para que actúen a la vez con el propósito de aumentar la transferencia de calor de las llamas a la carga.

El movimiento de los gases quemados, una vez que han entregado parte de calor sensible, debe ser evacuados de la cámara por medio de tiro natural o forzado, con el que se puede recuperar calor por medio de precalentamiento de aire y recuperadores, aumentando así la eficiencia térmica del horno. La transmisión de calor del horno a la carga se efectúa por conducción, radiación y convección simultáneamente aunque con diferente intensidad que dependen principalmente de la

temperatura de trabajo.

En resumen podemos decir que en los hornos continuos de llamas, y en general los que se usan para tratamientos metalúrgicos, tienen lugar los siguientes procesos:

- a.- Mecánico (movimiento de materiales sólidos),
- b.- Energético (combustión de un elemento o transformación de energía química en térmica).
- c.- Intercambio térmico (interior y exterior, en las fases sólidas, líquida y gaseosa).
- d.- Hidroaeromecánico (movimiento de gases o líquidos)

1.5.- HORNO TUNEL

La concepción del Horno túnel responde a la idea de construir una zona fuego y hacer pasar por él los productos a calentar. En estos hornos, como ya se ha mencionado, la carga que es transportada por correas, bandas o vagones atravieza los gases calientes pasando por las zonas combustión.

Cuando se utilizan estos hornos en procesos metalúrgicos generalmente se los construye de manera que el calentamiento sea frontal para lograr así



descargar los materiales a la temperatura más elevada del túnel. En el tratamiento térmico de los aceros es de primordial importancia observar la temperatura de calentamiento requerida, de aquí la necesidad de regular la temperatura en la zona de trabajo, y calentar el metal uniformemente en toda su sección o sea que se debe cumplir con las condiciones fundamentales de estos procesos y que son:

- a.- Calentamiento uniforme del acero hasta una temperatura determinada, y
- b.- Enfriamiento con una rapidez que determina la microestructura y por consiguiente las propiedades mecánicas que se desea conseguir.

1.6- VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El empleo del horno tipo túnel continuo dentro de una planta de tratamientos térmicos de aceros para palas puede justificarse por un estudio comparativo entre las ventajas y desventajas que enunciamos a continuación:

VENTAJAS:

- a.- Disminución de la mano de obra;
- b.- Termodinámicamente más eficiente;



- c.- Fácil control del tratamiento térmico;
- d.- Utilización de cualquier fuente de energía, ya sea química o eléctrica
- e.- Pueden ser diseñados de manera que se acoplen a ellos recuperadores de calor, proveyendo al horno de zonas de precalentamiento con las cuales se recupera parte del calor que se perdería por la chimenea; y
- f.- Es el más recomendable para la producción en serie, ya que facilitan las operaciones de carga y descarga.

DESVENTAJAS:

- a.- Limitaciones de temperatura excesivas por cuanto el sistema transportador y la estructura metálica pueden sufrir daños.
- b.- Costo inicial más elevado; y
- c.- Manifiestan pérdidas adicionales de calor por puertas y elementos transportadores de la carga.

El calor producido debe ser transferido al material que se va a calentar y se distribuirá en él, de acuerdo con las especificaciones que se refieren a la temperatura final de carga, uniformidad de la temperatura y tiempo de calentamiento.

1.7.- APLICACIONES PARA UN HORNO TUNEL CONTINUO

1.7.1.- PROCESOS GENERALES

La adaptabilidad del horno túnel para diferentes y variados procesos en la industria hace que se los relacionen con los procesos de cerámica fina, cerámica de construcción, metalúrgica, vidrio, alimentación, etc.

1.7.2.- PROCESOS METALURGICOS

Uno de los vastos campos en el que se ha desarrollado el empleo de los hornos túnel continuos ha sido en el de la metalúrgia. En la industria metalúrgica estos hornos son conocidos como hornos de calentamiento o caldeo y se dedican a los procesos tales como laminado, forjado, porcelanizado, etc.

La mayoría de los adelantos de la técnica de construcción de hornos se ha basado en los éxitos alcanzados por los estudios en laboratorios y pruebas experimentales en las

industrias de los hornos metalúrgicos.

Las investigaciones industriales de los hornos son las comprobaciones definitivas de las estructuras y del régimen de ellos antes de certificar su validez para una producción en serie. Las investigaciones industriales buscan los métodos y medios para un radical mejoramiento de trabajo del horno y de su intensificación.

Toda esta acumulación de conocimientos teórico-práctico ha resultado en beneficio de los Ingenieros de ventas y consultores que son en última instancia los que deben analizar las ventajas y desventajas de los equipos a instalarse. Se puede afirmar que los hornos túneles continuos se adoptan en los procesos en que se requieren:

- a.- Velocidad en la producción,
- b.- Continuidad en la producción,
- c.- Ahorro de mano de obra,
- d.- Control exacto de temperatura interior, y
- e.- Elevación paulatina de la temperatura hasta

la de régimen.

1.8.- CONTROL DE CALIDAD EN EL TRATAMIENTO TERMICO PARA EL ACERO

Considerando que nuestro horno en estudio tiene la característica de ofrecer producción en serie, es primordial disponer de un equipo de laboratorio que controle la calidad de los productos a procesar. Unos de los ensayos más importantes que deben llevarse a cabo para asegurar la calidad del producto que se está fabricando son:

- Procedimientos mecánicos de ensayo
- Procedimientos metalográficos de ensayo
- Procedimientos electromagnéticos de ensayo

Cabe anotar que estos métodos de ensayo ya han sido estudiados en otras tesis de grado, por lo que solo se les dará un enfoque general.

1.8.1.- PROCEDIMIENTOS MECANICOS DE ENSAYO

Los procedimientos mecánicos de ensayo, están relacionados con la determinación de la dureza

del material tratado. El tratamiento termico realizado en una pala resulta en un cambio de dureza. Por lo que cuando se establece el valor de la dureza de un tratamiento térmico, este sera el fundamento para la inspección y control de calidad en el proceso de manufactura que se lleva a cabo.

Se conoce por "dureza" a la resistencia que ofrece un material a ser penetrado por un cuerpo duro. Los metodos de ensayo más usuales son:

- Prueba ó ensayo de dureza Brinnell
- Prueba ó ensayo de dureza Rockwell

1.8.2.- PROCEDIMIENTOS METALOGRAFICOS DE ENSAYO

Los procedimientos metalográficos de ensayo tienen por objeto determinar la constitución interna de los metales y sus relaciones con las propiedades físicas, químicas y tecnológicas. Se utiliza metodos microscopicos para comprobar las características de la fusión, condiciones de enfriamiento y tratamiento al que fue sometido el material. De igual modo, permite

: determinar el grado de pureza del material.

1.8.3.- PROCEDIMIENTOS ELECTROMAGNETICOS DE ENSAYO

Los procedimientos electromagnéticos de ensayo, utilizan materiales magnéticos y circuitos para la magnetización del artículo, permitiendo de este modo realizar ensayos de control de calidad sin la destrucción de la pieza. Con este método se puede determinar la existencia o ausencia de grietas, la dureza y la profundidad del temple.

CAPITULO II

DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL Y SEGURIDAD

2.1.- CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA.

La composición de la materia prima requerida para la fabricación de palas es un acero de norma JIS-G4051 con calidad S40C, el cual es un tipo de acero básico al carbono, no aleado y con un contenido medio de carbono comprendido entre 0,37 y 0,43%.

La composición química de este acero está dada por porcentajes límites de los siguientes componentes:

CARBONO = 0,37-0,43%

SILICIO = 0,15-0,35%

MANGANESO= 0,60-0,90%

FOSFORO = 0,03% máx.

AZUFRE = 0,035% máx.

Las temperaturas de los tratamientos térmicos para este acero son 1500-1570°F para el temple por inmersión

2.2.- TRATAMIENTO TERMICO

El tratamiento térmico está condicionado por el calentamiento del acero en un medio ambiente con una temperatura de 1800°F que se obtiene por la combustión completa de gas líquido de petróleo en referencia a la composición química, valores calóricos, productos de combustión y cantidad de aire necesario para la misma.

Las piezas absorben calor desde la temperatura de 80°F hasta 1500°F como consecuencia de la transmisión de calor debida principalmente a la radiación de los gases calientes y las paredes del horno al material. Para el calentamiento del acero se han formulado reglas prácticas sobre la relación existente entre el espesor de la carga y el tiempo requerido para el calentamiento a una temperatura uniforme.

Estas reglas son:

- a.- El calor viaja 1/8" en 5 minutos, en aceros de bajo contenido de carbono.
- b.- Barras cilíndricas y cuadradas deben calentarse a razón de 20 minutos por pulgada de espesor o diámetro en el caso de tratarse de acero dulce y acero con contenido medio de carbono (0,20-0,50%).
- c.- 40 minutos por pulgada de espesor o diámetro son requeridos para acero aleado y de alto contenido de carbono o sea más de 0,50% de carbono.

En el proceso de calentamiento de las piezas la temperatura de los gases crea un flujo de calor de la superficie hacia el núcleo, determinando un tiempo de homogenización.

Estudios realizados por la Ingeniería Mecánica han comprobado que la temperatura del núcleo y de la superficie del material que se está tratando es prácticamente la misma en cualquier instante que la carga permanezca en la zona de fuego del horno, por lo que solo es de importancia la determinación de la temperatura óptima para la atmósfera del horno, la cual genere una transferencia de calor más o menos igual al tiempo requerido por el proceso tecnológico.

El proceso de enfriamiento es de suma importancia para lograr las características de dureza en el metal a tratarse. El baño de enfriamiento se realiza con el material rodeado de agentes enfriantes en movimiento. El movimiento del agente enfriante se logra utilizando bombas especiales o helices, siendo estas últimas las de más eficacia, pues ponen en movimiento mayores cantidades de fluido.

Como agentes de enfriamiento se emplean el aire,

aceite, agua, sales, soluciones salinas y lejías. La elección del agente depende del proceso de enfriamiento que requiera la aleación a tratar. El agua, soluciones salinas y lejías a temperaturas bajas se consideran como agentes de enfriamiento enérgicos, mientras que el aire comprimido y el aceite son agentes de enfriamiento suave.

El agua es el agente de enfriamiento más económico y de mayor empleo con un grado de enfriamiento dependiendo de la temperatura y del movimiento, por lo que para nuestro tratamiento se utilizara una piscina de temple con agua como agente enfriante.

En una piscina de temple existe un movimiento relativo entre el medio enfriante y la pieza de trabajo, lo cual ayuda en la transferencia de calor.

Tal movimiento evita que la pieza permanezca cubierta por una capa sobrecalentada del medio enfriante, dispersando de este modo los vapores que se han formado en los pasos iniciales del proceso de temple.

Los recipientes en los que se deposita el medio enfriante varían de unos cuantos litros de capacidad a grandes instalaciones con miles de litros de capacidad

de agua.

La estructura, dureza y resistencia resultante de una operación de tratamiento térmico se determina por la rapidez de enfriamiento real obtenida en el proceso de temple

2.3.- CONSTRUCCION DE UN HORNO TUNEL CONTINUO

La materia prima que va a ser procesada por el horno es de 6.923,4 lb. al día es decir:

PRODUCCION DIARIA = 1539 palas

PRODUCCION POR HORA PLANIFICADA = 150 palas

Se debe tener presente que cada pala pesa 4,5 lb. y que el tiempo de permanencia en el horno es de 3,15 minutos para un espesor de 4mm.

TIEMPO DE OPERACION AL DIA = $1539/150$ (palas / palas * hora)

TIEMPO DE OPERACION AL DIA = 10,26 horas

El horno debera operar durante 5 días a la semana, por lo que un ciclo de trabajo equivale a:

1 CICLO = 51,3 horas

Para determinar las medidas del horno debemos realizar las siguientes consideraciones:

Si 150 palas son procesadas en 60 minutos entonces 8 palas serán procesadas cada 3,15 minutos. Por lo tanto, en cada instante habrán 8 palas en el interior del horno y serán dispuestas en 4 filas de 2 unidades cada una con dimensiones de 4,9 x 1,6 pies. Las dimensiones del horno son:(Fig. # 1).

ANCHO = 4,92 pies

LARGO = 6,56 pies

ALTO = 3,28 Pies

De aquí resulta que las piezas viajan a una velocidad de 2,0 mts en 3,15 minutos, o sea 2 pies/min.



El volúmen de agua requerido para nuestro medio enfriante se presenta de la siguiente forma:

W = Peso del acero en Lbs.

C_s = Calor específico del acero

T_h = Temperatura de endurecimiento del acero en $^{\circ}F$

T_g = Temperatura del acero cuando se retira del tanque de enfriamiento en $^{\circ}F$

S = Densidad del medio enfriante Lb/pie.c.

C_q = Calor específico del medio enfriante en BTU/Lb $^{\circ}F$

ΔT_r = Elevación permisible de temperatura del medio enfriante

V = Volúmen del medio enfriante requerido en pie cúbico.

Para nuestro estudio equilibraremos el calor entregado por el acero con el calor absorbido por el medio enfriante.

El calor entregado por el acero es:

$$Q_e = W * C_s * (T_h - T_g)$$

El calor absorbido por el medio enfriante es:

$$Q_a = V * S * C_q * \Delta T_r$$

Igualando y despejando nos queda el volúmen igual a:

$$V = W * C_s * (T_h - T_g) / S * C_q * \Delta T_r$$

$$W = 675 \text{ lb.}$$

$$C_s = 0,12 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$T_h = 1500^\circ\text{F}$$

$$T_g = 200^\circ\text{F}$$

$$S = 62,4 \text{ lb/pie cub.}$$

$$C_q = 1 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

$$\Delta T_r = 20^\circ\text{F}$$

$$\text{VOLUMEN} = 83,37 \text{ pie cúbico}$$

2.4.- TRANSPORTE DE MATERIALES

El sistema de transporte de materiales al interior del horno está constituido por un motor que acciona un reductor de velocidad y éste último a la banda transportadora. Para calcular la potencia del motor transportador tenemos:

$$H_p = (W+w) * f * s / 4500$$

donde:

W = Peso de la carga activa sobre el transportador en Kg.

w = Peso de rodillos y malla en Kg.

f = Coeficiente de rozamiento

s = Velocidad del transportador en mt/min.

PESO TRANSPORTADOR = 193,65 lb.

PESO PALAS = 39,60 lb.

PESO TOTAL (lb) = 233,25 lb.

PESO TOTAL (Kg) = 106,02 Kg.

Coef. fricción dinámico entre el acero y níquel = 0,64

Velocidad del transportador = 0,63 mt/min

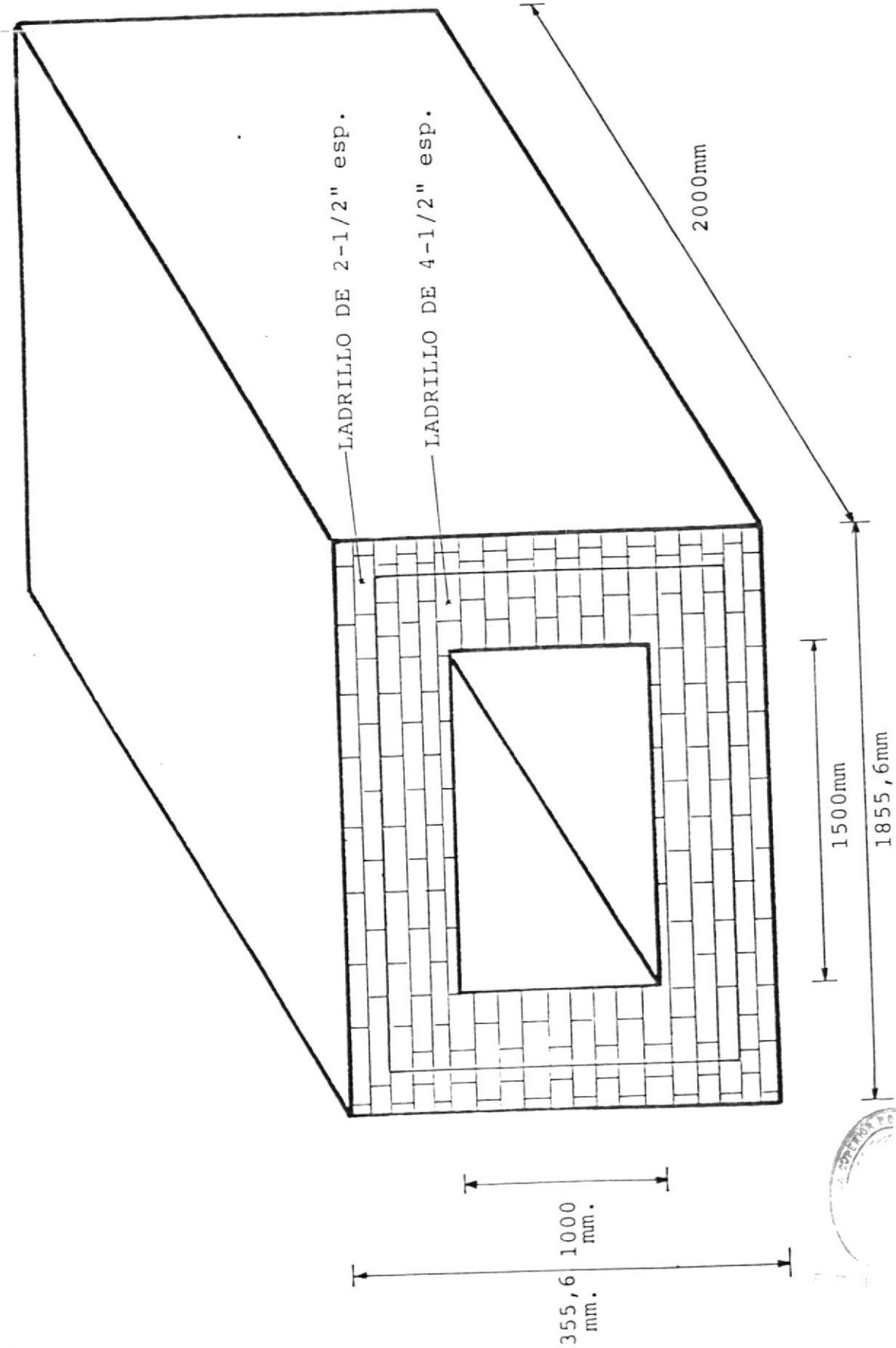
POTENCIA MOTOR = 1/3 Hp.

2.5.- SISTEMA DE EXTRACCION DE GASES

La forma como los gases de combustión , después que ha entregado el calor útil para elevar la temperatura de la carga, deben ser desalojados de la cámara del horno por medio de tiro natural o forzado.

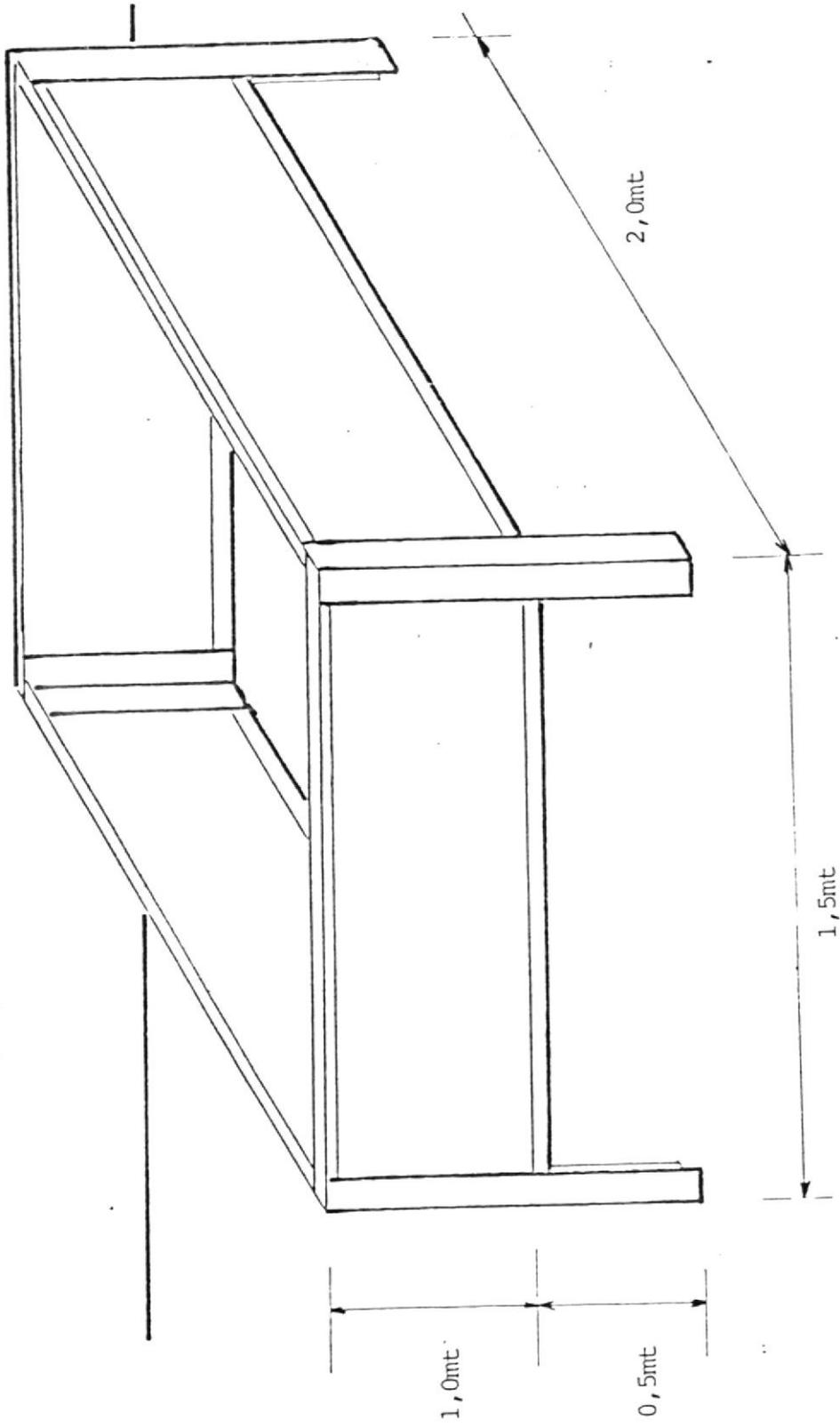
En el sistema de eliminación de gases es necesario observar el movimiento dentro de la chimenea, el tiro producido por esta y la presión dentro de la zona de fuego del horno. Con relación a esto, existe una consideración importante que se debe seguir y que manifiesta que en el calentamiento de los metales, la presión en la cámara del horno debe ser igual a la atmosférica o ligeramente superior para todos los regimenes de calentamiento.

FIG. N. 1.



Dimensiones del horno y características de aislamiento.

FIG. N. 2.



Dimensiones para la piscina del medio de temple.

La razón por la que la presión en la cámara de calentamiento debe ser prácticamente igual a la atmosférica es obvia, ya que si fuese mucho más grande que la normal, las llamas y gases calientes saldría por las aberturas y puertas del horno, y si fuera menor que la normal, el aire frío sería arrastrado hacia el interior del horno a través de las puertas y el material sería dañado por óxido y escamas. Además, debe considerarse que la presión no es igual a diferentes niveles en la cámara del horno cuando se trata de hornos de gran altura, pero para hornos pequeños, como el nuestro, se puede asumir que la presión es constante en sentido de la sección transversal de la cámara, ya que las diferencias de presión son mínimas.

Por lo tanto, para mantener la presión de la cámara de horno a valores seguros, se dispondrá de un sistema de extracción de gases, un controlador de presión electrónico, el cual recibirá la señal de presión de un transmisor colocado en la cámara del horno, por lo que al recibir la señal de presión, dará la orden de apertura o cierre de la válvula de escape a un motor accionador en el ducto de extracción de gases, de este modo se mantendrá constante la presión interna del

horno a un valor deseado. La característica de operación de este tipo de controlador se explicará más adelante. También debe considerarse la necesidad de incluir en el ducto de escape de gases de un dispositivo de seguridad que de la señal de alarma para el caso de que ocurra una falla mecánica en la turbina extractora o en la compuerta de la válvula de escape, con lo cual aumentaría considerablemente la presión interna del horno a un valor mayor al de la atmósfera

Para determinar la potencia requerida en el sistema de extracción de gases, se debe determinar el tiro producido por la densidad de los gases de escape a una temperatura aproximada de 1738°F en un ducto extractor de 50 pies de largo y 0,33 pies cuadrados de área por lo tanto:

TIRO = PRESION ESTATICA

TIRO = VARIACION DE PRESION/PESO ESPECIFICO AIRE

ΔP = Variación de presión

(lbf/pie cuad.)

ΔP = HG/GC * (1a - 1g)



P_b = Presión barométrica

P_b = 29" H₂O

R_a = Constante de proporcionalidad del aire

R_a = 53,3 lb-pie / lbm-°R

T_a = Temperatura del aire en grados Ranking (°R)

T_a = 500°R

T_g = Temperatura de los gases en grados Ranking (°R)

T_g = 2198°R

ρ_a = Densidad del aire

ρ_a = $P_b / R_a * T_a$

ρ_a = 0,077 lbm / pie cub.

ρ_g = Densidad de los gases

ρ_g = $P_b / R_a * T_g$

ρ_g = 0,0175 lbm/pie cub.

$h_{g/c}$ = Altura del ducto extractor o chimenea (pie)

$h_{g/c}$ = 50 pies

δ_p = 2,97 lbf / pie cuad.

$$\text{TIRO} = \frac{P}{\text{peso específico aire}}$$

$$\text{Peso específico aire} = 62,4 \text{ lbf / pie cub H}_2\text{O}$$

$$\text{TIRO} = (2,97 / 62,4) * (12 \text{ "H}_2\text{O} / 1 \text{ pie H}_2\text{O})$$

$$\text{TIRO} = 0,57 \text{ "H}_2\text{O}$$

$$\text{TIRO} = 14,48 \text{ mm. H}_2\text{O (PRESION ESTATICA)}$$

$$\text{CAUDAL} = \text{Masa} / \text{Densidad gases}$$

$$\text{MASA} = \text{Densidad gases} * \text{Area} * \text{Velocidad}$$

Se debe considerar que la pérdida del tiro por fricción depende de la velocidad del flujo de los gases por el ducto extractor. Si utilizamos un ducto de diámetro pequeño, entonces la velocidad de salida y las pérdidas son mayores. Si utilizamos un ducto de sección grande, nos cuesta más su construcción. Por lo tanto se debe llegar a un compromiso económico entre estos dos factores. Las velocidades económicas están 25 y 30 pie/seg.

$$\text{MASA} = \rho_g * A * v$$

$$\text{MASA} = 0,0175 * 0,33 * 25$$

$$\text{MASA} = 0,144 \text{ lbm/seg}$$

$$\text{CAUDAL} = \text{Masa} / \text{lg}$$

$$\text{CAUDAL} = 0,144 / 0,0175$$

$$\text{CAUDAL} = 8,25 \text{ Pie cub.} / \text{seg.}$$

$$\text{CAUDAL} = 0,23 \text{ mt cub.} / \text{seg.}$$

Entonces con los datos de presión estática en mm H₂O y caudal en mt. cb/seg., determinamos la potencia del motor para el motor del extractor que es de 0,37 Kw. 1725 rpm (ver tabla N.I)

2.6.- SISTEMA DE QUEMADORES

En la provisión de mecanismos de liberación de calor, es necesario hacer un estudio previo de la teoría de la combustión, y de los tipos de quemadores existentes con la selección de los mismos.

Según la teoría y la práctica de la combustión, ésta se produce si una molécula de C1 o de H2 se encuentra con una molécula de O2 en condiciones de temperatura del orden aproximado a las temperaturas de ignición, llegando a una reacción casi instantánea.

En el comercio existe una gran variedad de mecanismos de liberación de calor y para el caso se los clasifica en razón de la forma como se efectúa la mezcla aire-combustible:

- a.- La mezcla aire-combustible se realiza dentro del horno (hornos regenerativos).
- b.- La mezcla se efectúa inmediatamente en la entrada del horno por medio de dos tuberías independientes (hornos de llama luminosa).

De la clasificación anterior se ha escogido el último grupo, y dentro de los mismos se han establecido dos tipos de acuerdo con el fluido que gobierna el

mecanismo de la mezcla:

1. El aire maneja la formación de la mezcla de manera que el gas es arrastado por la corriente de aire en un tubo Venturi. Trabajan a baja presión de gas combustible, razón por la que se denominan aspiradores de baja presión.

2.- Al contrario de los anteriores, el gas a una determinada alta presión arrastra el aire atmosférico para la mezcla que se combustiona dentro del horno, se trabaja con presiones elevadas de gas, por lo que se denominan inyectores de alta presión.

En el equipo de liberación de calor se ha seleccionado finalmente el tipo aspirador a baja presión ya que su instalación presenta un bajo costo y su operación es adaptable al trabajo automatizado.

En el mecanismo de combustión escogido se utiliza la energía del fluido de aire para aspirar gas combustible por medio de un regulador de presión con diafragma. En la parte estrecha del Venturi la presión es inferior a la atmosférica y el gas que ésta a la presión atmosférica fluye de la válvula al Venturi. Para asegurar que exista una mínima pérdida de calor

por las partes abiertas del horno como son las puertas de ingreso y egreso del material de la cámara, se debera instalara una cortina de aire.

Por las partes abiertas del horno como son las puertas de ingreso y egreso del material, se deberá instalar una cortina de aire.

Para poder seleccionar los quemadores se debe realizar un balance térmico con el objeto de encontrar el consumo de combustible (G.L.P.) en base a la producción diaria planificada de palas templadas cuando el trabajo es continuo durante 10,26 horas.

En en balance térmico se consideran las siguientes distribuciones de calor que son:

$$Q_e = Q_a + Q_b + Q_c + Q_d + Q_h$$

Q_e = Calor suministrado por e combustible

$$Q_e = 993 \text{ BTU/pie cúbico} * \text{Vol. (pie cúbico)}$$

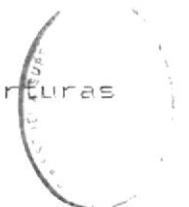
Q_a = Calor suministrado a la carga

Q_b = Calor perdido en el ducto extractor de gases.

Q_c = Calor perdido por los elementos de transportador

Q_d = Calor perdido por operación intermitente

Q_h = Calor perdido por la radiación en las aberturas de las puertas.



CALOR SUMINISTRADO A LA CARGA:

La carga está constituida por acer JIS-G 4051 en una cantidad de 675 lb/hora; por lo que para determinar el calor necesario para elevar su temperatura desde 80°F hasta 1500°F se recurre a las gráficas de los contenidos de calor para diversas alaciones de acero al carbono contra las temperaturas de las mismas y de donde encontramos que:

$$T_1 = 80^\circ\text{F} \quad Q = 13 \text{ BTU/lb}$$

$$T_2 = 1500^\circ\text{F} \quad Q = 248 \text{ BTU/lb}$$

Por lo tanto, el contenido calórico del acero al pasar de 80°F a 1500°F es:

$$Q' = 248 \text{ BTU/lb} - 13 \text{ BTU/lb}$$

$$Q' = 235 \text{ BTU/lb}$$

De aquí obtenemos que el consumo de calor durante el tiempo de operación es de :

$$Q_a = 235 \text{ BTU/Lb} * 675 \text{ lb/hora} * 10,26 \text{ horas/día}$$

$$Q_a = 1'627.492,50 \text{ BTU/día}$$

$$Q_a = 8'137.462,50 \text{ BTU/ciclo}$$

CALOR PERDIDO EN EL DUCTO DEL EXTRACTOR DE GASES:

Para este cálculo se utilizan gráficas donde constan las cantidades de calor sensible para los gases que salen a diversas temperaturas del horno de temple.

Asumiendo que el combustible se quema a unos 2000°F y los gases mantienen una atmósfera a 1800°F y salen por la chimenea a 1750°F, se obtiene que el calor de los gases producto de la combustión completa tienen un calor sensible igual a 440 BTU/pie cub. y el calor sensible debido al exceso de aire es de 35 BTU/pie cub., por lo que el calor sensible en los gases de combustión es de:

$$Q_b = (440 \text{ BTU/pie cub} + 35 \text{ BTU/pie cub.}) * q$$

$$Q_b = (475 \text{ BTU/pie cub.}) * q$$

CALOR PERDIDO EN LOS ELEMENTOS DEL TRANSPORTADOR

El transportador está constituido por una banda de malla hecha de alambre de acero con una aleación de 25% Cr y 12% Ni.

Las propiedades químicas y físicas de este material

son:

Calor específico = 0,14 BTU/lb°F

Peso = 2 lb/pie cuadrado

Asumiendo que la banda se enfria en el transcurso del tiempo que se encuentra fuera del horno, entonces debemos calcular una temperatura de este material que se calienta junto con la carga a una temperatura de 1500°F.

Si la velocidad de la banda es de 2 pies/min., en 1 hora habrá recorrido:

$$L = (6,56 \text{ pie} / 3,15 \text{ min}) * (60 \text{ min} / 1 \text{ hora})$$

$$L = 124,95 \text{ pie/hora}$$

$$\text{Ancho Transportador} = 4,92 \text{ pies}$$

$$\text{Area} = 614,76 \text{ pie} \text{ cuad.} / \text{hora}$$

Entonces, son 614,76 pies cuadrados por hora que se calientan.

Para hallar la cantidad de calor que se pierde en los elementos transportadores aplicamos la ecuación:

$$Q_c = A * C * \Delta T$$

$$Q_c = 614,76 * 2 * 0,14 * (1500 - 80)$$

$$Q_c = \text{pie cuad/hora} * \text{lb/pie cuad} * \text{BTU/lb}^{\circ}\text{F} * \text{F}^{\circ}$$

$$Q_c = 244.430,84 \text{ BTU/hora}$$

$$Q_c = 12'539.302,51 \text{ BTU/ciclo}$$

CALOR PERDIDO POR OPERACION INTERMITENTE:

Estas pérdidas se producen durante los periodos de parada del horno debido a que en este lapso el calor almacenado en los refractarios durante el periodo de operación es gradualmente disipado principalmente por radiación y convección desde la superficie exterior. Como tendrá periodos largos y cortos de parada habrá pérdidas diferentes: los periodos largos se presentan los fines de semana en que se para la producción y el horno permanece apagado durante 48 horas y los periodos cortos se presentan cuando se para la producción para iniciarla al día siguiente, en este caso, el horno permanece apagado durante 12,75 horas. De aquí, se presentan dos clases de pérdidas de calor por acumulación en la mampostería.

a.- Pérdidas en operación intermitente en ciclo de 24 horas.

b.- Pérdidas durante el fin de semana.

PERDIDAS EN OPERACION INTERMITENTE EN CICLO DE 24 HORAS:

Existe un método aproximado para calcular las pérdidas por acumulación de mampostería en los periodos cortos de parada cuando los refractarios tienen calor permanente antes de la nueva etapa de encendido.

Estas pérdidas se deben principalmente por la conductibilidad de los aislamientos, los cuales están constituidos por ladrillos refractarios de 4-1/2" x 2-1/2" x 9".

Es posible asumir que la superficie interior está a la temperatura promedio de 1.450°F y la pérdida de calor correspondiente a esta temperatura es igual a 490 BTU/pie cuadrado-hora.

Si el área de los aislamientos es el promedio de la superficie exterior e interior, tenemos:

AREA INTERIOR = 107,58 pie cuadrado

AREA EXTERIOR = 138,14 pie cuadrado

AREA PROMEDIO = 122,85 pie cuadrado

Por lo tanto, el calor perdido $Q_d(1)$ es:

$$Qd(1) = 122,85 \text{ pie cuad} * 490 \text{ BTU/pie cuad-hora}$$

$$Qd(1) = 60.211,20 \text{ BTU/hora}$$

Asumiendo que las pérdidas por las paredes del horno operando intermitente son el 73% aproximadamente de las pérdidas por paredes del horno operando continuamente, entonces tenemos:

$$\text{Perd. Op. Cont.} = 1,4 \text{ Perd. Op. Interm.}$$

$$Qd(2) = 0,73 * Qd(1)$$

$$Qd(2) = 0,73 * 60.211,20 \text{ BTU/hora}$$

$$Qd(2) = 43.954,176 \text{ BTU/hora}$$

$$Qd(2) = 2'254.849,23 \text{ BTU/ciclo}$$



PERDIDAS DURANTE EL FIN DE SEMANA:

Estas pérdidas se deben a que durante el fin de semana se producen pérdidas por la parada del horno durante 48 horas, debido a que se produce el enfriamiento total de los aislamientos del horno.

Sabiendo que las paredes están compuestas por dos tipos de ladrillos refractarios, debemos obtener de las curvas de temperaturas medias de las paredes, que para una pared mixta con una temperatura interior de 1.450°F se obtiene 250°F de temperatura en la superficie exterior.

Para el ladrillo refractario de 4-1/2" y con una temperatura interior de 1450°F, hallamos la temperatura de interfase igual a 500°F. Graficando estos valores contra los espesores de aislamientos, hallamos las temperaturas promedio que son (Fig. # 3).

$$c = 0,23 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{prom. ladrillo 4-1/2}} = (1450 + 500) / 2$$

$$T_{\text{prom. ladrillo 4-1/2}} = 975^\circ\text{F}$$

$$T_{\text{prom. ladrillo 2-1/2}} = (500 + 250) / 2$$

$$T_{\text{prom. ladrillo 2-1/2}} = 375^\circ\text{F}$$

Entonces:

$$\text{Area interior} = 107,58 \text{ pie cuadr.}$$

$$\text{Peso ladrillo } 4\text{-}1/2" = \text{Vol} * \text{Densidad}$$

$$\text{Peso ladrillo } 4\text{-}1/2" = 107,58 * 4,5/12 * 125$$

$$\text{Peso ladrillo } 4\text{-}1/2" = \text{Pie cuadr} * \text{pie} * \text{lb/pie cub}$$

$$\text{Peso ladrillo } 4\text{-}1/2" = 5.042,81 \text{ LB}$$

$$\text{Area exterior} = 138,13 \text{ Pie cuadr.}$$

$$\text{Peso ladrillo } 2\text{-}1/2" = \text{Vol} * \text{Densidad}$$

$$\text{Peso ladrillo } 2\text{-}1/2" = \text{Pie cuadr} * \text{pie} * \text{lb/pie cub}$$

$$\text{Peso ladrillo } 2\text{-}1/2" = 1.007,19 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor perdido } Qd(3) &= 5042,81 * 0,23 * (975 - 80) + \\ &1007,19 * 0,23 * (375 - 80) \end{aligned}$$

$$\text{Calor perdido} = 1'106.400,82 \text{ BTU/ciclo}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor perdido por operación intermitente} &= Qd(2) + \\ &Qd(3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor perdido por operación INTERMITENTE} &= \\ &2'254.849,23 + 1'106.400,82 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor perdido por operación intermitente} &= \\ &3'361.250,05 \text{ BTU/ciclo} \end{aligned}$$

CALOR PERDIDO POR LA RADIACION E LAS ABERTURAS DE LAS PUERTAS:

Estas pérdidas son despreciables en el periodo de operación continua debido a la presencia de la cortina

de aire.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE:

Con los resultados de los cálculos caloríficos \dot{y} con la ecuación del balance térmico, hallamos el consumo de combustible.

$$Q_e = Q_a + Q_b + Q_c + Q_d$$

$$Q_e = 993q$$

$$Q_a = 8'137.462,50$$

$$Q_b = 475q$$

$$Q_c = 12'539.302,51$$

$$Q_d = 3'361.250,05$$

$$\text{Volumen (q)} = 46.405,43 \text{ pie cub./ciclo}$$

El combustible consumido en una hora de operación en el ciclo de 168 horas semanales que se trabaja durante 5 días a razón de 11,26 horas al día, (considerando el tiempo de encendido y apagado), da un resultado de 56,3 horas por ciclo semanal, de aquí que:

$$\text{CONSUMO} = 46.405,43/56,30$$

$$\text{CONSUMO} = 824,25 \text{ pie cub/hora}$$



SELECCION DE QUEMADORES:

De la ecuación del balance de calor, calculamos el calor total:

$$Q_t = Q_e + Q_a + Q_b + Q_c + Q_d$$

$$Q_t = 25.248.018,22 \text{ BTU/ciclo}$$

$$Q_t = 112.113,76 \text{ BTU/hora}$$

Asumiendo que la efectividad del equipo de combustión sea del 50%, habrá que aumentar la cantidad de calor a liberar, por lo tanto:

$$Q_t \text{ final} = 672.682,52 \text{ BTU/hora}$$

Disponiendo en las paredes laterales del horno 4 quemadores, entonces cada uno de ellos liberará 200.000 BTU/hora.

A esta cantidad de gas habrá que accionarle la cantidad necesaria de aire para que se efectue la combustión completa. debido a que la relación aire/g.L.P. es de 27/1, entonces el aire requerido es:

$$\text{RELACION G.L.P./AIRE} = 1/27$$

TOTAL DE AIRE REQUERIDO = 22.254,75 pie cub/hora

TOTAL DE AIRE REQUERIDO = 370,91 pie cub/min.

PRESION ESTATICA = 19 psi.

De la tabla de la casa distribuidora de turbinas "North American", obtenemos que la potencia del motor requerido para accionar la turbina aire/gas es de 5 Hp (ver tabla N.II).

Para determinar la potencia necesaria para el motor que deberá accionar la cortina de aire, se debe considerar que la velocidad con que salen los gases calientes por las puertas, tiene que ser menor a la velocidad de salida de aire en la cortina. Para nuestro caso, luego de realizar una investigación en el área industrial, en hornos de similares características, se obtuvo que el flujo de salida de aire en la cortina debe ser de 1700 pie cub/min. y con una presión estática de 15 mm H₂O. Con estos datos, se determina la potencia del ventilador para la turbina que es de 2 Hp./1725rpm (ver tabla N.I).



2.7.- SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA

El primer paso para el tratamiento térmico del acero es el calentamiento del material hasta los 1500°F. Por lo tanto es necesario disponer de un sistema controlador de temperatura en la cámara del horno, lo cual se logra con un dispositivo electrónico de control que dispone de las siguientes partes:

- a. Termocupla
- b. Bloque de empalmes
- c. Cable de extensión
- d. Instrumento indicador y controlador de temperatura

2.8.- SISTEMA DE SEGURIDAD

En el sistema de combustión del horno se debe disponer de dispositivos capaces de eliminar posibles colapsos en el sistema, ya sea por fallas en el suministro de G.L.P., ésto es, saturación de gas en la atmósfera del horno previo al proceso de encendido, como también por temperaturas excesivas por mal funcionamiento en el controlador de temperatura con el consecuente daño al

material que está siendo tratado térmicamente o los componentes de la estructura del horno.

Por lo tanto, para asegurar que nuestro sistema de quemadores se encuentran encendidos, deberemos disponer de algún dispositivo capaz de detectar el tipo de radiación que emite la llama del quemador, con lo cual se podrá obtener una señal de control para que las bujías cesen de generar chispa si se detecta la no ocurrencia del proceso de encendido en alguno de los quemadores. Esto se logra con el uso de detectores de radiación U.V. y relés detectores de llama.

De igual forma se debera disponer de un dispositivo de protección para el caso en que el controlador de temperatura sufra un desperfecto lo cual traera como resultado un aumento excesivo de temperatura, lo cual se logra evitar con el uso de un fusible térmico (que interrumpa el circuito de control), colocado en una de las paredes del horno. A 1700 F. (925° C).

Para el caso en que nuestro sistema sufra un corte de energía eléctrica, debemos disponer de una electroválvula de seguridad de cierre rápido que interrumpa automáticamente el flujo de gas al sistema de quemadores.



Por último, se debe disponer de una línea de presostatos vigiladores de límites dispuestos para ofrecer seguridad en la operación del sistema. La lógica de funcionamiento de esta línea de presostatos debe ser diseñada de tal forma que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Vigilar un flujo normal de aire hacia el sistema de quemadores.
- Vigilar un flujo normal de gas hacia el sistema de quemadores.
- Vigilar que la extracción de gases producto de la combustión sea llevada a cabo

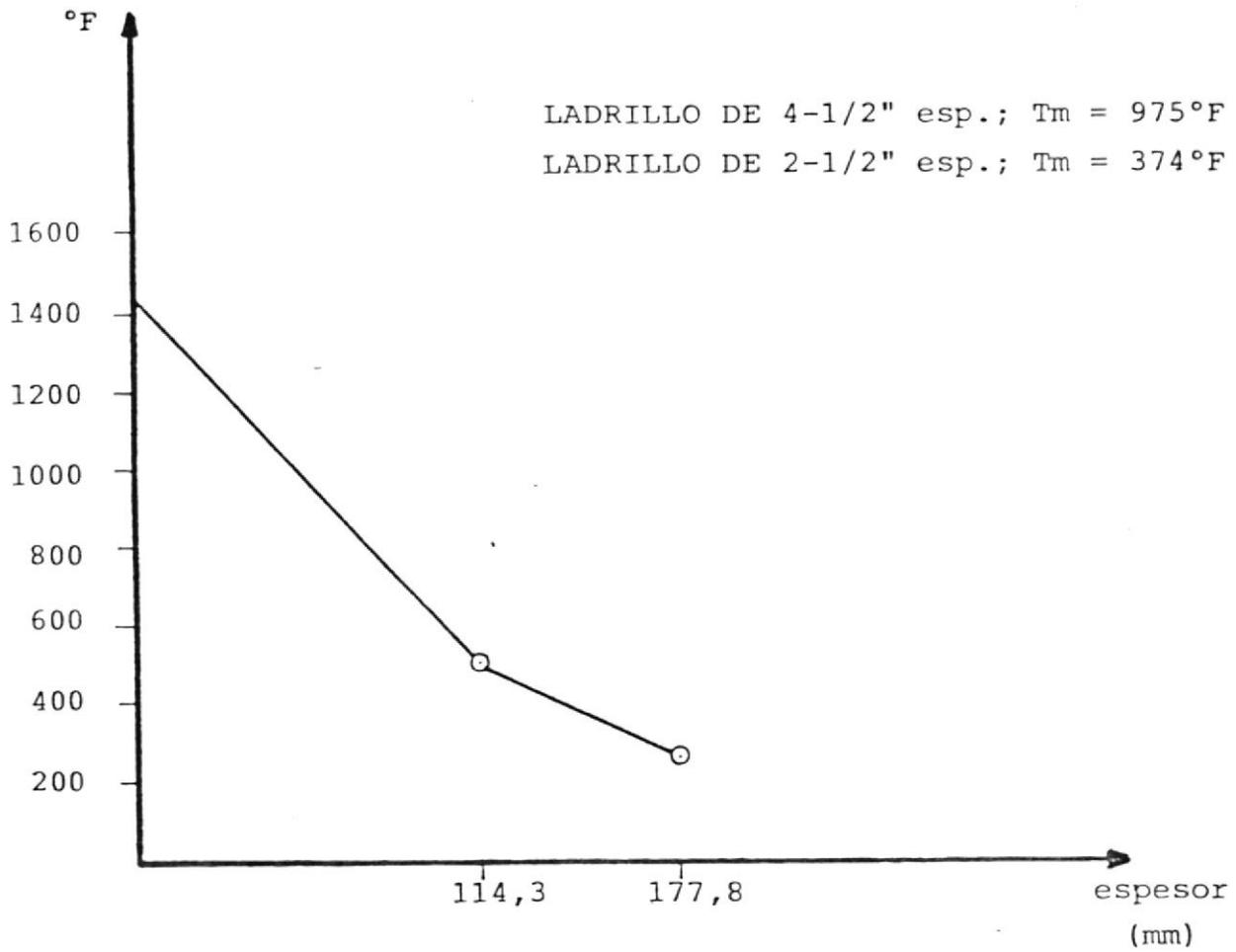
2.9.- DIAGRAMA ELECTRICO DE CONTROL Y SEGURIDAD

El diagrama del sistema eléctrico de control y seguridad que gobernará la operación del horno, se encuentra detallada en el apéndice de esta tesis, por lo que solo se presentará los elementos que se encuentran en el exterior del tablero de control (ver fig.N.4). Estos son:

- Sistema de presostatos de la línea de seguridad

- Turbina aire/gas y motor accionador de válvula.
- Electroválvula de seguridad de cierre rápido.
- Electroválvula de paso de gas hacia el sistema de quemadores.

Fig. N. 3.



Temperaturas medias de las paredes y aislamientos.

TABLA N. I.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

TIPO	POTENCIA kw	VELOC MOTOR rpm	VELOC VENTIL rpm	PRESION ESTATICA, mm agua				
				0	3	5	10	15
				CAUDAL, m ³ /s				
INC - 40A	0.37	1090	1090	1.20	0.99	0.85	0.59	0.43
	0.37	1740	1740	1.89	1.80	1.71	1.50	1.30
INC - 60A	0.75	1725	1725	3.78	3.61	3.45	3.00	2.61
	0.37	1725	1350	2.96	2.75	2.53	2.02	1.81
	0.19	1725	1000	2.20	2.02	1.76	1.23	0.89
INC - 80A	1.12	1725	1125	6.61	6.47	6.08	5.15	4.33
	0.75	1725	925	6.10	5.49	5.05	4.04	3.21
	0.37	1725	725	4.90	4.08	3.52	2.48	1.78
INC - 100A	2.24	1725	1025	11.63	11.07	10.51	9.17	7.93
	1.87	1725	925	10.50	10.32	9.74	8.33	7.06
	1.12	1725	725	10.02	8.40	7.71	6.13	4.86
INC - 120A	1.49	1725	525	13.00	11.59	10.60	8.34	6.56
	1.12	1725	480	11.89	10.24	9.15	6.84	5.17
	0.75	1725	420	10.40	8.50	7.32	5.00	3.60

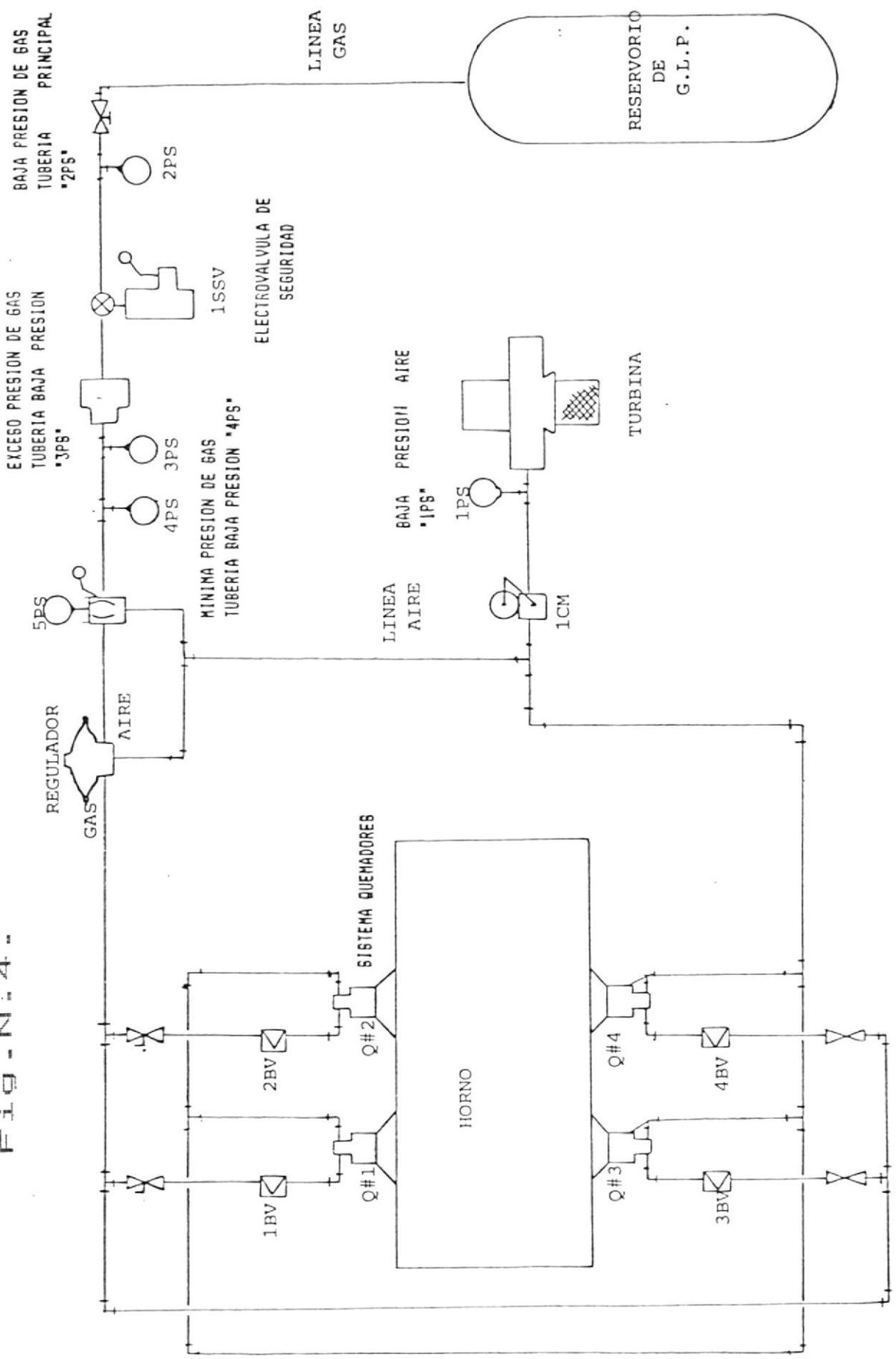
TABLA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCION DE VENTILADORES



PRESION OSI	POTENCIA MOTOR hp	cfm
20	1.5	100
20	2	170
20	3	290
20	5	500
20	7.5	720
20	10	1000
20	10	1050
20	15	1600
20	15	1700
20	20	2100
20	25	2600
20	25	2900
20	30	3400
20	30	3300
20	40	4500
20	40	4500
20	50	5800
20	50	5800
20	60	7300

TABLA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCION DE TURBINAS

Fig. N.º 4.

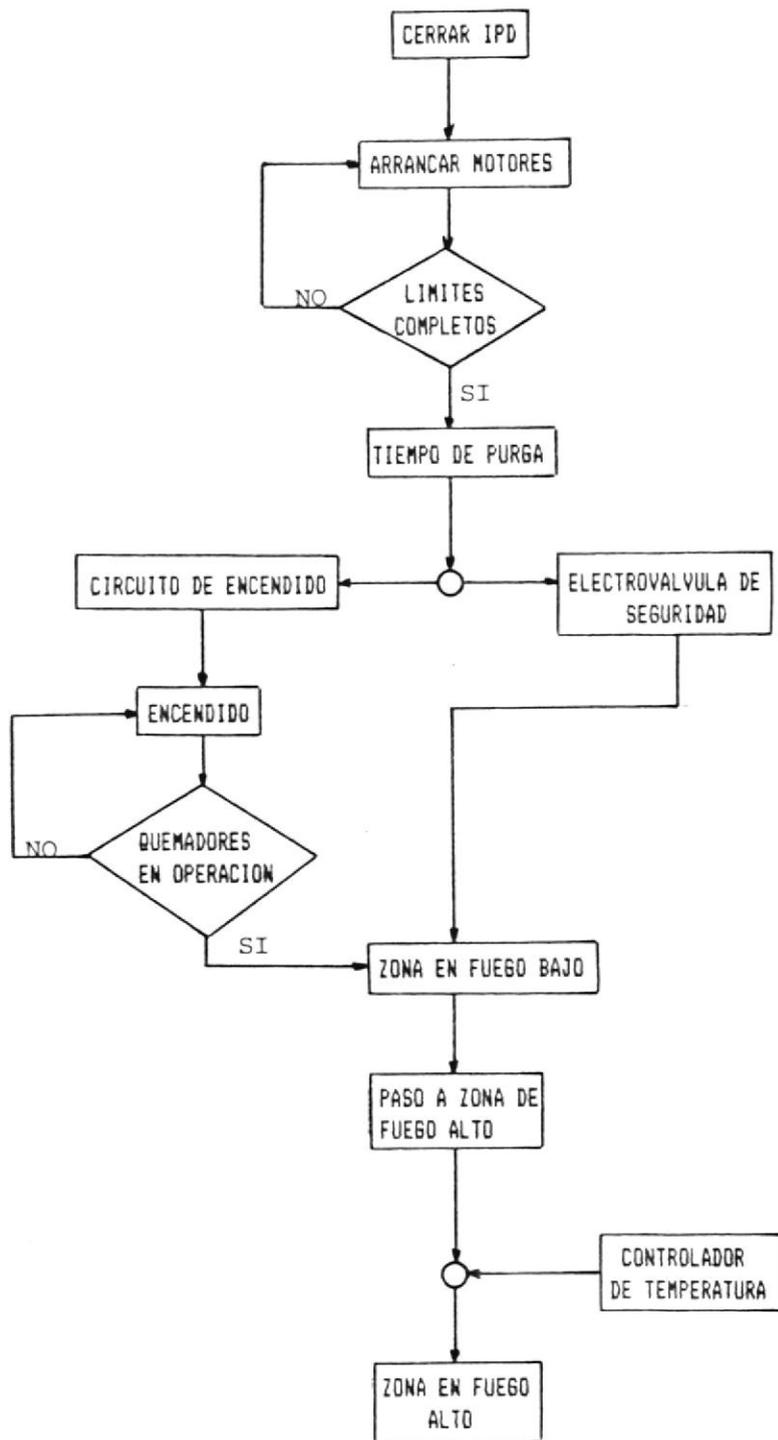


Disposición de los componentes eléctricos en el exterior del tablero de control

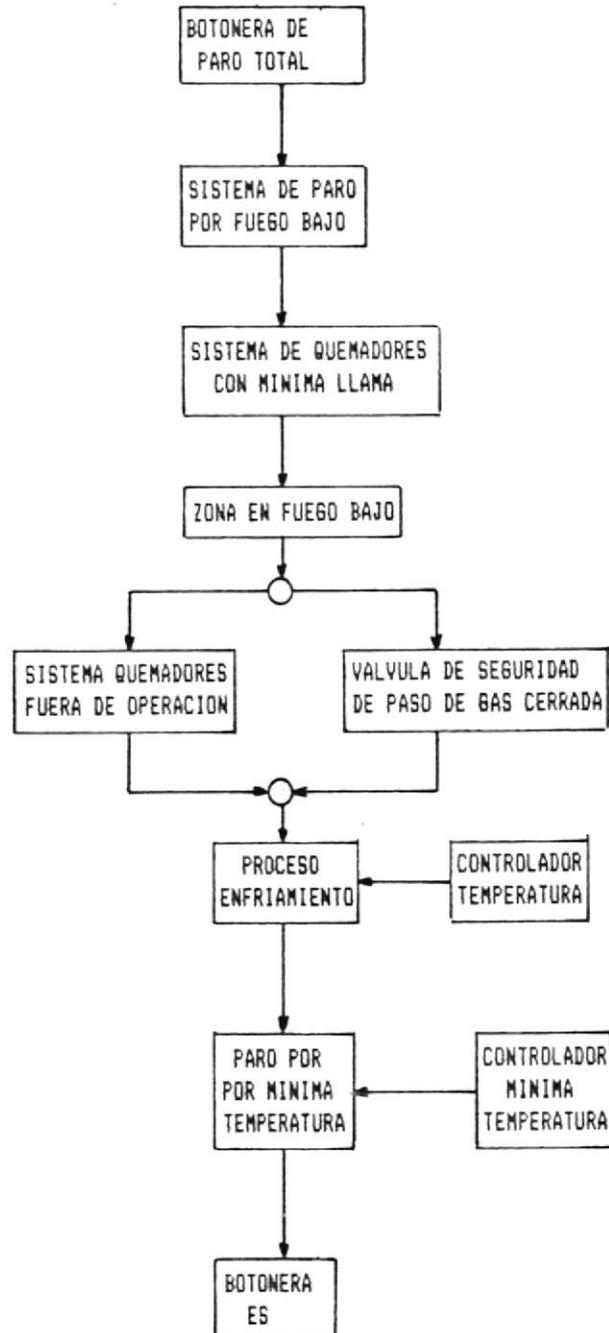
2.10.- SECUENCIA DE PASOS PARA LA OPERACION DEL SISTEMA

En esta sección se explicará la operación del sistema eléctrico de control y seguridad del horno utilizando diagramas de bloque. Cabe anotar que el detalle de la operación del sistema paso a paso se explica en el apéndice de esta tesis.

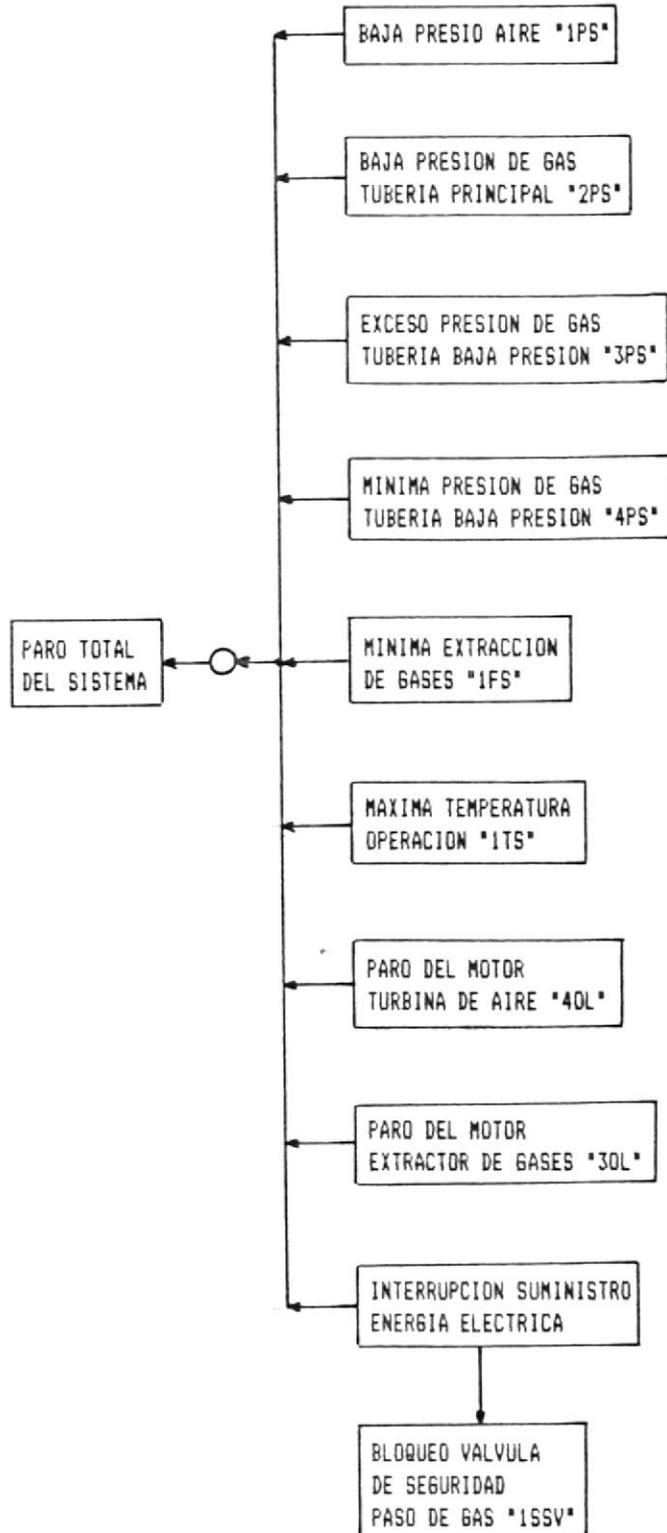
2.10.1.- ENERGIZACION



2.10.2.- DESENERGIZACION



2.10.3.- SISTEMA DE SEGURIDAD



2.11.-COMPONENTES DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL Y SEGURIDAD

A efectos de poder estudiar la operación de los distintos elementos de control que componen el sistema eléctrico del horno, se explicará las principales características operativas y de selección individual. Cabe anotar, que estos dispositivos de control han sido seleccionados considerando las necesidades del sistema, por lo que el diseño de los mismos no forman parte de este trabajo, ya que es exclusividad de diferentes Compañías fabricantes de dispositivos eléctricos de control para la industria.

2.11.1.-DETECTORES DE RADIACION ULTRAVIOLETA (UV).

Los detectores de llama utilizados en el sistema eléctrico de control del horno, son dispositivos capaces de detectar la presencia de radiación ultravioleta emitida por los diferentes tipos de llama.

Estos dispositivos, son altamente usados en los controles de seguridad a efectos de proveer supervigilancia en los quemadores de



combustible.

Todas las llamas producen radiación ultravioleta, la cual es invisible para el ojo humano, pero fácilmente sensadas por tubos detectores de radiación UV.

Los requerimientos básicos para los diferentes tipos de detectores de radiación son:

1.- La vista de la llama piloto deberá ser a lo largo de la dirección de la llama.

2.- La vista para la llama deberá ser en la parte más estable de la misma.

Las bujías para el proceso de encendido son una rica fuente de radiación ultravioleta. Por lo tanto, deberá tenerse presente que al instalar un detector uv, este no responda a las radiaciones emitidas por la bujía. Las características del detector de radiación UV son:

MARCA : "Honeywell"

NOMBRE: "Minipeeper Ultraviolet



Detector"

REFERENCIA: C7035A

2.11.2.-RELE DETECTOR DE LLAMA (FR)

Los relés detectores de llama son dispositivos utilizados en unión con los detectores UV. Son utilizados para captar la presencia de alguna fuente de radiación ultravioleta.

El detector UV al sensor la presencia de una radiación UV, emite una señal en microamperios al circuito electrónico de control del relé detector de llama. El circuito electrónico amplifica esta señal a tal grado que puede operar el relé de llama. Al actuar el relé de llama, cierra contactos entre los terminales "3 y 5", y abre contactos entre los terminales "3 y 4".

Las características del relé detector de llama que ha sido seleccionado para operar en nuestro sistema son(ver fig.N.6):

MARCA : HONEYWELL
NOMBRE : Flame Detector Relay
REFERENCIA : R7023C
DATO DE PLACA: 120V/8W/0,4COS0/60HZ.

2.11.3.-MOTORES ACCIONADORES (CM).

Los motores accionadores son dispositivos utilizados en la industria para controlar la posición de compuertas, válvulas de mariposa, o cualquier otro aparato que requiera rotación o movimiento lineal.

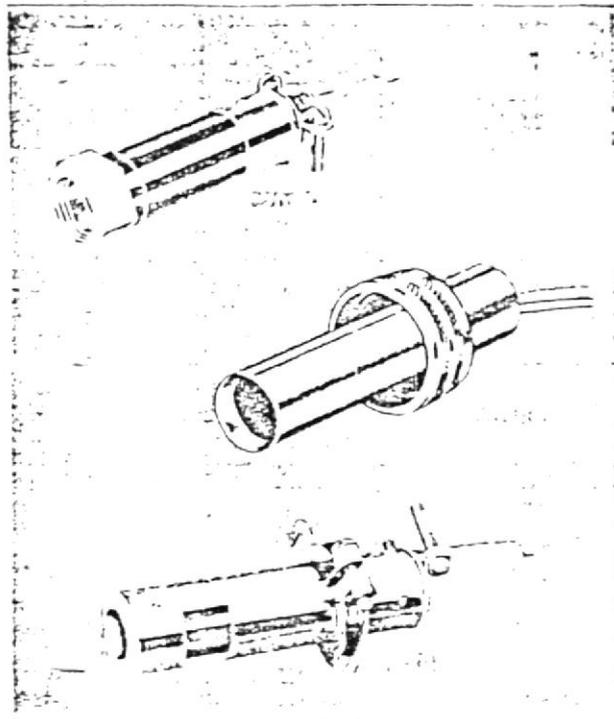
Estos dispositivos poseen un freno interno que detiene al motor y lo mantiene en una posición estacionaria con su respectiva carga siempre que sea desenergizado.

Pueden operar en conjunto con controladores electrónicos de temperatura, siempre y cuando las casas fabricantes así lo establezcan, logrando de este modo un mayor control en la operación de un sistema eléctrico que requiera de su uso.

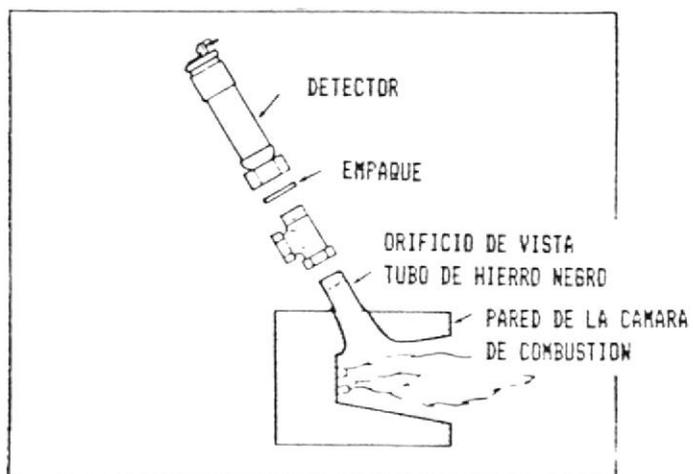
Las características del motor accionador que ha sido seleccionado para operar en nuestro sistema son: (ver fig.N.7 y fig.N.8).

MARCA : HONEYWELL
NOMBRE : "Actionator Motor"

Fig. N. 5.



DETECTOR DE RADIACION U.V. -



Características de montaje del detector de radiación ultravioleta.

Fig. N. 6.

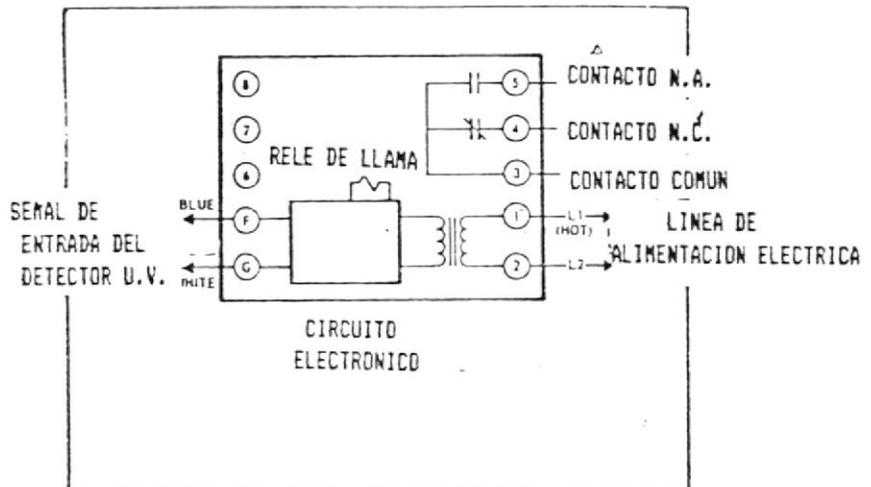
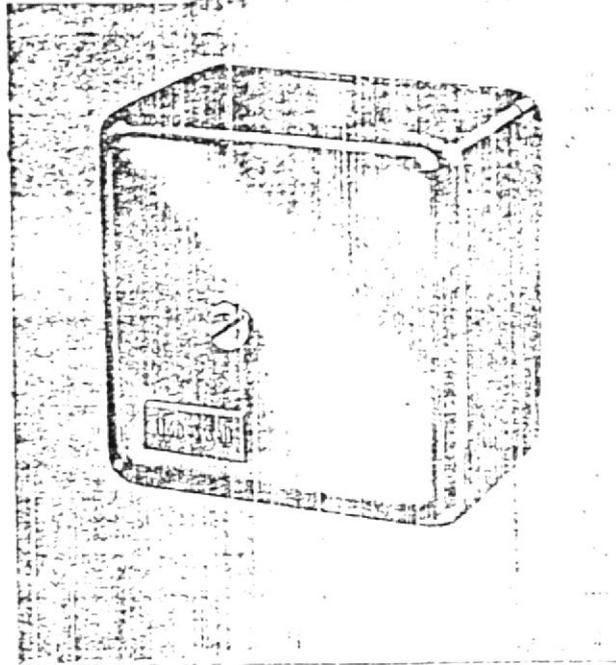


Diagrama eléctrico del relé detector de llama.

Fig. N. 7.

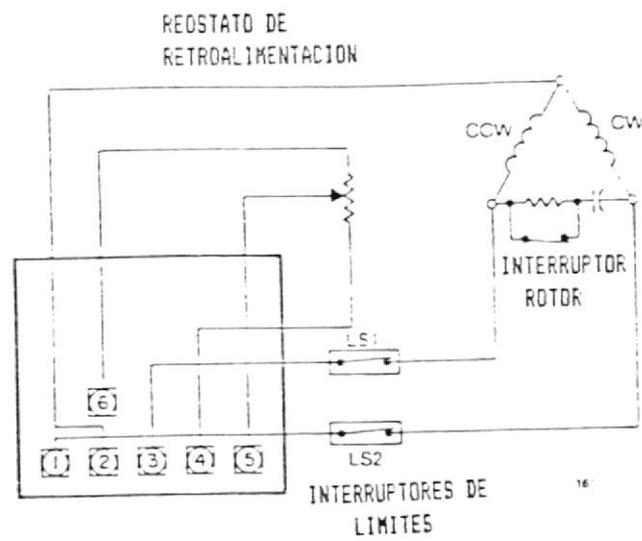


Diagrama eléctrico interno del motor accionador M940B

Fig. N. 8.

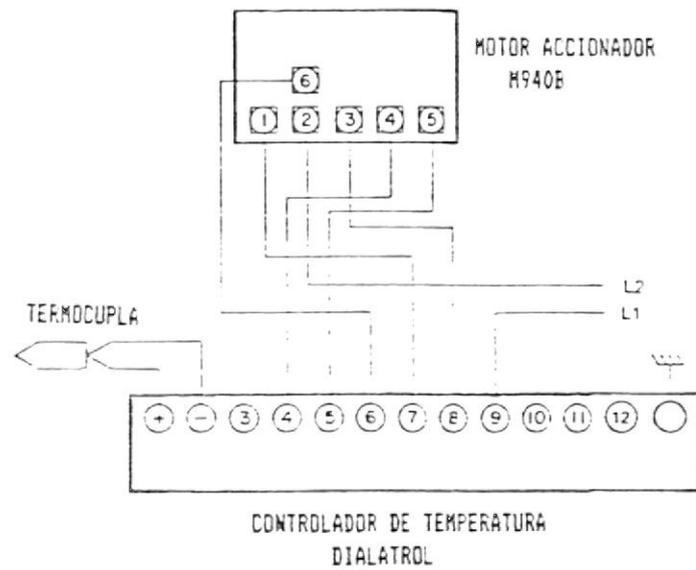


Diagrama de conexión eléctrica del motor accionador M940B
controlador de temperatura Dialatrol R7325

2.11.4.-CONTROLADOR DE TEMPERATURA (1TC)

Los controladores de temperatura son dispositivos diseñados para proveer un control potenciométrico en procesos industriales.

El controlador de temperatura dispone de un dial selector de temperatura, el cual está conectado directamente a un potenciómetro controlador de temperatura, que tiene poder de resolución y dispone de un control proporcional, esto es, puede controlar la posición de un motor reversible de acuerdo a la señal de entrada generada por el selector de temperatura.

Las características del controlador de temperatura que ha sido seleccionado para operar en nuestro sistema son (fig.N.9):

MARCA : HONEYWELL
NOMBRE : "Analog Dialatrol
Controller"
REFERENCIA : R7325E
SEÑAL DE ENTRADA: Termocupla tipo "E"

DATO DE PLACA : 120V/10W/60Hz.

2.11.5.-CONTROLADOR DE TEMPERATURA CON SUPERVISOR DE LLAMA INCORPORADO (2TC).

Los controladores de temperatura con supervisor de llama incorporado son dispositivos utilizados en varios procesos en sistemas industriales. La parte frontal de estos dispositivos presenta un controlador de punto de ajuste analógico compuesta por una escala circular con un indicador de variable en proceso.

Son diseñados de tal modo que pueden aceptar señales de entrada emitidas por varios tipos de sensores externos, con lo cual se puede operar varios circuitos instalados en el instrumento.

Estos dispositivos de control consisten en una fuente de poder, un condicionador de señal, un preamplificador, una escala de punto de ajuste, un amplificador diferencial y un circuito de señal de salida.

Este instrumento, permitira que se active el proceso para el sistema de paro del horno cuando la termocupla sense una señal de temperatura menor o igual a los 400°F y supervisara el sistema de quemadores cuando la temperatura sea ligeramente menor a los 1400°F, es decir que los relés detectores de llama quedan relevados de operar por medio del relé supervisor de llama 16CR.

Las características con las cuales ha sido seleccionado para operar en nuestro sistema son (fig.N.10):

MARCA : HONEYWELL
NOMBRE : "Dilapack ON-OFF
Controller With
Analog Set Point "
REFERENCIA : AV31
SEÑAL DE ENTRADA: Termocupla tipo "E"
DATO DE PLACA : 120V/6,5W/60Hz.

FIG. N. 9 -

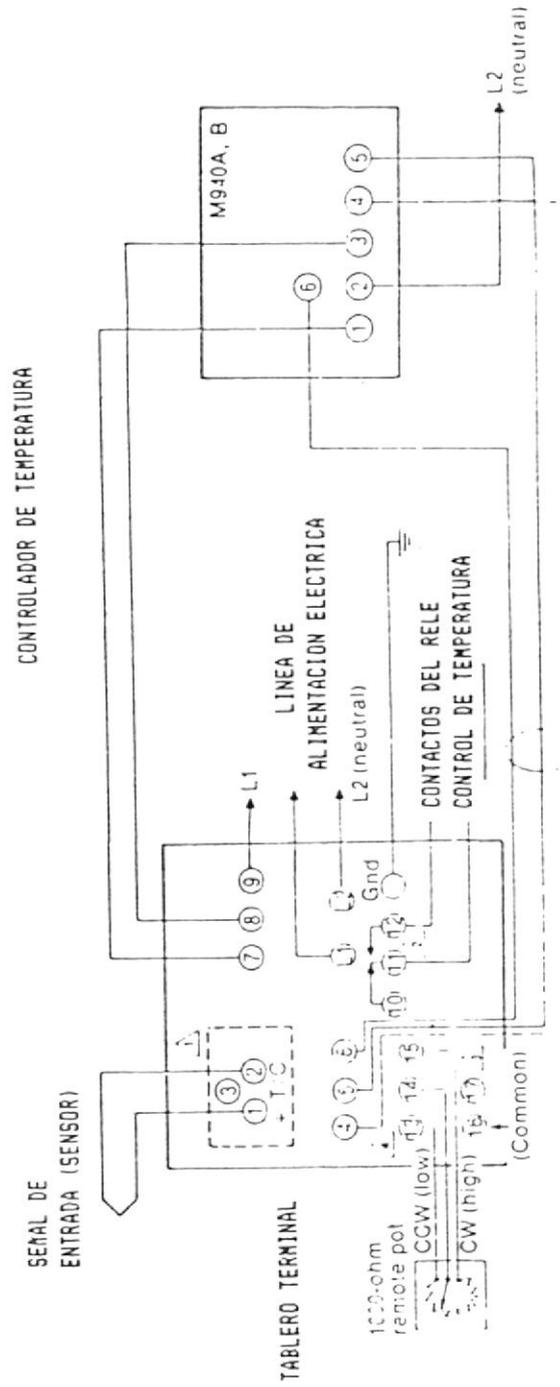
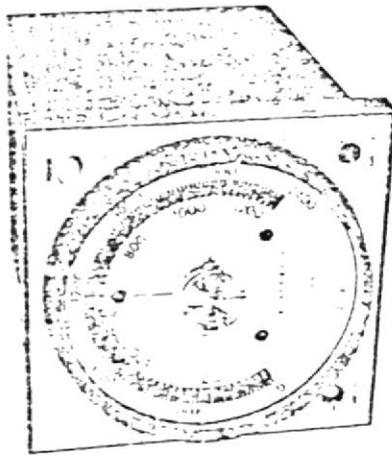
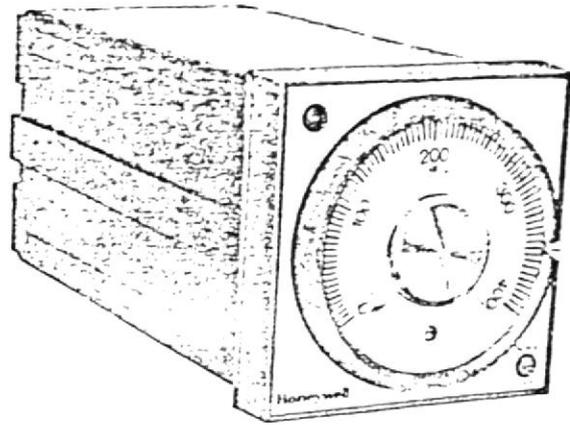


Diagrama de conexión eléctrica del controlador de temperatura.

Fig-N-10.



CONTROLADOR DE MINIMA TEMPERATURA

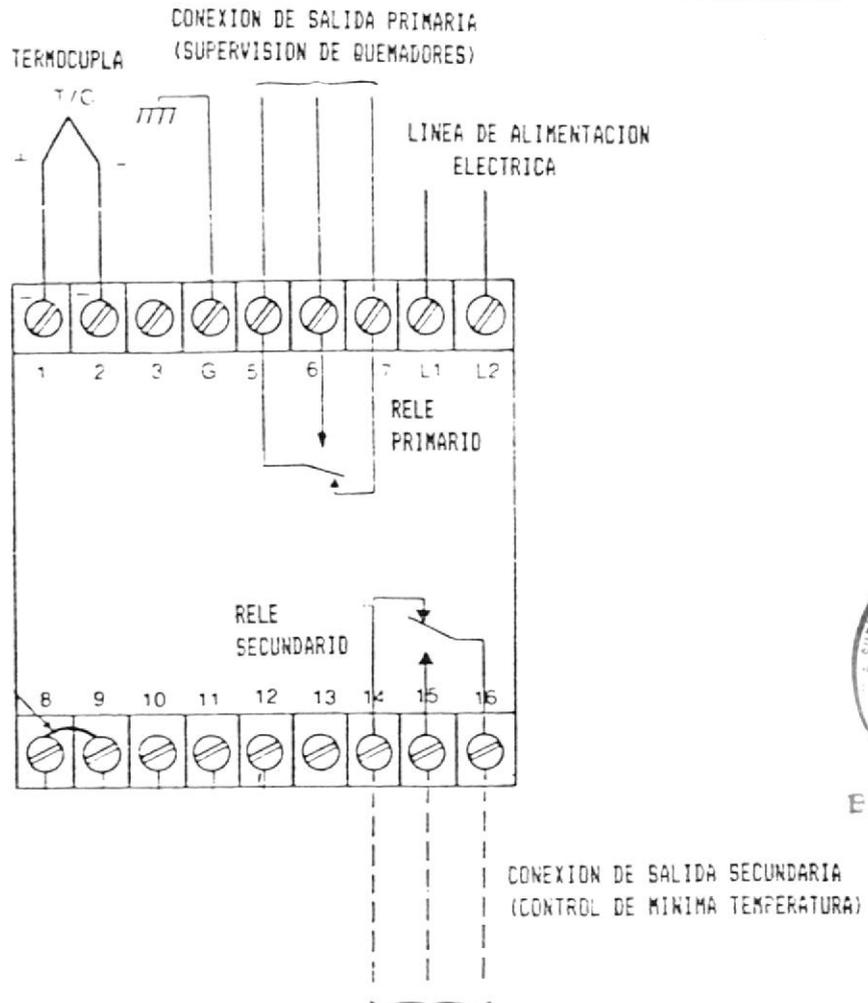


Diagrama de conexión eléctrica del controlador de mínima temperatura con supervisor de llama incorporado.

2.11.6.- TERMOCUPLA (T/C)

La termocupla es el instrumento más utilizado en procesos industriales donde se requiere medición y control de temperatura.

El propósito de los cables de extensión es mover la unión de referencia a un punto donde la temperatura no variará. Los alambres de la termocupla no suelen ser suficientemente largos ni se hallan tan aislados como para conectarse en forma directa al instrumento. Los cables de extensión por lo general están fabricados del mismo material que los alambres de la termocupla y se colocan en un cable doble, con la cubierta individual según el código de color para la identificación de polaridad.

Las combinaciones que se encuentran en el mercado son las siguientes:

- Cromel/alumel
- Hierro/constantan
- Cobre/constantan
- Platino,platino/rodio al 10%

Para nuestro sistema utilizaremos una termocupla de las siguientes características:

MARCA : EISEMANN

TIPO : Termocupla tipo "E"

REFERENCIA : Cromel/alumel

2.11.7.- INTERRUPTORES DE PRESION DE AIRE O GAS (PS)

Los interruptores automáticos por la caída de presión o gas, son dispositivos que tienen un ciclo de conmutación debido a fluctuaciones de presión. Son utilizados en distintos procesos industriales tales como controles de presión, controles de presiones diferenciales y seguridad en sistemas que utilizan g.l.p.

Los interruptores automáticos por caída o incremento excesivo de presión poseen la característica de poder abrir o cerrar un circuito eléctrico por medio de sus contactos auxiliares de un polo.

Los presotatos que conforman el sistema de seguridad tienen las siguientes

características:

MARCA : HONEYWELL
NOMBRE : "Gas Pressure
Switch"
REFERENCIA : C437D/E
PRESION DE OPERACION: 0,5"H2O - 10PSI
PRESION MAXIMA : 3PSI - 206,8KPa

2.11.8.-INTERRUPTOR DE FLUJO DE AIRE (FS)

El interruptor de flujo de aire es un dispositivo que tiene la característica de poder abrir o cerrar un circuito eléctrico de control por medio de sus contactos auxiliares. Es operado por presión o succión en un ducto de aire, al cual es montado en un lugar conveniente donde haya suficiente succión o presión para que pueda ser operado.

El interruptor de flujo de aire generalmente es utilizado en conexión con otros dispositivos de seguridad a efectos de poder interrumpir un circuito de control ante la presencia de una falla ocasionada por desperfectos en ventiladores, compuertas de

válvulas bloqueadas, etc.

El interruptor de flujo de aire puede ser utilizado para cualquier aplicación donde la succión o presión en un ducto de aire es la fuerza motivadora y la apertura o cierre de un contacto eléctrico es la acción requerida. Consiste esencialmente en un aspa oscilante montada en un punto cónico en una cámara de aluminio. El movimiento oscilante del aspa actúa un microinterruptor de un polo doble vía que es utilizado para abrir o cerrar circuitos eléctricos de control, dependiendo del trabajo a realizar por el sistema.

El interruptor de flujo de aire que ha sido seleccionado para operar en el sistema de seguridad tiene las siguientes características:

MARCA : DRYING SYSTEMS
COMPANY

NOMBRE : "Air flow
switch"

REFERENCIA : 955-R

PRESION DE OPERACION: 0,12 - 10 "H2O

VOLTAJE :115/230 VAC.
AMPERAJE :10/5 Amp.

2.11.9.- VALVULAS SELENOIDES DE SEGURIDAD DE CIERRE RAPIDO (1SSV)

Las válvulas de seguridad de cierre rápido son el corazón del sistema eléctrico de seguridad de un horno industrial que utiliza G.L.P. como elemento combustible.

Si ante la presencia de una falla en el sistema del horno, todos los dispositivos componentes del sistema de seguridad operan correctamente y la válvula de seguridad de cierre rápido falla al cerrar su compuerta, entonces el sistema eléctrico de seguridad pierde el propósito de su diseño ya que la ocurrencia de un colapso es elocuente.

Las válvulas de seguridad de cierre rápido disponen de un circuito electrónico con retardo de tiempo a efectos de eliminar paros indeseables ocasionados por momentáneas interrupciones de energía.

La válvula de seguridad puede ser abierta sólo cuando hay voltage aplicado en los terminales y cierra herméticamente cuando hay una interrupción de energía, la cual no puede ser abierta hasta el momento en que la energía vuelva a ser restaurada.

La electroválvula de seguridad de cierre rápido para el paso de gas que ha sido seleccionada para operar en el sistema de seguridad tiene las siguientes características:

MARCA : NORTH AMERICAN
NOMBRE : "Manual Reset Fuel
Shutoff Solenoid Valve"
REFERENCIA : 1520K
PRESION MAXIMA: 50PSI.

2.11.10.- CONTROLADORES DE PRESION

Los controladores de presión, son dispositivos utilizados para controlar la presión interna desarrollada por los gases calientes en el interior un horno.

Es diseñado para poder recibir una señal de presión en miliampérios emitida por un transmisor externo, la cual es comparada con la señal de punto de ajuste del instrumento, y señal de error es utilizada para operar bobinas de relés incorporadas en el instrumento a efectos de poder controlar motores reversibles, válvulas selenóides o cualquier otro equipo de control dependiendo de las necesidades del sistema, con lo cual se obtendra el punto de control deseado.

El controlador de presión que ha sido seleccionada para operar en el sistema tiene las siguientes características (fig.N.11):

MARCA	: NORTH AMERICAN
NOMBRE	: "Epic II Pressure Control System"
DATO DE PLACA	: 120V/4.8W/60HZ.
PRESION DE OPERACION:	-0,5 a +0,5wc.

Fig. N. 11.

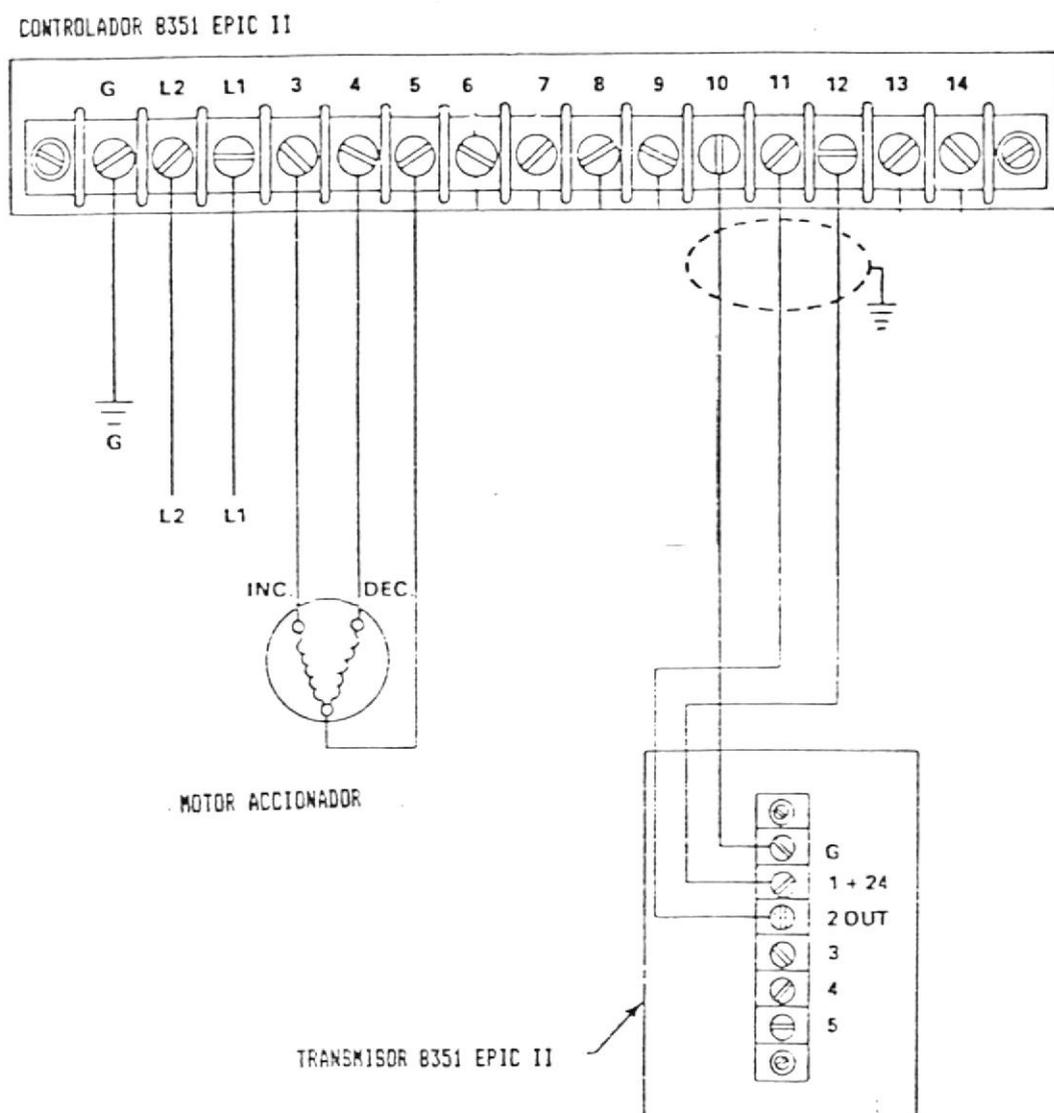


Diagrama de conexión eléctrica del sistema de control de presión.

2.11.11.- TRANSFORMADORES DE CONTROL

Considerando que en nuestro sistema existen más de 5 accionamientos magnéticos, es aconsejable la utilización de un transformador de control. Este deberá ser conectado entre dos fases, debido a que esta conexión presenta la ventaja de poder ser conectado en un circuito puesto a tierra.

Para la determinación de la potencia necesaria para nuestro transformador de control, hay que considerar toda la carga conectada en servicio permanente:

CONTACTORES.-

MARCA; Telemecanique

REFERENCIA: LC1-D173GA65

REFERENCIA BOBINA: LX1-DO9110

DATO	DE	PLACA:
120V/2,4W/7,63VAR/0,3Cos0/9,5VA/60Hz.		

RELE AUXILIAR.-

MARCA; Telemecanique

REFERENCIA: CA2-DK122G65

REFERENCIA BOBINA: LX1-D09110

DATO DE PLACA:

120V/2,4W/7,63VAR/0,3Cos0/9,5VA/60Hz.

RELE DE TIEMPO CON ACCIONAMIENTO POR MOTOR.-

MARCA: Siemens

REFERENCIA BOBINA: 7PR32 04-4AF

DATO DE PLACA: 120V/2,99VAR/0,67Cos0/4VA/60Hz.

LAMPARAS PILOTO (30,5mm0).-

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: XB2-MV103

BOMBILLO: DL1-BA160

DATO DE PLACA: 120V/5W

VALVULA DE SEGURIDAD DE CIERRE RAPIDO.-

MARCA: North American

REFERENCIA: 1520K

DATO DE

PLACA: 120V/13W/33,68VAR/0,36Cos0/60Hz.

RELE DETECTOR DE LLAMA.-

MARCA: Honeywell

REFERENCIA: R7023C

DATO DE PLACA: 120V/8W/18,33VAR/0,4Cos0/60Hz.

MOTOR ACCIONADOR.-

MARCA: Honeywell

REFERENCIA: M940 A 1059-CSA ENCL4

DATO DE PLACA: 120V/23W/6,85VAR/0,9Cos0/60Hz.

CONTROLADOR DE TEMPERATURA.-

MARCA: Honeywell

REFERENCIA: R7352E

DATO DE PLACA: 120V/10W/60Hz.

CONTROLADOR DE MINIMA TEMPERATURA.-

MARCA: Honeywell

REFERENCIA: AV31

DATO DE PLACA: 120V/6,5W/60Hz.

TRANSFORMADORES DE IGNICION.-

MARCA: Jefferson

REFERENCIA: 633-181

DATO

DE

PLACA: 120V/54W/107,16VAR/0,45Cos0/60Hz.

ELECTROVALVULAS DE PASO.-

MARCA: ITT General Controls

REFERENCIA: K3A552

DATO DE PLACA: 120V/14W/28,57VAR/0,44Cos0/60Hz.

CONTROLADOR DE PRESION.-

MARCA: Honeywell

REFERENCIA: EPIC II Pressure Control System

DATO DE PLACA: 120V/4,8W/60Hz.

POTENCIA ACTIVA TOTAL:

NOMBRE	CANTIDAD	POTENCIA
TOTAL(watt)		
Contactador	4	9,6
Relé auxiliar	18	43,2
Temporizador	7	18,9
Lámparas	16	80,0
1.S.S.V.	1	13,0
Relé FR	4	8,0
Motor accionador	2	46,0
Controlador 1CT	1	10,0
Controlador 2CT	1	6,5
Transformador TI	4	216,0
Electroválv.	4	56,0
Controlador 1CP	1	4,8

POTENCIA ACTIVA TOTAL = 536 Watts.

POTENCIA REACTIVA TOTAL:

NOMBRE	CANTIDAD	POTENCIA
TOTAL(var)		

MARCA: Honeywell

REFERENCIA: EPIC II Pressure Control System

DATO DE PLACA: 120V/4,8W/60Hz.

POTENCIA ACTIVA TOTAL:

NOMBRE	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL(watt)
Contactador	4	9,6
Relé auxiliar	18	43,2
Temporizador	7	18,9
Lámparas	16	80,0
1.S.S.V.	1	13,0
Relé FR	4	8,0
Motor accionador	2	46,0
Controlador 1CT	1	10,0
Controlador 2CT	1	6,5
Transformador TI	4	216,0
Electroválv.	4	56,0
Controlador 1CP	1	4,8

POTENCIA ACTIVA TOTAL = 536 Watts.

POTENCIA REACTIVA TOTAL:

NOMBRE	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL(var)
Contactador	4	30,5
Relé auxiliar	18	137,4
Temporizador	7	20,9
1.S.S.V.	1	33,7
Relé FR	4	73,3
Motor accionador	2	17,7
Transformador TI	4	428,6
Electroválv.	4	114,3

POTENCIA REACTIVA TOTAL = 856,4 VAR

POTENCIA APARENTE TRANSFORMADOR DE CONTROL =
1010,33 VA

TRANSFORMADOR DE CONTROL.-

MARCA: Siemens

REFERENCIA: 4AN42 51-8AA

POTENCIA: 1,6KVA

VOLTAJE PRIMARIO: 240 V

VOLTAJE SECUNDARIO: 120 V

TIPO: UJ

TAMANO: 132/70

TABLA N. III.

Transformadores monofásicos

Grupo de conexión: 110

Clase de protección IP 00, frecuencia 50/60 Hz											
Potencia nominal	Tipo de bobinado	Tensión nominal de entrada	Tensiones nominales de salida			Fu. 500 V (EN61)	Fu. 500 V (EN61)	Fu. 500 V (EN61)	Frec. Hz	Aumento de temperatura en °C	
			salida nominal	220 V	N.º de bob. de						
kVA	V	V	N.º de bob. de	N.º de bob. de	N.º de bob. de						
para aplicación general											
0,025	E	60/20	24	4AM46 53-2AA	5	4AM46 53-3AA	3	—	—	0,5	21
0,04	E	60/22	—	4AM47 53-4AA	6	4AM47 53-5AA	4	—	—	0,66	20,5
0,063	E	78/26	—	4AM48 53-6AA	8	4AM48 53-7AA	6	4AM48 53-8AA	5	—	11
0,1	E	84/42	—	4AM49 54-0AA	10	4AM49 54-1AA	8	4AM49 54-2AA	7	—	11
0,16	E	78/26	42	4AM48 54-6AA	8	4AM48 54-7AA	6	4AM48 54-8AA	5	—	16
0,25	E	84/42	—	4AM49 55-0AA	10	4AM49 55-1AA	8	4AM49 55-2AA	7	—	11
0,025	E	60/20	220	—	—	4AM46 55-7AA	2	4AM46 55-8AA	1	0,5	26
0,04	E	60/22	—	—	—	4AM47 56-0AA	4	4AM47 56-1AA	3	0,66	20,5
0,063	E	78/26	—	—	—	4AM48 56-2AA	6	4AM48 56-3AA	5	—	11
0,1	E	84/42	—	—	—	4AM49 56-4AA	8	—	—	—	11
para circuitos de mando (revelado de entrada sin toma) y para aplicación general											
Tensión de prueba 2,5 kV según VDE 0550 parte 3/12 69 °C § 17											
0,16	E	96/44	24	4AM50 54-3AA	12	4AM50 54-4AA	10	4AM50 54-5AA	8	2,4	6,7
0,25	E	96/58	—	4AM51 56-8AA	14	4AM51 57-0AA	11	—	—	3,4	6,4
0,4	E	120/52	—	4AM52 57-1AA	16	4AM52 57-2AA	13	4AM52 57-3AA	10	5	5,0
0,63	E	150N/48	—	4AM53 67-0AA	17	4AM53 67-1AA	15	4AM53 67-2AA	14	8	4,2
1,0	U	114/62	—	4AN41 45-5AA	19	4AN41 45-6AA	17	—	—	11	6,7
1,6	U	132/70	—	4AN42 45-7AA	21	4AN42 45-8AA	19	—	—	16	6,7
0,16	E	96/44	42	4AM50 55-3AA	12	4AM50 55-4AA	10	4AM50 55-5AA	8	2,4	6,7
0,25	E	96/58	—	4AM51 57-4AA	14	4AM51 57-5AA	11	—	—	3,4	6,4
0,4	E	120/52	—	4AM52 57-6AA	16	4AM52 57-7AA	13	4AM52 57-8AA	10	5	5,0
0,63	E	150N/48	—	4AM53 67-3AA	17	4AM53 67-4AA	15	4AM53 67-5AA	14	8	4,2
1,0	U	114/62	—	4AN41 46-3AA	19	4AN41 46-4AA	17	—	—	11	6,7
1,6	U	132/70	—	4AN42 46-5AA	21	4AN42 46-6AA	19	—	—	16	6,7
0,16	E	96/44	110	4AM50 55-6AA	12	—	—	—	—	2,4	6,7
0,25	E	150N/48	—	4AM53 67-6AA	17	—	—	—	—	8	4,2
0,4	E	120/52	—	4AM52 58-0AA	16	—	—	—	—	2,4	6,7
0,63	E	150N/48	—	4AM53 67-7AA	17	—	—	—	—	5	5,0
1,0	U	114/62	—	—	—	4AN42 47-1AA	19	—	—	16	6,7
1,6	U	132/70	—	—	—	4AN43 47-2AA	21	—	—	22	5,7
para circuitos de mando (contactores) según VDE 0550 parte 3/12 69 y para aplicación general											
Devanado de entrada con toma, con ± 5% de la tensión nominal											
Tensión de prueba 2,5 kV											
0,04	E	78/26	24	—	—	4AM48 35-0BA	4	—	—	1,0	10
0,063	E	78/26	—	4AM48 35-7AA	8	4AM48 35-8AA	6	—	—	1,75	10
0,1	E	84/42	—	4AM49 54-1AA	10	4AM49 54-1BA	8	—	—	2,4	8,7
0,16	E	96/44	—	4AM50 64-1AA	12	4AM50 64-2AA	10	—	—	3,4	6,4
0,25	E	96/58	—	4AM51 58-2AA	14	4AM51 25-2BA	12	—	—	5	5,0
0,063	E	78/26	42	—	—	4AM48 35-3BA	6	—	—	1,1	10
0,1	E	84/42	—	4AM49 35-4BA	8	4AM49 35-5BA	8	—	—	1,75	10
0,25	E	96/58	—	4AM51 35-6BA	14	4AM51 35-7BA	12	—	—	3,4	6,4
0,04	E	78/26	222	4AM48 58-3AA	7	4AM48 58-4AA	4	—	—	1,0	10
0,063	E	78/26	—	4AM48 66-3AA	8	4AM48 58-5AA	6	4AM48 58-6AA	5	1,1	10
0,1	E	84/42	—	4AM49 66-0AA	10	4AM49 58-7AA	8	4AM49 58-8AA	7	1,75	10
0,16	E	96/44	—	4AM50 66-4AA	12	4AM50 66-5AA	10	4AM50 66-6AA	8	2,4	8,7
0,25	E	96/58	—	4AM51 60-0AA	14	4AM51 60-1AA	12	4AM51 60-2AA	10	3,4	6,4
0,4	E	120/52	—	4AM52 64-7AA	16	4AM52 60-3AA	13	4AM52 60-4AA	12	5	5,0
0,6	E	150N/48	—	4AM53 70-2AA	17	4AM53 70-3AA	14	4AM53 70-4AA	13	7,5	5,0
0,63	E	150N/48	—	4AM53 68-0AA	18	4AM53 68-1AA	15	4AM53 68-2AA	14	8,0	4,2
0,8	U	114/62	—	4AN41 52-4AA	19	4AN41 52-5AA	17	4AN41 52-6AA	15	10,5	10
1,0	U	114/62	—	4AN41 47-6AA	20	4AN41 47-7AA	17	4AN41 47-8AA	16	11,0	8,5
1,6	U	132/70	—	4AN42 51-8AA	25	4AN42 48-1AA	19	4AN42 48-2AA	18	16,0	6,7
2,5	E	150/75	—	4AN43 52-7AA	26	4AN43 52-8AA	20	4AN43 53-1AA	19	20,5	5,7
4,0	U	180/75	—	4AN43 48-3AA	26	4AN43 48-4AA	21	4AN43 48-5AA	20	22,0	5,7
6,3	U	210/75	—	—	—	4AN44 48-6AA	26	4AN44 48-7AA	26	33,0	4,6
10,0	U	210/75	—	—	—	4AN45 48-8AA	28	4AN45 52-1AA	27	50,0	3,8
Ejecución para varias tensiones											
Entrada conmutable en bobinas a 550 - 500 - 490 - 470 - 440 - 420 - 400 - 380 - 360 - 220 - 200 V											
0,1	E	84/42	220 V	4AM49 63-8AA	—	—	—	—	—	1,75	10
0,16	E	96/44	220 V	4AM50 64-0AA	—	—	—	—	—	2,6	6,7
0,25	E	96/58	220 V	4AM51 66-8AA	—	—	—	—	—	3,4	6,4
0,4	E	120/52	220 V	4AM52 70-5AA	—	—	—	—	—	5,5	5,0
0,63	E	150N/48	220 V	4AM53 70-6AA	—	—	—	—	—	8,5	4,2
1,0	U	114/62	110 V	4AN41 50-3AA	—	—	—	—	—	11,5	6,7
1,6	U	132/70	110 V	4AN42 50-4AA	—	—	—	—	—	17,0	6,7
2,5	E	150/75	110 V	4AN43 50-5AA	—	—	—	—	—	22,0	5,7
4,0	E	180/75	110 V	4AN44 50-6AA	—	—	—	—	—	34,0	4,6
6,3	E	210/75	110 V	4AN45 50-7AA	—	—	—	—	—	51,0	3,8
10,0	E	210/75	110 V	4AN46 71-8AA	—	—	—	—	—	72,0	3,4

TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA SELECCIÓN DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS DE CONTROL.

2.11.12.- RELES AUXILIARES Y CONTACTORES

Cuando dispositivos pilotos son operados en sistemas de control magnéticos en la Industria, dos tipos de aparatos electromagnéticos, relés y contactores, son energizados y deenergizados para controlar las diferentes operaciones de una máquina.

Los relés y contactores son dispositivos electromagnéticos en el sentido de que fuerzas magnéticas son producidas cuando corrientes eléctricas pasan a través de bobinas de alambre; por lo que en respuesta a éstas fuerzas contactos eléctricos son abiertos o cerrados por el movimiento de la armadura.

Según el NEMA, un relé es un dispositivo que es operativo por la variación en las condiciones de un circuito eléctrico para efectuar la operación de otros dispositivos en el mismo u otro circuito eléctrico.

Un contactor es un dispositivo que repetidas veces establece ó interrumpe un circuito

eléctrico de fuerza.

Es importante reconocer la diferencia entre los dos, notando particularmente que el relé, sirviendo con un papel secundario, con una operación de otros dispositivos mientras que un contactor es una unidad primaria, realizando su trabajo en el circuito principal de fuerza.

Las características de los relés y contactores utilizados en nuestro sistema son:

CONTACTORES.-

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: LC1-D173GAGS

RESISTENCIA: (20°C) = 5,980hms

INDUCTANCIA LAZO CERRADO = 0,22H

CONTACTORES: 3P+1NC+1NA

REFERENCIA BOBINA: LX1-D09110

RELE AUXILIAR.-

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: CA2-DN122G65

RESISTENCIA (20°C) = 5,980hms

INDUCTANCIA LAZO CERRADO = 0,22H



CONTACTORES: 2NA+2NC
REFERENCIA BOBINA: LX1-D09110

2.11.13.- TEMPORIZADORES

Una de las ventajas más importantes que se dispone en circuitos controlados automáticamente es que la secuencia de operaciones pueden ser gobernados en el tiempo con gran exactitud utilizando relés de tiempo ó temporizadores. Existe una variedad enorme de temporizadores que pueden ser ajustados para proveer retardo de tiempo desde fracciones de segundos hasta varios minutos.

Los temporizadores seleccionados para operar en nuestro sistema trabajan con retardo de tiempo a la excitación y las características de los mismos son:

MARCA: Siemens

REFERENCIA: 7PR32 04-4AF

FUNCION: Retardo en la excitación.

CONTACTOS: 1 Instantáneo + 2 Contactos de conmutación con acción retardada (1NA+1NC)

MARGEN DE AJUSTE: 0,15 - 6seg

1,00 - 60seg

0,10 - 6min

1,00 - 60min

0,10 - 6min

2.11.14.- INTERRUPTORES SELECTORES

Los sistemas automáticos de control siempre inician su operación con la señal de dispositivos pilotos, por lo que para nuestro sistema se han empleado interruptores, selectores y botoneras.

Los interruptores selectores son aquellos que no poseen fuerza para retornar a la posición anterior. Siempre permanece en la posición a la cual fue llevado y únicamente de ser accionado pasa a otra posición. (mecanismo de enclavamiento).

Los pulsadores son aquellos interruptores sin enclavamiento, con fuerza para retornar a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar.

Las características para el pedido de estos

interruptores son:

PULSADOR EMERGENCIA.-

MARCA: Siemens

REFERENCIA: 3SB1120-1HC20

NOMBRE: Pulsador con botón en forma de hongo
70 mm

CONTACTOS: 2NC

PULSADOR DE MARCHA.-

MARCA: Siemens

REFERENCIA: 3SB1100-0AB20

NOMBRE: Pulsador con botón normal

PULSADOR DE PARADA.-

MARCA: Siemens

REFERENCIA: 3SB1100-0AC20

NOMBRE: Pulsador con botón normal

INTERRUPTOR SELECTOR.-

MARCA: Siemens

REFERENCIA: 3SB11 00-2AB20

NOMBRE: Interruptor selector con enllavamiento.

2.11.15.- ELECTROVALVULAS DE PASO

Considerando que en nuestro sistema de quemadores es necesario el uso de mecanismos que permitan el paso o la interrupción del flujo de gas hacia los quemadores, se ha seleccionado electroválvulas de paso de gas, las cuales al ser accionadas sus bobinas crean un campo magnético con la respectiva atracción de un émbolo que abre o cierra el paso de gas en las tuberías hacia el sistema de quemadores.

Las características de las electroválvulas que han sido seleccionadas para operar en nuestro sistema son:

MARCA: "ITT General Controls"

NOMBRE: "Solenoid Valves"

REFERENCIA: K3ASS2

DATO DE PLACA: 120 V/14W/0,44/Cos0.

2.11.16.- TRANSFORMADORES DE IGNICION

Considerando que el sistema de bujías utilizados en nuestro sistema para poder activar el proceso de encendido necesitan de una señal de alto voltaje, se debe disponer de

un transformador elevador de tensión en cada una de las bujías componentes para el proceso de encendido.

De este modo, los transformadores de ignición seleccionados para operar en nuestro sistema tienen las siguientes características:

MARCA: "Jefferson"

NOMBRE: "Ignition Transformer"

REFERENCIA: 633-181

TIPO: Accionamiento para una bujía

DATO DE PLACA: Primario 120v,

Secundario 6000v.

Pot. Apar= 150KVA

Amps.Secund= 20MA.

Frec. = 60Hz.

Un terminal aterrizado.

2.11.17.- BUJIAS

El sistema de bujías es el conjunto de dispositivos instalados en el cuerpo de los quemadores con el objeto de iniciar el proceso de encendido de la mezcla aire/combustible al producirse la chispa característica cuando se aplica alta tensión.

Una bujía está constituida por:

a.) Un conductor eléctrico central en comunicación con un hilo conductor de corriente, y terminando en su parte inferior en un asta de acero níquel (electrdo central), situado a una distancia de medio milímetro de una punta metálica (electrdo de masa) directamente unida al cuerpo externo de la bujía.

b.) Un cuerpo aislante de porcelana que aísla el conductor central.

c.) Una parte exterior metálica que lleva una rosca para ser atornillada al cuerpo del quemador y que tiene también una parte exagonal que debe ser sujeta con una "llave bujía" para el enroscado y desenroscado.

Dada la estructura de una bujía se produce una ruptura dieléctrica en el aire entre los dos electrodos al aplicarse alta tensión, produciéndose así la chispa que enciende la mezcla aire/combustible.

2.11.18.- FUSIBLES/INTERRUPTOR DE POTENCIA

Sistema eléctrico de nuestro horno en estudio ha sido diseñado con las seguridades necesarias para obtener una óptima protección contra cortocircuitos.

Los orígenes de un cortocircuito pueden estar en una falla de aislamiento o en una conexión incorrecta. Los cortocircuitos casi siempre están acompañados por arcos voltaicos que pueden destruir la instalación o poner en peligro al personal. Los cortocircuitos provocan esfuerzos térmicos y dinámicos en los conductores y demás componentes de la instalación por los cuales circulan.

La función de la protección contra cortocircuitos es limitar los efectos y las consecuencias de éstos al mínimo posible. Para ello, los cortocircuitos son detectados en milisegundos, al mismo tiempo que se dispone de su interrupción, para lo cual, una limitación de corriente es provechosa. Es por éste motivo que en nuestro sistema se utiliza una combinación de un interruptor de potencia

con fusibles.

Las intensidades nominales máximas admisibles para los fusibles se indican en los catálogos de interruptores.

En éste caso, el fusible debe tomar a su cargo la interrupción a partir de una corriente de cortocircuito menor que la correspondiente a la capacidad nominal de ruptura del interruptor.

Ademas, los circuitos auxiliares deberan estar protegidos contra posibles cortocircuitos y la selección del fusible toma lugar en base a la máxima corriente que fluira en el circuito en operación normal. Estos son:

FUSIBLE 7F DEL CIRCUITO # 5.-

CARGA	P(watt)	Q(var)
1 TI	54	107,2
2 TI	54	107,2
3 TI	54	107,2
4 TI	54	107,2

$$I = P_t / V * \text{Cos}\theta$$

$$I = 3,99 \text{ Amps.}$$

PORTA-FUSIBLE MODULAR 1 POLO:

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: DF6-AB08

FUSIBLE TIPO CARTUCHO: 6 Amps.

FUSIBLE 8F DEL CIRCUITO # 4.-

CARGA	P(watt)	Q(var)
1CP	4,8	--
2CT	6,5	--
13L	5,0	--
16CR	2,4	7,6
15L	5,0	--
18CR	2,4	7,6
14L	5,0	--

$$I = Pt / V * \text{Cos}\theta$$

$$I = 0,45 \text{ Amps.}$$

PORTA-FUSIBLE MODULAR 1 POLO:

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: DF6-AB08

FUSIBLE TIPO CARTUCHO: 1 Amps.

FUSIBLE 9F DEL CIRCUITO # 3.-

CARGA	P(watt)	Q(var)
1M	2,4	7,6
2M	2,4	7,6
3M	2,4	7,6
4M	2,4	7,6
LP	5,0	--
1L	5,0	--
2L	5,0	--
3L	5,0	--
4L	5,0	--
5L	5,0	--
7L	5,0	--
8L	5,0	--
9L	5,0	--
10L	5,0	--
11L	5,0	--
12L	5,0	--
1CR	2,4	7,6
3CR	2,4	7,6
4CR	2,4	7,6
5CR	2,4	7,6

CARGA	P(watt)	Q(var)
6CR	2,4	7,6
7CR	2,4	7,6
8CR	2,4	7,6
9CR	2,4	7,6
10CR	2,4	7,6
11CR	2,4	\ 7,6
1TR	2,7	2,9
2TR	2,7	2,9
3TR	2,7	2,9
4TR	2,7	2,9
1FR	8,0	18,3
2FR	8,0	18,3
3FR	8,0	18,3
4FR	8,0	18,3
1BV	14,0	28,6
2BV	14,0	28,6
3BV	14,0	28,6
4BV	14,0	28,6
1SSV	13,0	33,7
1CT	10,0	--

$$I = P / V * \text{Cos}\theta$$

$$I = 3,35 \text{ Amps.}$$

PORTA-FUSIBLE MODULAR 1 POLO:

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: DF6-AB08

FUSIBLE TIPO CARTUCHO: 6 Amps.

FUSIBLE DEL LADO PRIMARIO DEL TRANSFORMADOR DE CONTROL 5FU Y 6FU.-

$$I_2 = 3,99 + 0,45 + 3,35$$

$$I_2 = 7,79$$

$$I_1 * V_1 = I_2 * V_2$$

$$I_1 = 3,89$$

PORTA-FUSIBLE MODULAR 1 POLO:

MARCA: Telemecanique

REFERENCIA: DF6-AB08

FUSIBLE TIPO CARTUCHO: 25 Amps. (Según el dato de selección del transformador Siemens en respuesta a la corriente de magnetización en el momento de energización)

Cuando se conectan transformadores de control en vacío, durante el momento de conexión y por corto espacio de tiempo, pueden presentarse altos picos de corriente, los cuales, en algunos casos, pueden alcanzar valores de 40 veces su intensidad nominal. Es por éste

motivo que los picos de corriente de conexión son dominados con mayor facilidad con el uso de fusibles y la protección contra sobrecargas con el interruptor de potencia.

2.11.18.1.- SELECCION DEL INTERRUPTOR DE POTENCIA

En la selección del interruptor de potencia hay que considerar la carga instalada:

MOTOR	POTENCIA hp
Extractor de gases	1/2 hp
Transportador	1/3 hp
Turbina	5 hp
Cortina de aire	2 hp

POT.TOT.MOTORES = 7,83

FACT.POT. = 0,8

FACT.SEG. = 1,50

AMP.TOT.MOTORES = 18,33

AMP.PANEL CONT. = 3,89

AMP.TOT.SISTEMA = 22,22

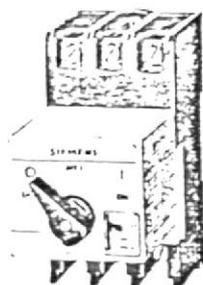
CARACTERISTICAS INTERRUPTOR:

Marca: SIEMENS

Referencia: 3VE3 TIPO "A"

Intensidad nominal: 25 Amps.

TABLA N. IV.



Datos técnicos					
Tipo	Intensidad nominal	Márgenes de ajuste de los disparadores "a"		Intensidades de reacción de los disparadores "n"	
	A	desde A	hasta A	min. A	max. A
3VE1	16	0.1	16	1.28	150
3VE3	25	1.6	25	30	300
3VE42	63	16	63	300	720
3VE52	100	32	100	600	1200
3VE61	160	80	160	1000	1600
3VE62	250	160	250	2000	2500
3VE71	400	200	400	2500	4000
3VE72	630	400	630	5000	6000

TABLA DE ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCION DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL DE DESCONEXION.

CAPITULO III

CRITERIOS PARA LA CONSTRUCCION DEL CIRCUITO AUXILIAR

Para diseñar, dimensionar y seleccionar componentes de circuitos auxiliares es necesario considerar algunos criterios y principios básicos de los cuales los más importantes son expuestos en este capítulo.

3.1.- TENSION ELECTRICA PARA EL ACCIONAMIENTO DEL CIRCUITO AUXILIAR

Los valores normalizados para accionar los circuitos auxiliares según la norma VDE 0100@60 son:

TENSIONES NOMINALES

VOLTAJE CONTINUO	VOLTAJE ALTERNO
24	24
48	42
60	48
110	110
220	220

Se ha escogido 120V de tensión alterna debido a que a más de ser el voltaje de accionamiento de los aparatos

de control electrónico, ofrece las siguientes ventajas en comparación con una tensión de accionamiento más baja, esto es:

- Seguridad de contacto más alto
- Menor caída de tensión
- Se puede utilizar conductores de menor sección

3.2.- TOLERANCIAS DE LA TENSION ELECTRICA EN CIRCUITOS AUXILIARES

Según la norma VDE 100, todos los circuitos auxiliares tienen su tolerancia de tensión eléctrica, por lo que deben estar dimensionados de tal manera que, durante la operación normal, la tensión de accionamiento siempre se mantenga entre 0.95 y 1.05 veces la tensión nominal.

Según VDE 0600 e IEC los accionamientos de los aparatos de maniobra deben estar contruidos de tal manera que su funcionamiento esté garantizado si la tensión de accionamiento se mantiene entre los límites indicados.

Por lo tanto, se seleccionara el conductor para los circuitos auxiliares considerando que la caída de

tensión debiera estar entre los límites establecidos por el VDE.

3.3.- TIPOS DE FUENTE DE VOLTAJE

La señal de voltaje requerida por los circuitos auxiliares para su operación, según el VDE 0100 @60, puede ser obtenida si los circuitos auxiliares están unidos a los circuitos principales tanto galvanicamente como a través de transformadores.

En nuestro sistema consideramos una tensión de accionamiento dependiente del circuito principal y considerando que tenemos más de cinco accionamientos electromagnéticos, es aconsejable el uso de un transformador de control. El transformador de control a ser utilizado en el sistema debiera conectarse entre dos fases con una de ellas puesta a tierra, con lo cual se elimina riesgos de accionamientos involuntarios debido a fallas por contacto de una de las fases a tierra en alguno de los circuitos auxiliares. Para tal condición de falla accionarían los fusibles de control.

3.4.- ELIMINACION DE PERTURBACIONES EN CIRCUITOS AUXILIARES

3.4.1.- CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Los aparatos de maniobra que componen un circuito de control eléctrico, ni son resistentes a las corrientes de un cortocircuito permanente ni están en capacidad de conectar o desconectar corrientes de cortocircuito. Por lo tanto deberán protegerse contra los efectos de dichas corrientes utilizando fusibles u otro dispositivo de protección. Esto ya fue analizado en la selección del fusible/interruptor de potencia en el capítulo anterior.

3.4.2.- SEÑALES FLUCTUANTES

Para nuestro sistema de control en estudio, donde la conexión y desconexión de relés es necesario para poder emitir ordenes inequívocas, el uso de interruptores de maniobra como son los termostatos, presostatos, etc., que poseen contactos inestables, pueden generar señales fluctuantes por vibraciones. Por lo tanto, los aparatos de maniobra sujetos a éste tipo de perturbaciones deberán ser montados de preferencia sobre amortiguadores, muelles o resortes.



3.5.- INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES CLIMATICAS EN CIRCUITOS AUXILIARES

El DIN 50010 define los siguientes conceptos climaticos que deberán ser considerados al seleccionar equipos de control:

- Clima interior
- Clima al aire libre, y,
- Clima exterior

Tambien dentro de las condiciones climaticas se debe considerar la temperatura ambiente y la altitud del sitio de instalación.

Bajo temperatura ambiente se entiende la temperatura del aire que envuelve a los aparatos de maniobra. La temperatura ambiente se determina bajo condiciones estipuladas.

Se deberá tener presente la región donde se construya el horno ya que la instalación de aparatos de maniobra en altitudes superiores a 2000 mts. trae consigo los siguientes problemas:

- La disminución de la densidad del aire tiene como consecuencia una reducción de la disipación del calor. Con ello baja la cargabilidad de los aparatos. Por tanto, si se dan tales condiciones, es necesario consultar al proveedor.

- Otra consecuencia de la reducción de la densidad del aire es la disminución de la resistencia disruptiva y, por tanto, la reducción de la resistencia a la tensión.

- Normalmente baja la capacidad de ruptura. En este caso hay que consultar al proveedor.

Además, al seleccionar los elementos componentes de nuestro sistema se deberá tener presente el tipo de protección que deberá poseer cada uno de los aparatos considerando la severidad del medio donde se encuentran instalados.

Es por este motivo que el CEI estipula normas concernientes a la clase de protección IP necesaria para las instalaciones en sistemas de baja tensión.

3.6.- CONSIDERACIONES PARA CONDUCTORES LARGOS EN CIRCUITOS AUXILIARES

3.6.- CONSIDERACIONES PARA CONDUCTORES LARGOS EN CIRCUITOS AUXILIARES

Si la longitud de los conductores de control de las bobinas de contactores, relés, es considerable (por ej., 100m a 120 VAC) deben considerarse los siguientes puntos:

- Máxima caída de tensión admisible en los conductores de control.
- Influencia de la capacidad de los conductores en el accionamiento de los contactores o relés con bobinas para corriente alterna.
- Capacidad y longitud crítica de los conductores.

3.6.1.- CAIDA DE TENSION

Las bobinas de relés o contactores trabajan correctamente cuando la tensión baja hasta 0,85 veces del valor de la tensión nominal de accionamiento. Por lo general, la tensión puede fluctuar hasta en un 5%. Por esta razón, la caída de tensión en los conductores de

control no debe ser mayor al 5%.

El cálculo aproximado de la longitud sencilla admisible del conductor L_{adm} se efectúa con:

$$L_{adm} = 5 * V_c * u / R * P_a \text{ (mts)}$$

Donde:

V_c ; Tension nominal de accionamiento en voltios ac.

u ; Caída de tensión en los conductores de mando en %.

R ; Resistencia óhmica de cada conductor de mando en óhm/Km.

P_a ; Potencia aparente de conexión del contactor en VA.

En el circuito de control tenemos que la carga está distribuida de la siguiente forma:

CIRCUITO #3:

$P = 215,4$ watts.

$Q = 339,3$ vars.

$P_a = 401,9$ va.

CIRCUITO #4:

$$P = 31,1 \text{ watts.}$$

$$Q = 15,2 \text{ vars.}$$

$$Pa = 34,6 \text{ va.}$$

CIRCUITO #5:

$$P = 216,0 \text{ watts.}$$

$$Q = 428,8 \text{ vars.}$$

$$Pa = 480,1 \text{ va.}$$

$$R = 14,4 \text{ ohm/km.}$$

$$Vc = 120\text{Vac}$$

$$u = 5\%$$

$$\text{CIRCUITO \#3; } L_{adm.} = 518,4 \text{ mts}$$

$$\text{CIRCUITO \#4; } L_{adm.} = 6019,4 \text{ mts}$$

$$\text{CIRCUITO \#5; } L_{adm.} = 433,9 \text{ mts}$$

De la ecuación se deduce que mientras más alta sea la tensión de accionamiento de la bobina del contactor o mayor sea sección del conductor de control (R menor), mayor será la longitud admisible de los conductores de mando.

Cuando se aumenta la tensión nominal de accionamiento de las bobinas de corriente alterna de los contactores o reles, hay que tomar en cuenta la influencia la capacidad de los conductores.

Considerando el cableado en nuestro Sistema de Control no supera éstas longitudes, podremos asegurar que estamos dentro de los límites permitidos de voltaje utilizando cable AWG#16.

3.6.2.-INFLUENCIA DE LA CAPACITANCIA DE LOS CONDUCTORES DE GRAN LONGITUD

La capacidad de los cables de control con dos o tres conductores no tiene influencia negativa sobre el accionamiento de los contactores y reles si el emisor de mando se encuentra en las cercanías de la alimentación.

Por lo general, el contactor se instala en las cercanías de la alimentación y el aparato de mando se instala por separado, por ej., en el tablero de mando.

En este caso, después de abrir el emisor de

mando, permanece entre los conductores una diferencia de potencial. Los conductores, los cuales se encuentran a diferente potencial, actúan como un condensador cuya capacidad es mayor cuanto más largos sean los conductores y mayor sea el número de conductores a diferente potencial.

Esta capacidad hace que circule una corriente a través de la bobina del contactor, aunque el emisor de mando esté abierto. Si esta corriente es lo suficientemente alta, hay que contar con que la bobina del contactor permanezca excitada y, por tanto, el contactor puede quedar conectado.

3.6.3.- CAPACIDAD Y LONGITUD CRITICA DE LOS CONDUCTORES

Con capacidad y longitud crítica de los conductores se denominan los valores límite, que al ser sobrepasados puede presentarse la perturbación antes mencionada, de tal manera, que el contactor permanece conectado aunque el pulsador de control esté abierto. Cuando se

tiene conductores de mando muy largos, por ej., de algunos cientos de metros, es aconsejable determinar, ya durante la proyección, las longitudes de los conductores previstos y, por tanto, las capacidades de los mismos sobrepasan los valores críticos de cada uno de los contactores. Si esto llegase a ocurrir, deben tomarse medidas para eliminar las influencias perturbadoras.

Para el cálculo de la longitud crítica de los conductores, donde los componentes del sistema son accionados por pulsadores y selectores, se utiliza la siguiente expresión:

$$L_{cr} = 500 * P_c * 1000 / 2 * 0,3 * V_c^2$$

P_c = Potencia aparente

V_c = Voltaje de accionamiento

Circuito # 3.-

$$P_a = 401,89 \text{ va.}$$

Circuito # 4.-

$$P_a = 34,61 \text{ va.}$$

Circuito # 5.-

$P_a = 480,13 \text{ va.}$

Al realizar los cálculos para determinar la longitud crítica de cada uno de los circuitos nos revela que ésta es superior a los 100 mts. por lo que no es necesario profundizar en los problemas ocasionados por la influencia capacitiva de los conductores en el accionamiento de los elementos del sistema.

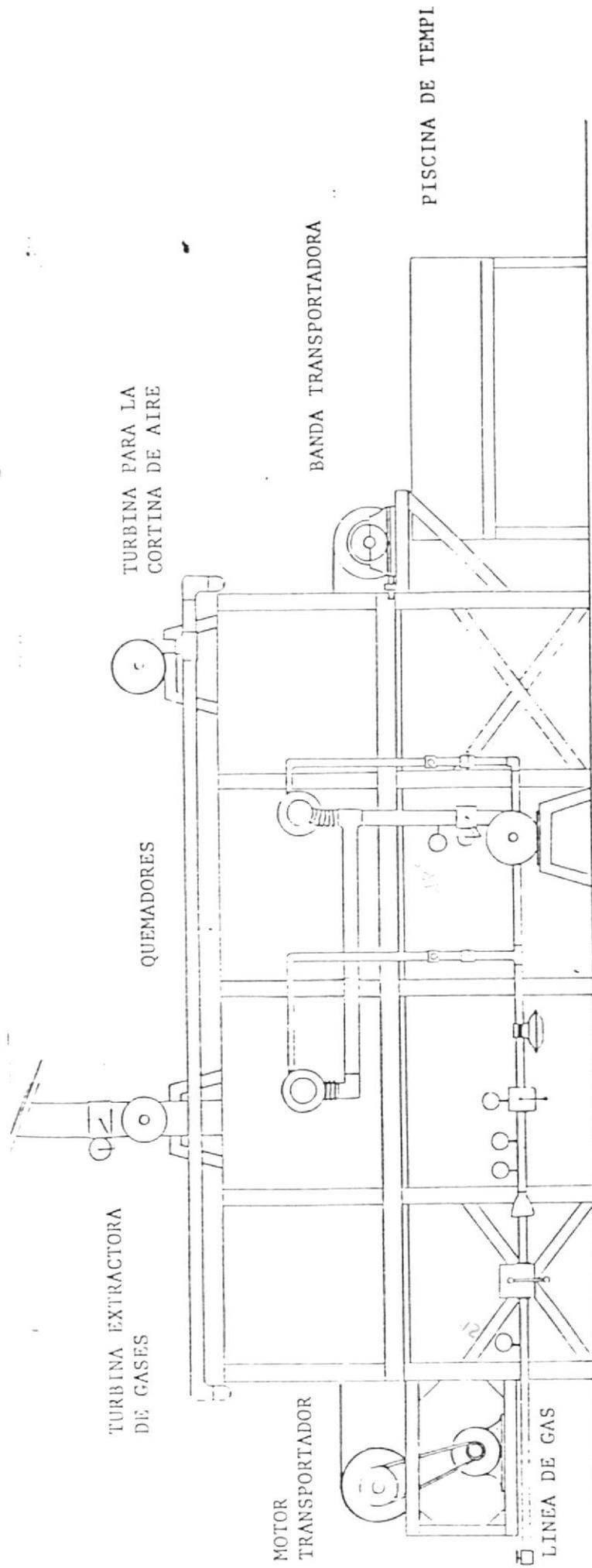
3.7.-ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACION

Luego de concluir el estudio para el diseño de un horno industrial utilizado en el temple de palas u otra herramienta metálica, se debe analizar los detalles de instalación. Se hará énfasis en los detalles de construcción para el panel de control eléctrico.

En los dibujos que se muestran a continuación se detallan las características que presentara el horno y panel de control luego de ser construidos.

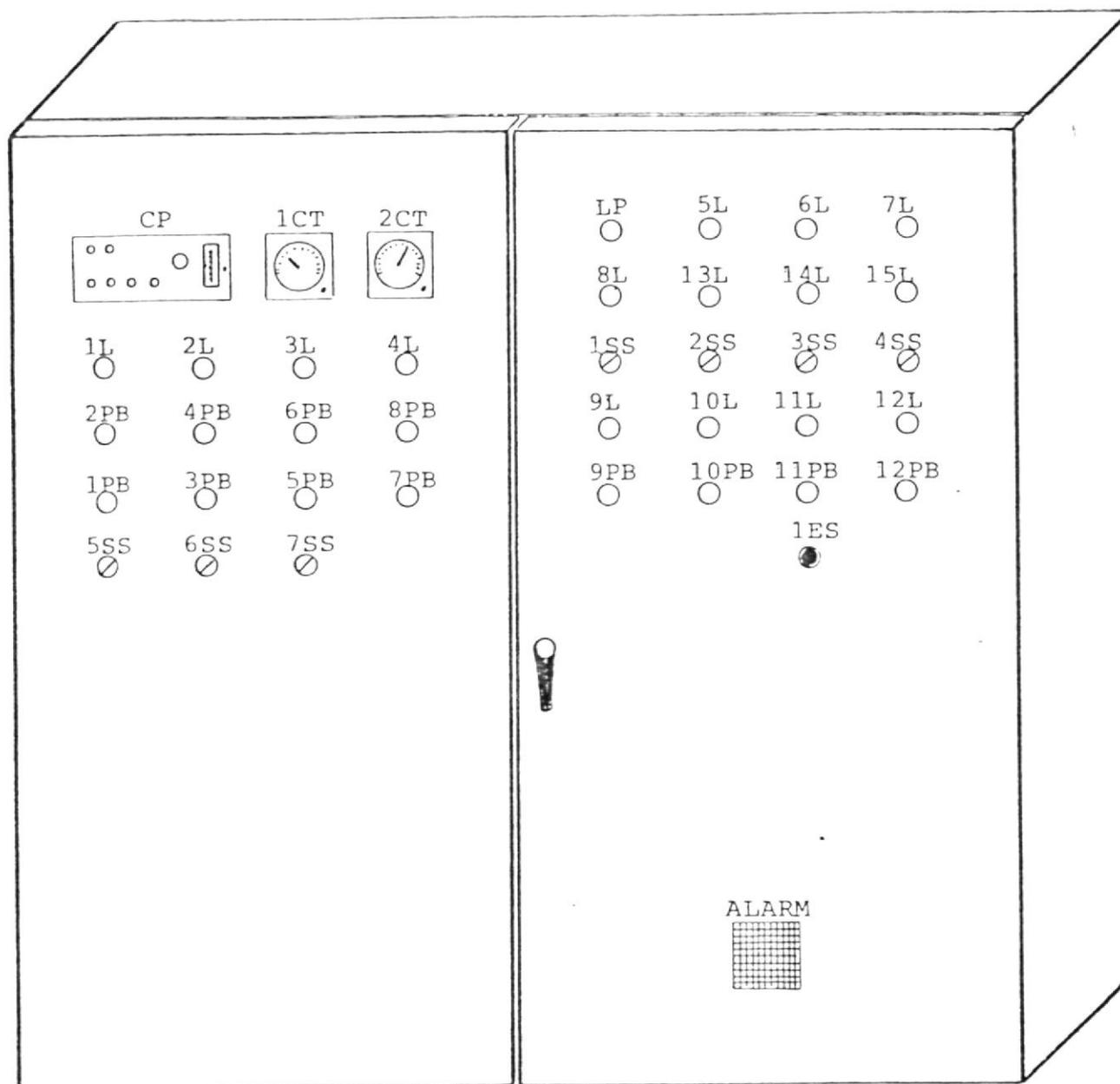


FIG. N. 12.



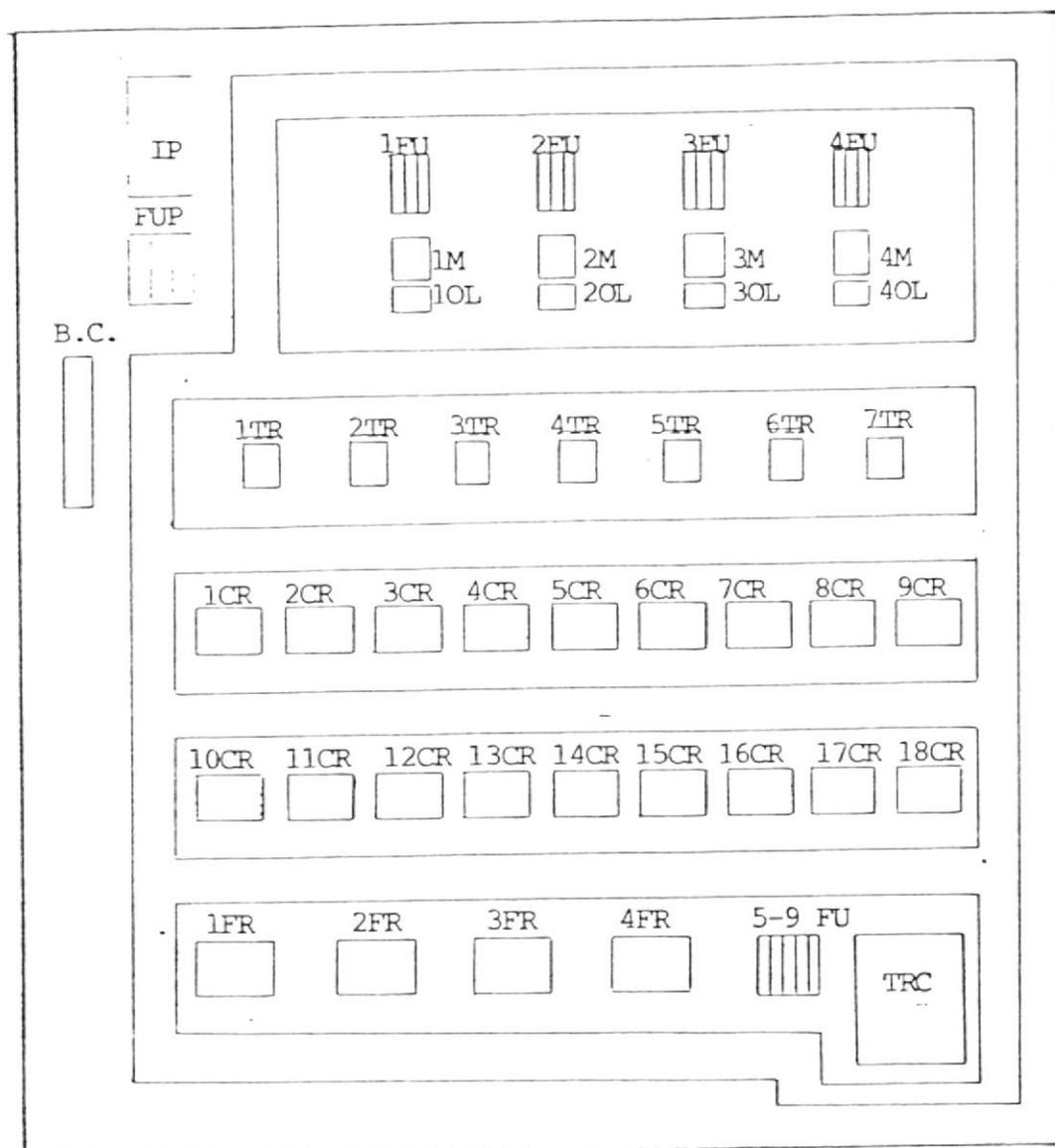
Estructura del horno.

Fig. N. 13.



Características externas del panel de control.

Fig. N. 14.



Distribución de los componentes eléctricos en el panel de control.

CAPITULO IV

CALCULO DE COSTOS DE CONSTRUCCION

En este capitulo se analizará el presupuesto aproximado de construcción para el horno.

El costo de construcción representa la suma total de los gastos incurridos para convertir una materia prima en un producto terminado. Estos gastos comprenden:

- Gastos por materiales
- Gastos por mano de obra directa
- Gastos generales de fabricación

4.1.- GASTOS DE MATERIALES DIRECTOS

En la fabricación de un producto entran diversos materiales. Algunos de estos materiales quedan formando parte integral del horno, como sucede con las materias primas y demas componentes que lo integran físicamente. Estos reciben el nombre de materiales directos y su costo constituye el primer elemento integral del costo total del horno terminado.

Se debe tener presente que en el proceso de

construcción del horno. se debera adquirir accesorios extras, que a pesar de ser materiales que entran a formar parte del horno, tienen un costo comercial mínimo, por lo que resulta conveniente contabilizarlo como material indirecto por lo que entran en el costo general de fabricación.

Cabe mencionar que los costos presentados fueron tomados en Diciembre del 87 y únicamente sirven como referencia, ya que están sujetos a cambios. Estos costos se los detalla en las tablas expuestas en el apendice y suman un total de:

- COSTOS POR MATERIALES MECANICOS	= \$ 2'709.841
- COSTOS POR MATERIALES ELECTRICOS	= \$ 1'879.364
- TOTAL	= \$ 4'589.205

4.2.- GASTOS POR MANO DE OBRA

Para la transformación de los materiales directos en productos terminados hace falta el trabajo humano por el cual una empresa paga una remuneración llamada salario. Los trabajadores de construcción son de diversas clases. Algunos intervienen con su acción directa en la construcción, bien sea manualmente o accionando maquinas que transformaran los materiales

en el horno terminado. La remuneración de estos trabajadores, cuando se desempeñan como tales, es lo que constituye el costo de mano de obra directa, segundo elemento integral del costo total del horno terminado.

Los otros representan la mano de obra indirecta que ejecutan trabajos auxiliares hechos en relación con la construcción del horno. Es aquella que no se emplea en cambiar la forma del horno, pero que realiza servicios esenciales. La remuneración de estos trabajadores se incluye dentro de los costos generales de fabricación.

Para la determinación de la mano de obra directa en la instalación y construcción del horno, se debe considerar la dotación de personas requerida para la obra, la cual se obtiene de un cronograma de actividades. De aquí:

DOTACION REQUERIDA:

- 3 Soldadores
- 2 Electricistas
- 4 Obreros



La remuneración durante el mes de trabajo

correspondiente a cada una de éstas personas deberá cubrir todos los rubros que establece la ley. De aquí que:

REMUNERACION SOLDADORES Y ELECTRICISTAS.-

Sueldo mensual	= \$	30.000,00
9,35% de Importe al IESS personal	= \$	2.805,00
10,85% de importe al IESS patronal	= \$	3.255,00
Decimo tercer sueldo	= \$	2.500,00
Decimo cuarto sueldo	= \$	2.416,67
Decimo quinto sueldo	= \$	833,33
Bonificación y Compensación	= \$	2.100,00
Vacaciones	= \$	1.250,00
Transporte	= \$	640,00
T O T A L	= \$	44.550,00

REMUNERACION OBREROS.-

Sueldo mensual	= \$	14.500,00
9,35% de Importe al IESS personal	= \$	1.355,75
10,85% de importe al IESS patronal	= \$	1.573,25
Decimo tercer sueldo	= \$	1.208,33
Decimo cuarto sueldo	= \$	2.416,67
Decimo quinto sueldo	= \$	283,33
Bonificación y Compensación	= \$	2.100,00
Vacaciones	= \$	604,17
Transporte	= \$	640,00

T O T A L = \$ 24.681,50

Entonces, el rubro correspondiente por mano de obra directa es:

DOTACION	RUBRO PARCIAL	RUBRO TOTAL
3 Soldadores	\$ 44.550,00	\$ 133.650,00
2 Electricistas	\$ 44.550,00	\$ 89.100,00
4 Obreros	\$ 24.681,50	\$ 98.726,00
	T O T A L =	\$ 321.476,00

Además de los materiales directos y la mano de obra directa, hacen falta para la construcción del horno otra serie de gastos tales como servicios públicos (agua, energía eléctrica y teléfono), depreciación de herramientas y equipos, etc. Todos estos costos junto con los materiales indirectos y mano de obra indirecta, forman el grupo de los costos generales de fabricación, que constituye el tercer elemento integral del costo total del horno terminado.

La remuneración de la mano de obra indirecta corresponde al sueldo mensual que recibirá cada uno de los Ingenieros diseñadores y responsables de la obra. De aquí que:

REMUNERACION INDIRECTA.-

Sueldo mensual	= \$	180.000
9,35% de Importe al IESS personal	= \$	16.830,00
10,85% de importe al IESS patronal	= \$	19.530,00
Decimo tercer sueldo	= \$	15.000,00
Decimo cuarto sueldo	= \$	2.416,67
Decimo quinto sueldo	= \$	833,33
Bonificación y Compensación	= \$	2.100,00
Vacaciones	= \$	7.500,00
T O T A L	= \$	244.210,00

Entonces, el rubro correspondiente por la mano de obra indirecta es:

DOTACION	RUBRO PARCIAL	RUBRO TOTAL
1 Ing. Mecanico	\$ 244.210,00	\$ 244.210,00
1 Ing. Electrico	\$ 244.210,00	\$ 244.210,00
T O T A L	=	\$ 488.420,00

Como gastos al mes por utilización de servicios públicos se estima que:

SERVICIO	GASTOS
Agua potable	\$ 400,00
Energia Eléctrica	\$ 5.000,00
Teléfono	\$ 100,00

- mano de obra indirecta	\$ 488.420,00
- Servicios públicos	\$ 10.000,00
- Materiales indirectos	\$ 30.000,00
- Depreciación de herr. y equip.	\$ 19.583,33
	T O T A L = \$ 548.003,33

Por lo tanto, el costo total aproximado de la obra es de:

RUBRO	COSTO
- Materiales*	\$ 4'589.205,00
- Mano de obra directa	\$ 321.476,00
- Gastos generales fabricación	\$ 548.003,33
	T O T A L = \$ 5'458.684,33

REMUNERACION INDIRECTA.-

Sueldo mensual	= \$	180.000
9,35% de Importe al IESS personal	= \$	16.830,00
10,85% de importe al IESS patronal	= \$	19.530,00
Decimo tercer sueldo	= \$	15.000,00
Decimo cuarto sueldo	= \$	2.416,67
Decimo quinto sueldo	= \$	833,33
Bonificación y Compensación	= \$	2.100,00
Vacaciones	= \$	7.500,00
T O T A L	= \$	244.210,00

Entonces, el rubro correspondiente por la mano de obra indirecta es:

DOTACION	RUBRO PARCIAL	RUBRO TOTAL
1 Ing. Mecanico	\$ 244.210,00	\$ 244.210,00
1 Ing. Electrico	\$ 244.210,00	\$ 244.210,00
T O T A L	=	\$ 488.420,00

Como gastos al mes por utilización de servicios públicos se estima que:

SERVICIO	GASTOS
Agua potable	\$ 400,00
Energia Eléctrica	\$ 5.000,00
Teléfono	\$ 100,00



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el presente trabajo se reafirma que nuestro País está en la capacidad de poder construir cualquier tipo de maquinaria industrial y en especial hornos industriales, pudiendo de esta manera competir con compañías extranjeras en el mercado nacional e internacional.

Creemos, sin haber hecho un estudio comparativo de costos, que la inversión total necesaria para la construcción de este tipo de horno es menor que el costo de adquisición de un horno extranjero. Lo importante que debe ser considerado es el beneficio socio-económico que se crea al dar fuentes de trabajo e incentivar a la pequeña industria para introducir líneas de fabricación de componentes eléctricos y electrónicos, impulsando de este modo el desarrollo de la tecnología nacional.

El trabajo desarrollado en esta tesis de grado presenta las características principales relacionadas con el área de la producción en serie en la Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por lo que se debe pensar en realizar un estudio de la importancia de hornos industriales como proyectos de inversión, permitiendo de este modo estimar las ventajas y desventajas socio-económicas que se darían al asignar recursos de nuestro País para la producción de



bienes y servicios.

Se debe mencionar la importancia que presenta la realización del estudio para obtener el balance térmico del horno, debido a que es la base para diseñar hornos que utilizan combustibles ó electricidad como fuente de energía.

Cabe anotar que el horno continuo tipo tunel que se ha diseñado puede ser utilizado en el tratamiento térmico de cualquier herramienta, pero, tomando en cuenta la capacidad de producción establecida por el balance térmico y la forma de éstas con respecto al ancho y altura del horno.

Para el caso en que el sistema extractor de gases no sea necesario, éste podra ser reemplazado por una chimenea de tiro natural.

Como recomendación se podría manifestar la necesidad de realizar un estudio de mercado para determinar la demanda insatisfecha de este tipo de maquinarias en nuestra industria.

BIBLIOGRAFIA

1. COMPANY, M. Manual del Ingeniero de taller, Gustavo Gili, Barcelona, 1978, 142p/Tomo II.
2. SYDNEY, H. Introduccion a la metalurgia fisica, Avner, New York, 1979, 15p.
3. THEODOR, S. Manual de baja tension, Siemens, Berlin, 1982, 143p.
4. PRESSURE CONTROL SYSTEMS, North American, Ohio, 1983, Bulletin 83-51, 5p
5. RECORDER-CONTROLLER AND CAM PROGRAMMER, Honeywell, Bulletin 44-01-01-01, Virginia, 1983, 1p.
6. DIALAPACK INDICATOR AND ON-OFF CONTROLLERS, Honeywell, Bulletin 45-02-25-01, Virginia, 1980, 6p.
7. DIALATROL INDUSTRIAL CONTROLLER AND INDICATORS, Honeywell, Bulletin 45-02-25-07, Virginia, 1980, 5p.
8. ACTIONATOR MOTORS, Honeywell, Bulletin 61-86-25-02, Virginia, 1981, 3p.

9. FLAME DETECTOR RELAY, Honeywell, Bulletin 60-2298-1, Minneapolis, 1982, 1p.
10. MINIPeeper ULTRAVIOLET FLAME DETECTORS, Honeywell, Bulletin 60-2026-3, Minneapolis, 1982, 1p.
11. MANUAL RESET FUEL SHUT-OFF SOLENOID VALVES, North American, Bulletin 15.20, Ohio, 1982, 1p.
12. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO, Marks, Mexico, 1982, 7-1p.
13. AIR FLOW SWITCH, Drying Systems Company, Michigan, 1982, 1p.
14. GAS PRESSURE SWITCHES, Honeywell, Bulletin 60-2320-6, Minneapolis, 1983, 1p.



A.F. 141906

AFENDICE

1950
12
BIBLIO.

TABLA N. A-1
LISTA MAESTRA DE INSUMOS EN LA FABRICACION DE PALAS

DESCRIPCION MATERIAL	DIMENSION	CONSUMO
PESO LAMINA \varnothing 14 (KG) " CUCHARA " GIS-G4051 CALIDAD S40C	-	2,03 KG.
PESO LAMINA \varnothing 18 (KG) " ASAS " ARF J1S-63141 SPCC-SD	-	0,43 KG.
CUADRO PARA CUCHARA \varnothing 14	495 x 260 (mm)	1 U.
LONJA PARA ASA METALICA \varnothing 18	85 x L (mm)	2 U.
CUARTON DE MADERA PARA ASA PRINCIPAL	545 x 40 x 40 (mm.)	1 U
CUARTON DE MADERA PARA ASA SECUNDARIA	280 x 40 x 40 (mm) .	1 U.
CLAVO CABEZA PLANO	5/64" x 1 1/2"	6 U
CLAVO GORRA CABEZA PLANA	5/32" x 3/16.	1 U.
SUFOX	-	0,01 GLS.
PINTURA ANTICORROSIVA ROJA OXIDO # 725-5 CONDOR	-	0,0063 GLS
PINTURA ANTICORROSIVA NEGRA # 701-5 CONDOR.	-	0,02 GLS.
DILUYENTE CONDOR # 01	-	0,025 GLS.
BARNIZ	-	0,02 GLS.
CINTA FILAMENTO 3M.	-	0,008 U.
ETIQUETA	-	1 U.

CUCHARA REDONDA

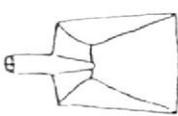
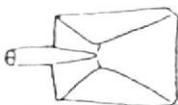
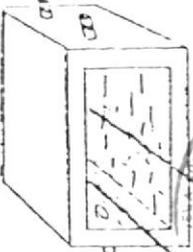


FIG. N.º 1/1B
CARTA DE PROCESOS PARA LA FABRICACION DE UNA CUCHARA DE PALA
CON PUNTA REDONDA

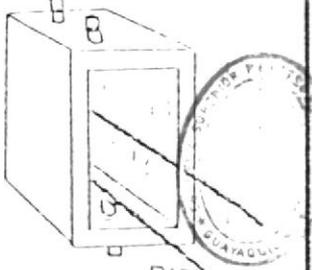
PROCESO	MAQUINA		MATRIZ		TIEMPO HERRAMENTACION	PRODUCCION POR HORA	PRODUCCION POR TURNO DE 8 HORAS	DOTACION REQUERIDA	STD. (H-H/Unid.)
	TIPO	CODIGO	TIPO	CODIGO					
CORTE DE CUADROS									
DIMENSIONES 1.90x1.95x260mm									
TROQUELADO									



FIG. N. 0-1/2
 CARTA DE PROCESOS PARA LA FABRICACION DE UNA CUCHARA DE PALA
 CON PUNTA CUADRADA

PROCESO	MAQUINA		MATRIZ		TIEMPO HERRAMIENTAS	PRODUCCION POR HORA	PRODUCCION POR TURNO DE 8 HORAS	DOTACION REQUERIDA	STD. (H-H/Und.)
	TIPO	CODIGO	TIPO	CODIGO					
CERRADO 									
CORTE DE PUNTAS 									
TRATAMIENTO TERMICO 									

PLANO DE LA
 CORTA DE PROCESES PARA LA FABRICACION DE UNA CUCHERA DE PALO
 CON PUNTA REDONDA

PROCESO	MAQUINA		MATRIZ		TIEMPO HERRAMIENTAS	PRODUCCION POR HORA	PRODUCCION POR TURNO DE 8 HORAS	DOTACION REQUERIDA	STD. (H-H/Und.)
	TIPO	CODIGO	TIPO	CODIGO					
EMBUTICION									
									
CERRADO									
									
TRATAMIENTO TERMICO									
									

ASA DE PALA

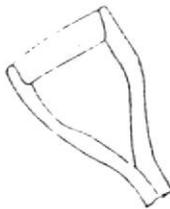
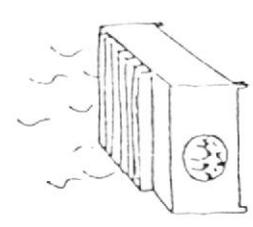
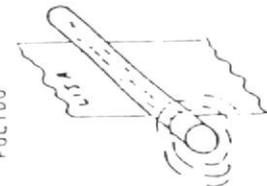


FIG. N.º 1/4
 CARTA DE PROCESOS PARA LA FABRICACION DE UN ASA METALICA DE
 PALA

PROCESO	MAQUINA		MATRIZ		TIEMPO HERRAMENTACION	PRODUCCION POR HORA	PRODUCCION POR TURNO DE 8 HORAS	DOTACION REQUERIDA	STD. (H-H/Und.)
	TIPC	CODIGO	TIPO	CODIGO					
CORTE DE LONJAS									
DIMENSION=1.27x85xL mm.									
TROCUELADO									



PLN-A-1/7
CARTA DE PROCESOS PARA LA FABRICACION DE UN ASA PRINCIPAL DE
MADERA PARA PALA

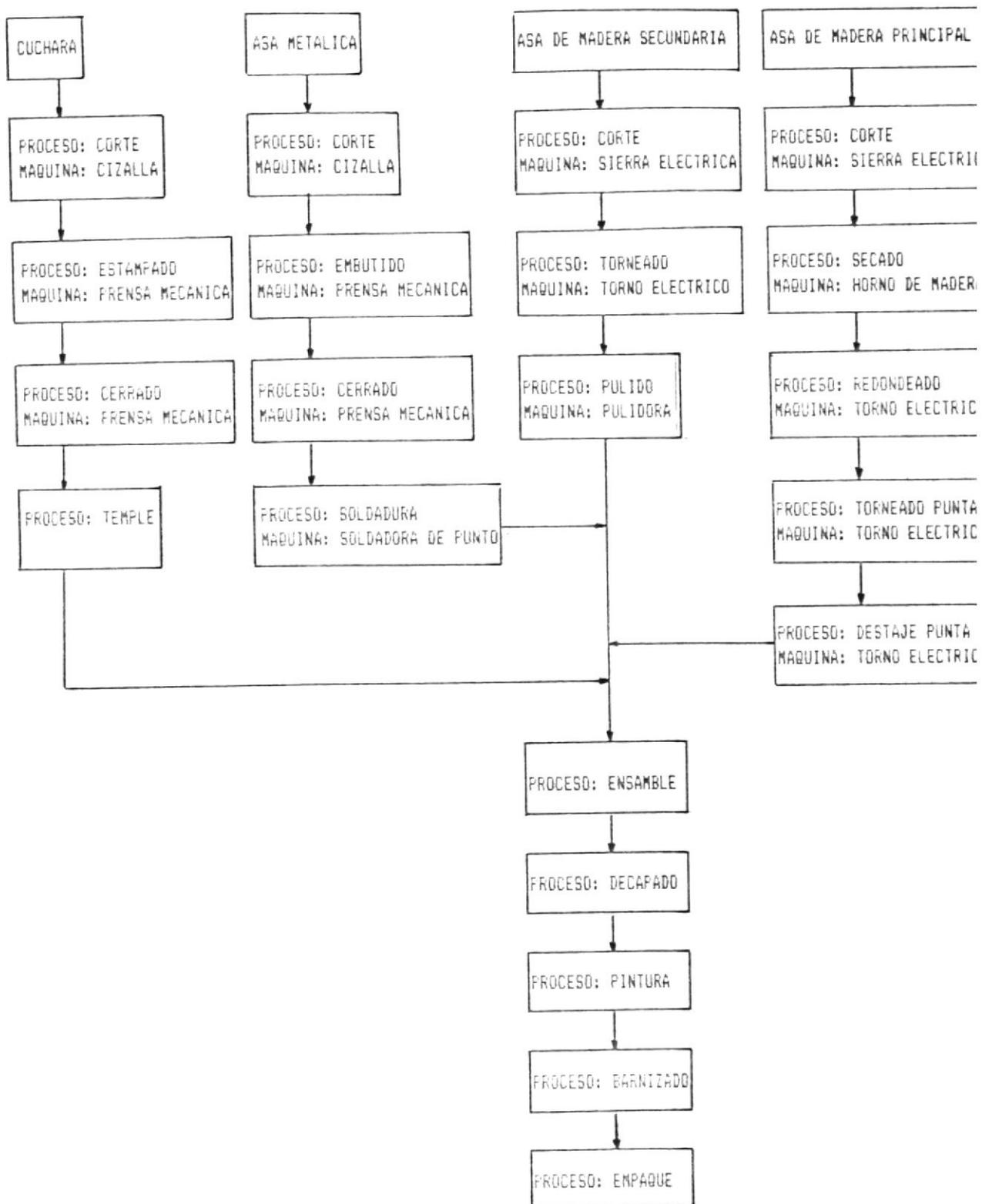
PROCESO	MAQUINA		MATRIZ		TIEMPO HERRAMIENTARIO	PRODUCCION POR TURNO DE 8 HORAS	DOTACION REQUERIDA	STO. (H-4/Una.)
	-TIPO	CODIGO	-TIPO	CODIGO				
SECADO 								
REDONDEADO  DIMENSION=54.5x35mmø								
PULIDO 								

F. I. C. I. N. - A - 1 / 8
 CARTA DE PROCESOS PARA LA FABRICACION DE UN ASA PRINCIPAL DE
 MADERA PARA PALA

PROCESO	MAQUINA		MATRIZ		TIEMPO HERRAMENTACION	PRODUCCION POR HORA	PRODUCCION POR TURNO DE E. URBAN	DOTACION REQUERIDA	STD. (H-H/Und.)
	TIPO	CODIGO	TIPO	CODIGO					
TORNEADO PUNTA ENTRANTE ASA.									
									
TORNADO PUNTA ENTRANTE CUCHARA									
									
DESTAJE									
									

Fig. N. A-2

DISTRIBUCION DE LOS PROCESOS PARA LA FABRICACION DE PALAS TEMPLADAS



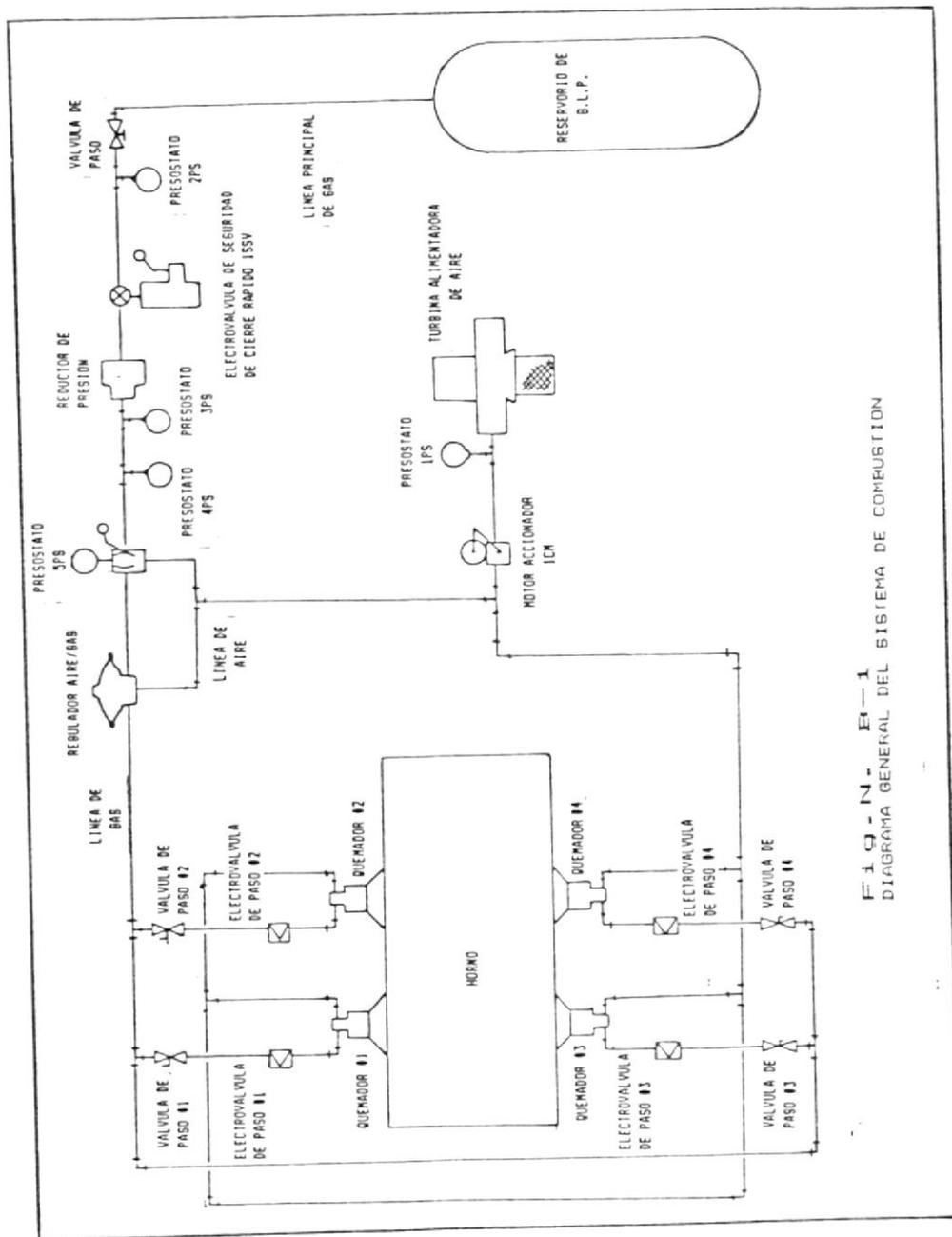


FIG. N.º E-1
 DIAGRAMA GENERAL DEL SISTEMA DE COMBUSTION

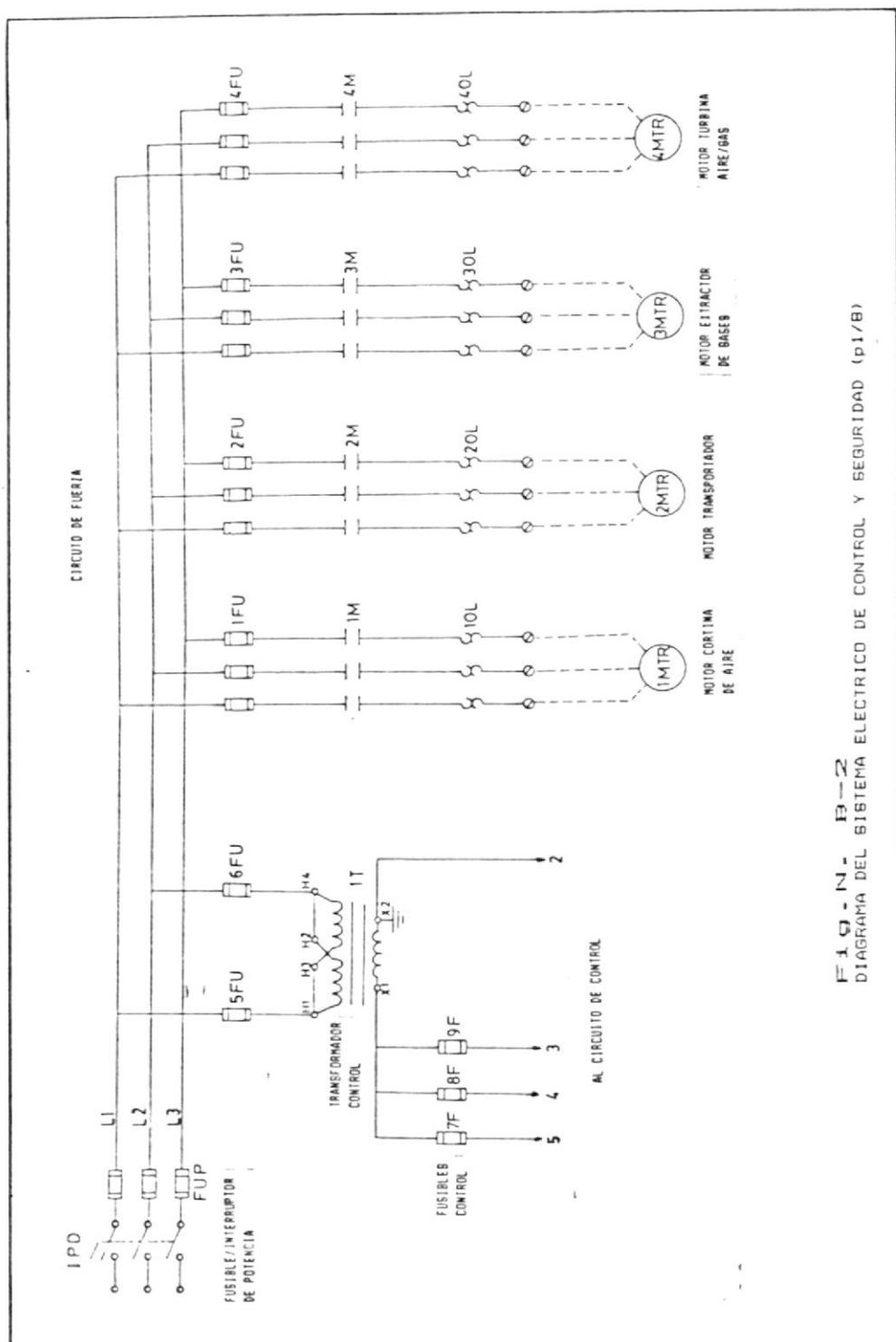
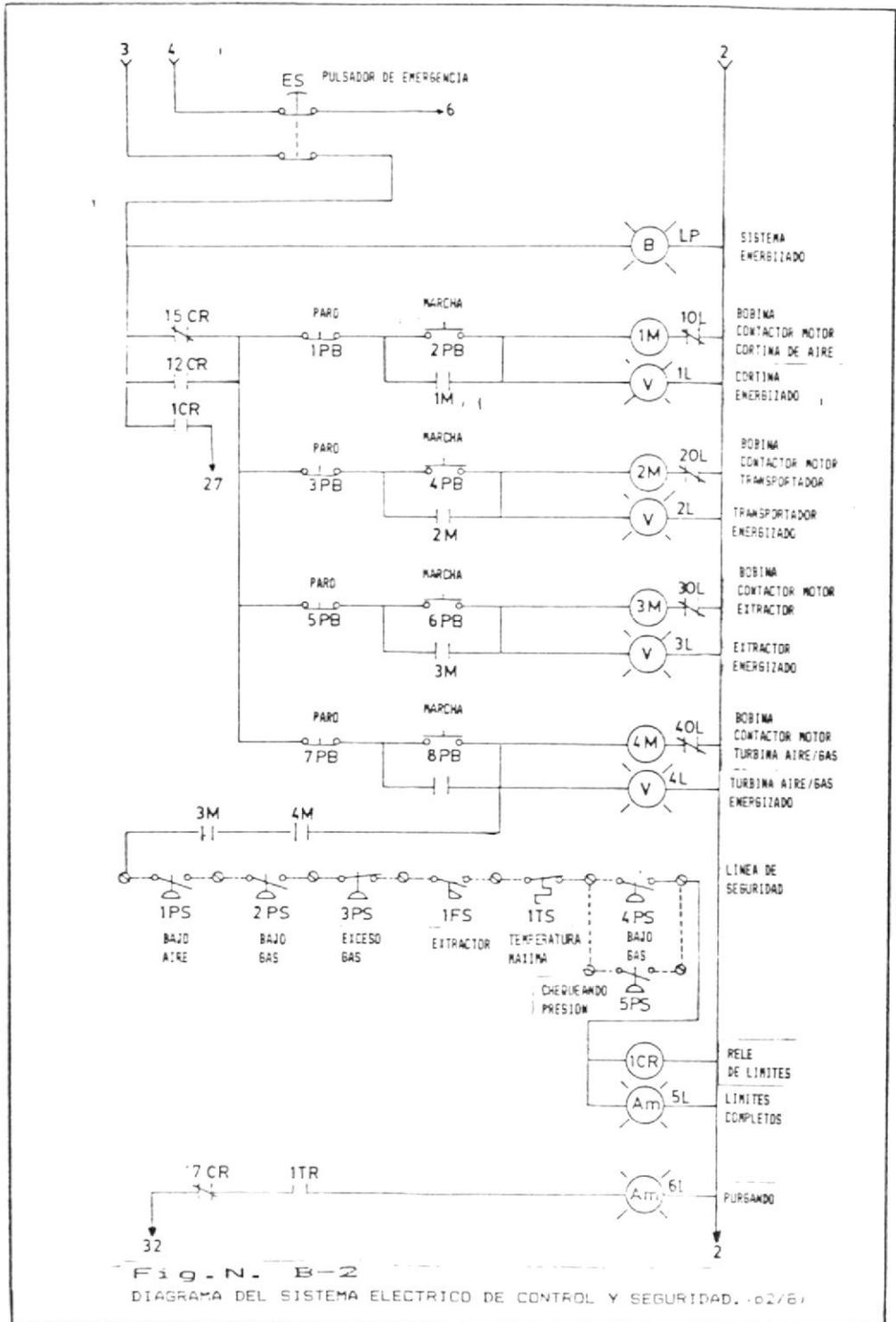
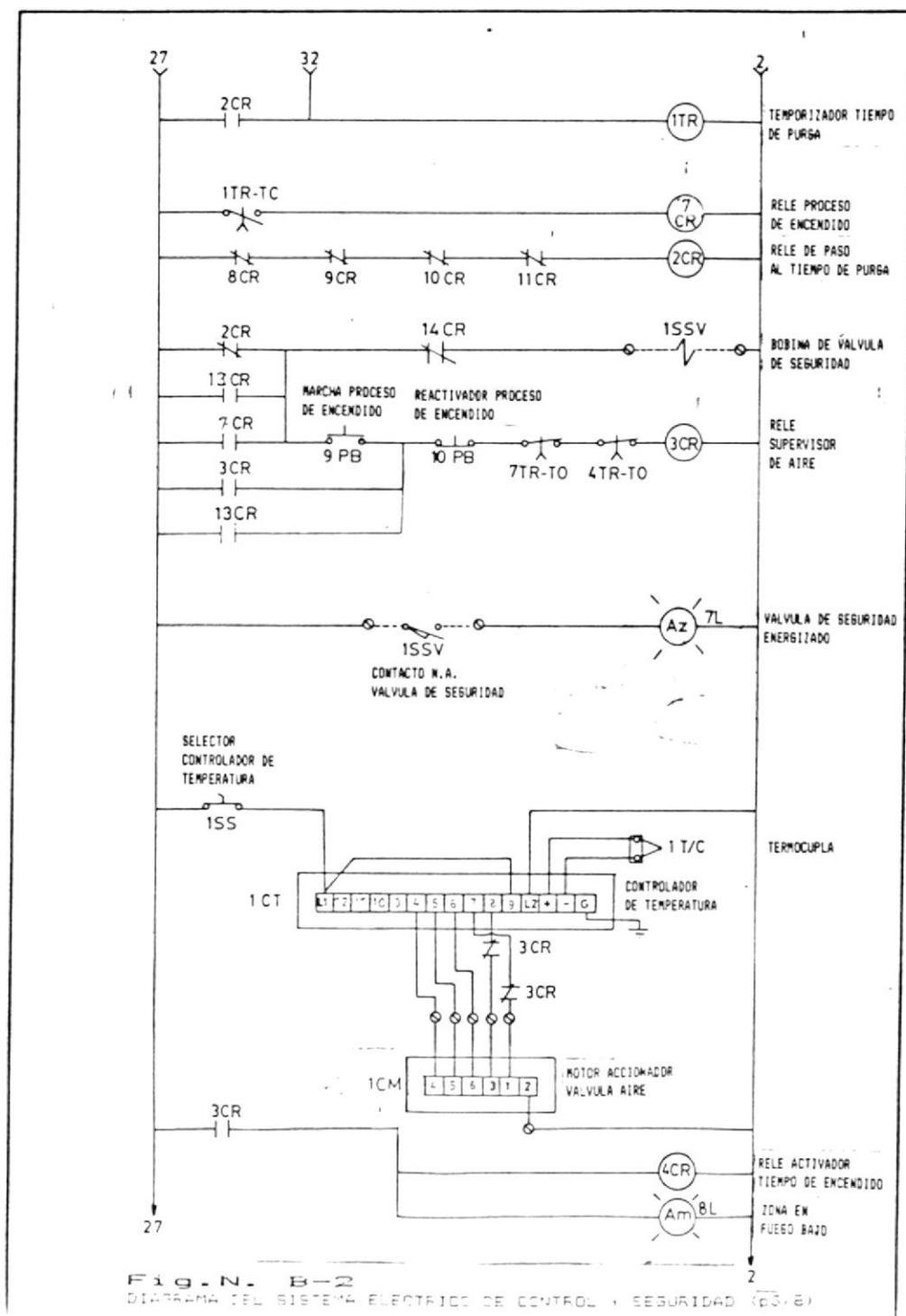
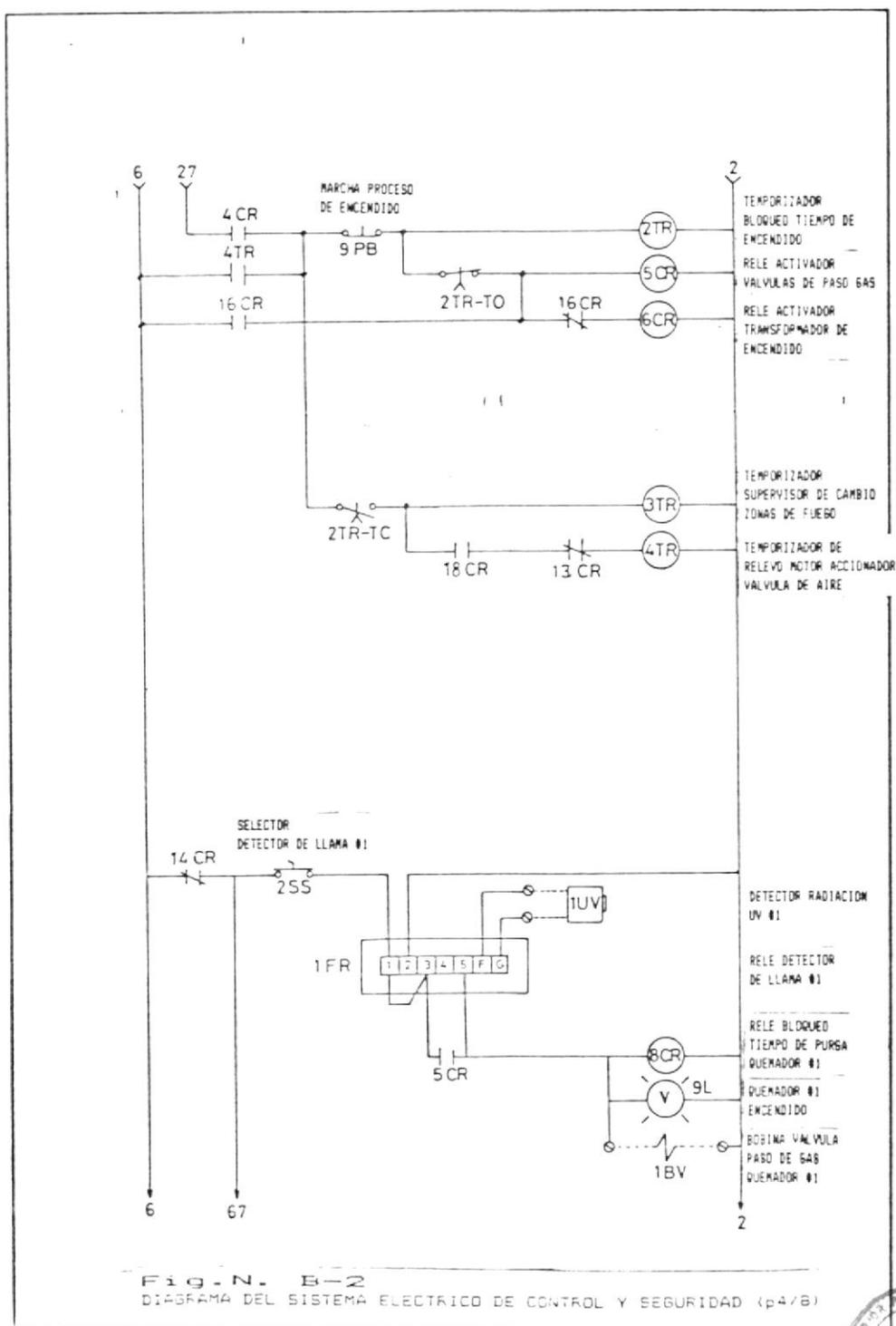
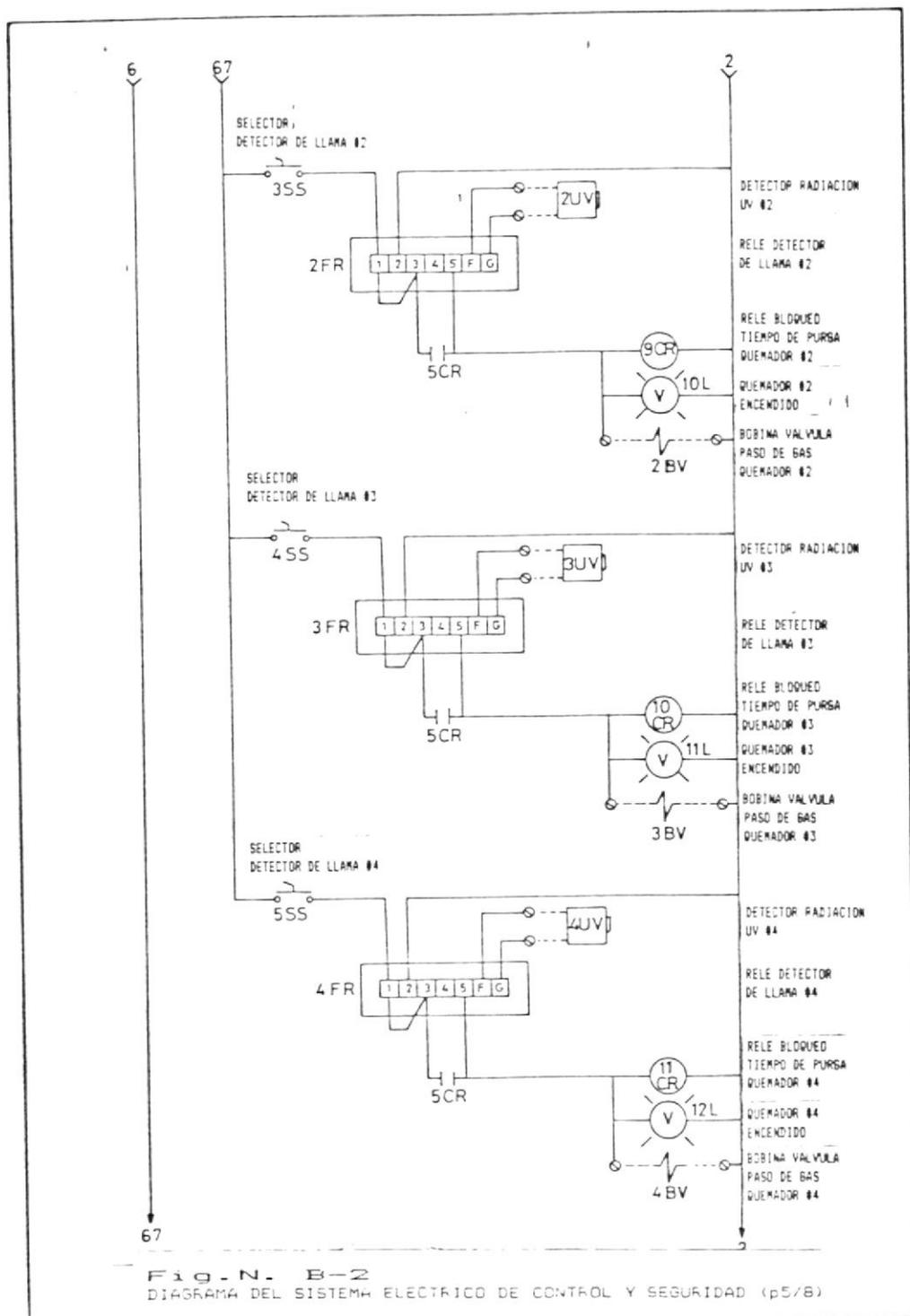


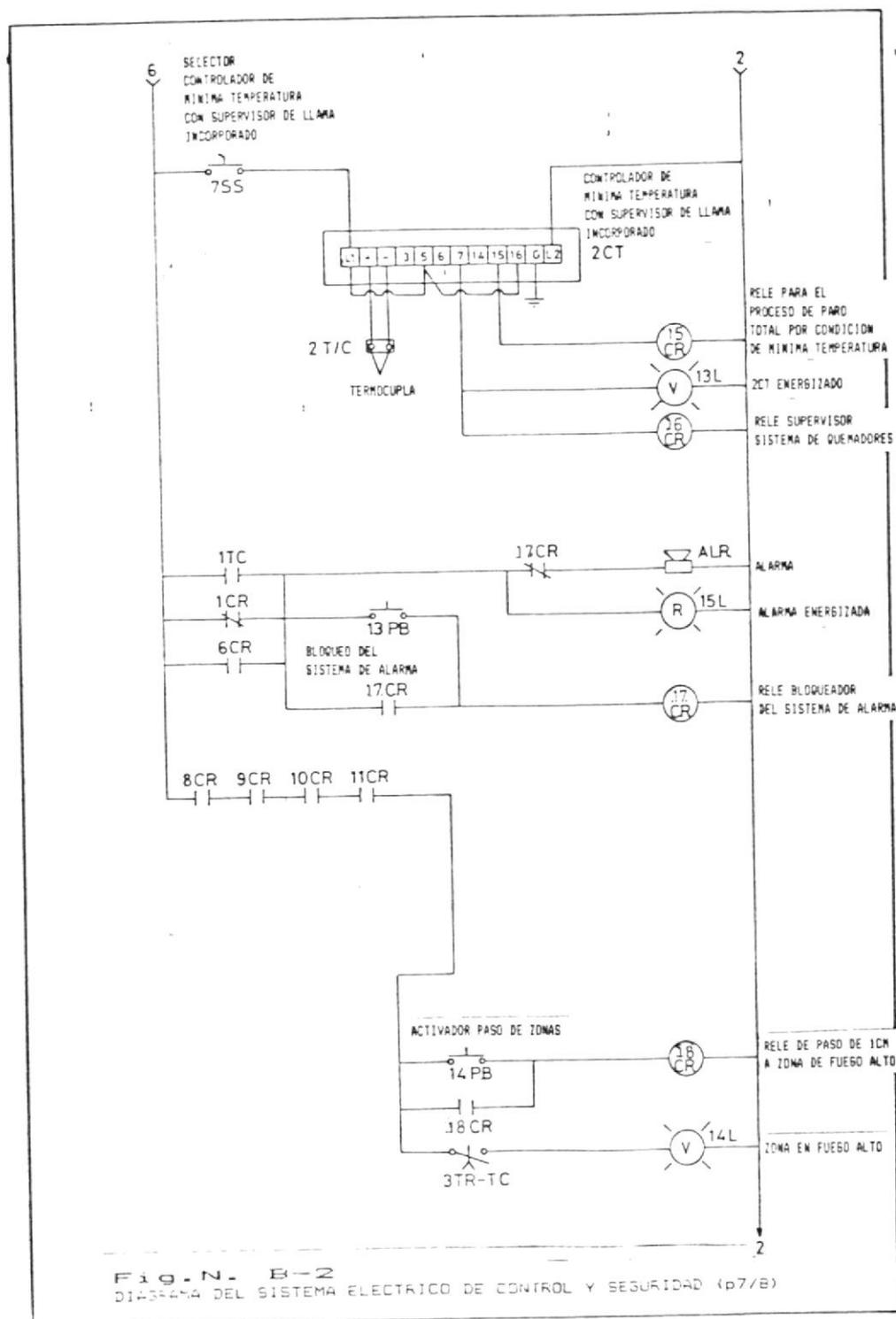
FIG. N.º B-2
DIAGRAMA DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL Y SEGURIDAD (p1/B)











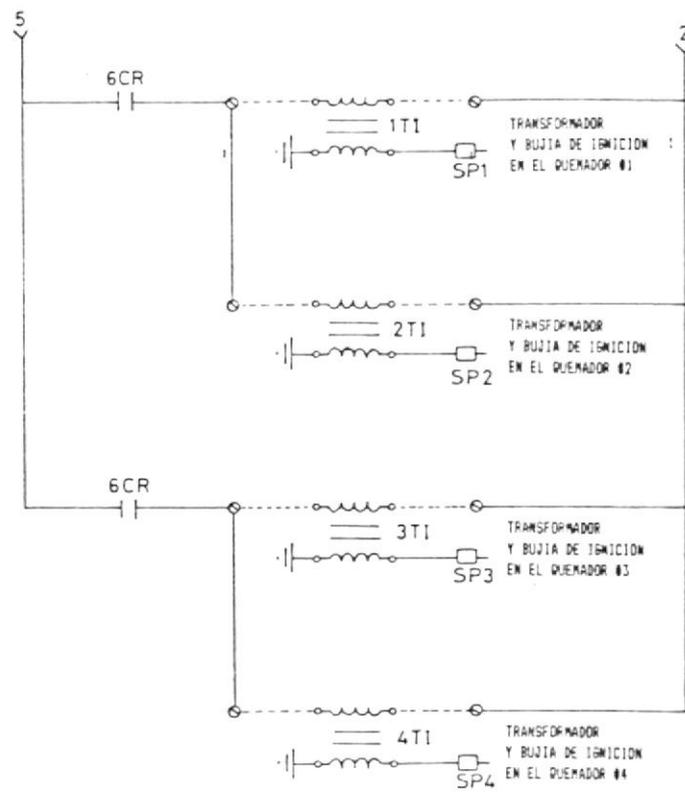


Fig.N. B-2
 DIAGRAMA DEL SISTEMA ELECTRICO DE CONTROL Y SEGURIDAD (p8/B)

CUADRO D. 1.

COSTOS POR CONCEPTO DE MATERIALES MECANICOS

CANTIDAD	MATERIALES	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
16	ANGULOS DE 3"x1/4"x20' TIPO "L"	6,451.00	103,216.00
6	ANGULOS DE 2"x3/16"x20' TIPO "L"	2,470.00	14,820.00
560	LADRILOS REFRACTARIOS FIREBRICK DE 4-1/2" x 2-1/2" x 9"	320.00	179,200.00
10	PLANCHAS DE HIERRO NEGRO DE 4'x8'x1/8"	9,814.00	98,140.00
1	BANDA DE MALLA METALICA CROMO/NIQUEL DE ANCHO 2mt, DE LONGITUD 20mt	52,500.00	52,500.00
18	TUBO DE HIERRO NEGRO DE 1-1/2" (mt)	2,400.00	43,200.00
18	TUBO DE HIERRO NEGRO DE 2" (mt)	3,400.00	61,200.00
4	CODO DE HIERRO NEGRO DE 1-1/2"	700.00	2,800.00
4	CODO DE HIERRO NEGRO DE 2"	1,160.00	4,640.00
9	TEE DE HIERRO NEGRO DE 1-1/2"	1,865.00	16,785.00
5	TEE DE HIERRO NEGRO DE 2"	2,496.00	12,480.00
6	UNION DE HIERRO NEGRO DE 1-1/2"	1,540.00	9,240.00
6	UNION DE HIERRO NEGRO DE 2"	2,320.00	13,920.00
COSTO PARCIAL =			\$612,141.00

CUADRO D. 1.

COSTOS POR CONCEPTO DE MATERIALES MECANICOS

CANTIDAD	MATERIALES	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
4	QUEMADOR COMPLETO CON BLOQUE REFRACTARIO, VALVULA MARIPOSA PARA AIRE, VALVULA DE CIERRE RAPIDO PARA GAS Y VALVULA LIMITADORA DE ORIFICIO	186,000.00	744,000.00
1	REGULADOR DE PRESTION RELACION AIRE/GAS	40,000.00	40,000.00
1	REDUCTOR DE PRESSION DE GAS	76,000.00	76,000.00
1	TURBOVENTILADOR PARA AIRE COMBUSTION	360,000.00	360,000.00
1	ELECTROVALVULA DE SEGURIDAD DE CIERRE REPIDO	84,000.00	84,000.00
1	VALVULA DE CIERRE RAPIDO PARA LA LINEA PRINCIPAL DE GAS	11,000.00	11,000.00
2	CONTROL DE VALVULA AUTOMATICA PARA AIRE DE COMBUSTION Y EXTRACCION DE BASES ACOPLADO A MOTOR	143,000.00	286,000.00
3	MANOMETROS PARA MEDIR PRESSION	29,600.00	88,800.00
1	TURBOVENTILADOR EXTRACTOR DE GASES	315,000.00	315,000.00
4	ELECTROVALVULAS SUPERVISORAS DE GAS	18,600.00	74,400.00
1	VALVLA PRINCIPAL ALIMENTADORA DE GAS	18,500.00	18,500.00

COSTO PARCIAL = \$2,097,700.00

COSTO TOTAL DE MATERIALES MECANICOS = \$2,709,841.00

CUADRO D. 2.

COSTOS POR CONCEPTO DE MATERIALES ELECTRICOS

CANTIDAD :	MATERIALES	COSTO UNITARIO :	COSTO PARCIAL :
1	COFRE METALICO DE 1520x1450x300mm CON PLACA DE FIJACION	23,500.00	23,500.00
6	RIEL PARA FIJACION	800.00	4,800.00
4	BORNAS DE CONEXION	287.00	1,148.00
12	BORNAS DE CONEXION	189.00	2,268.00
44	BORNAS DE CONEXION	105.00	4,620.00
6	CANALETA DE 2"x2", 2mt. Longitud	460.00	2,760.00
4	CONTACTOR	13,645.00	54,580.00
4	RELE TERMICO	10,540.00	42,160.00
18	RELE AUXILIAR	5,600.00	100,800.00
7	RELE DE TIEMPO	17,027.00	119,189.00
16	LAMPARA PILOTO	2,636.00	42,176.00
1	PULSADOR DE EMERGENCIA	9,220.00	9,220.00
12	PULSADOR DE IMPULSION	3,470.00	41,640.00
20	ETIQUETA PARA PULSADOR	20.00	400.00
7	INTERRUPTOR SELECTOR	2,480.00	17,360.00
		COSTO PARCIAL =	\$466,621.00

CUADR D.2

COSTOS POR CONCEPTO DE MATERIALES ELECTRICOS :

CANTIDAD :	MATERIALES	COSTO UNITARIO :	COSTO PARCIAL :
2	TERMOCUPLA	23,000.00	46,000.00
1	FUSIBLE TERMICO	22,000.00	22,000.00
1	CONTROL DE PRESION (CONTROLADOR Y TRANSMISOR)	149,000.00	149,000.00
5	PRESOSTATO	24,000.00	120,000.00
1	INTERRUPTOR FLUJO DE AIRE	36,000.00	36,000.00
4	RELE DETECTOR DE LLAMA	88,000.00	352,000.00
4	DETECTOR DE LLAMA U.V.	44,200.00	176,800.00
1	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	70,000.00	70,000.00
1	CONTROLADOR DE TEMPERATURA CON SUPERVISOR DE LLAMA INCORPORADO	155,600.00	155,600.00
1	ALARMA	5,040.00	5,040.00
4	TRANSFORMADOR DE IGNICION	20,400.00	81,600.00
4	BUJIAS	780.00	3,120.00
1	INTERRUPTOR PRINCIPAL DE DESCONECION	64,500.00	64,500.00
3	FUSIBLE PRINCIPAL	1,420.00	4,260.00
		COSTO PARCIAL =	\$1,285,920.00
			=====

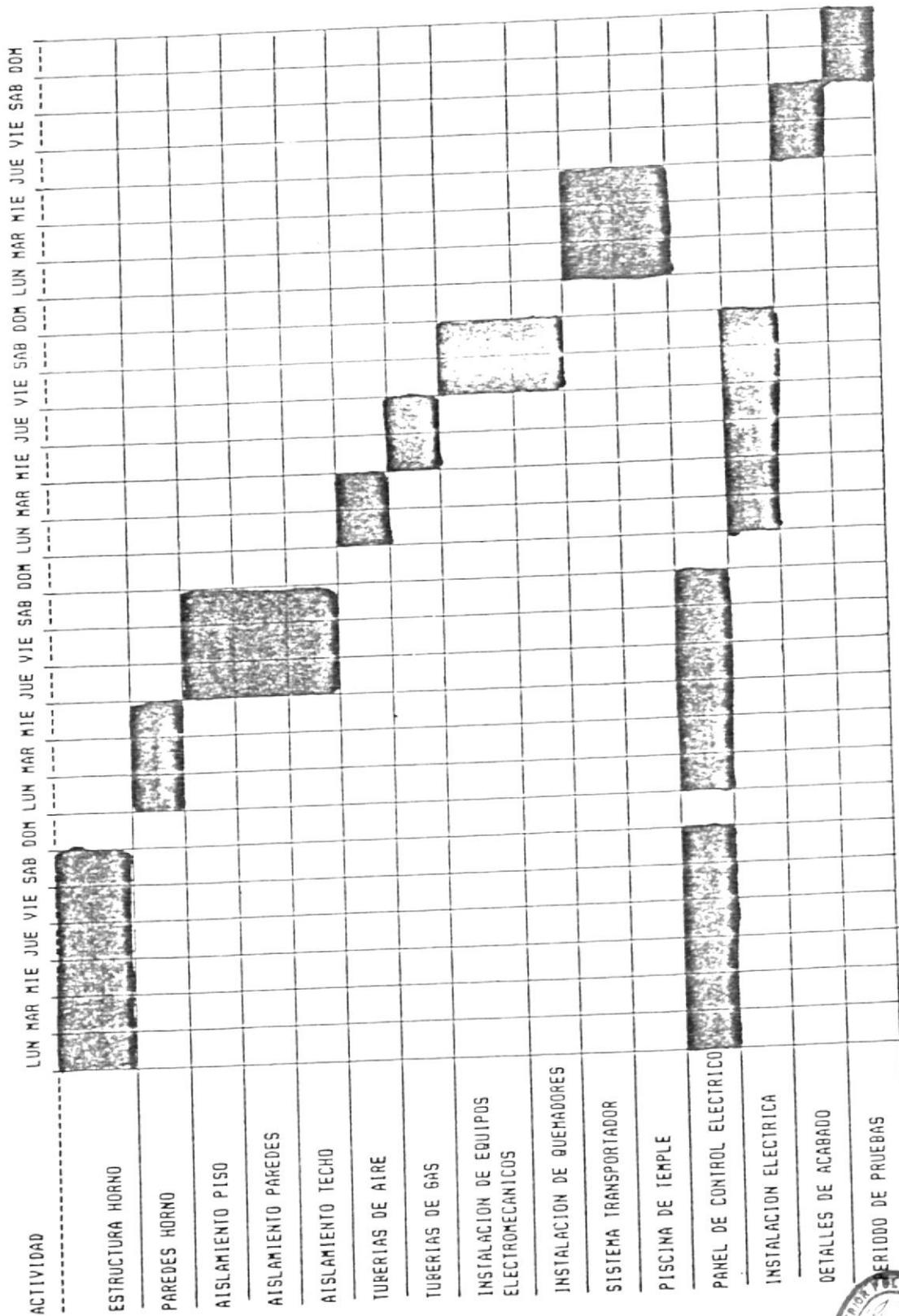
CUADRO D.2.

COSTOS POR CONCEPTO DE MATERIALES ELECTRICOS

CANTIDAD :	MATERIALES	COSTO UNITARIO :	COSTO PARCIAL :
12	FUSIBLE MOTOR	995.00	11,940.00
3	PORTA FUSIBLE PRINCIPAL	2,345.00	7,035.00
12	PORTAFUSIBLE MOTOR	2,345.00	28,140.00
4	PORTAFUSIBLE CONTROL	1,127.00	4,508.00
3	ROLLO CABLE TW#16, 100mts.	3,900.00	11,700.00
5	ROLLO CABLE TW # 16,100 MTS.	12,700.00	63,500.00
COSTO PARCIAL =			\$126,823.00
			=====

COSTO TOTAL POR MATERIALES ELECTRICOS= \$1,879,364.00

CUADRO D-23
 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA LA CONSTRUCCION DE UN HORNO
 INDUSTRIAL PARA EL TEMPLE DE FALAS (30 DIAS)



CUADRO D-4
 MANO DE OERA DIRECTA REQUERIDA PARA LA FABRICACION DE UN
 HORNO INDUSTRIAL PARA EL TEMPLE DE PALAS (30 DIAS)

ACTIVIDAD	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM	LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB	DOM		
ESTRUCTURA HORNO	7	7	7	7	7																		
PAREDES HORNO				7	7	7																	
AISLAMIENTO PISO					2	2	2																
AISLAMIENTO PAREDES					2	2	2																
AISLAMIENTO TECHO					3	3	3																
TUBERIAS DE AIRE							7	7															
TUBERIAS DE GAS									7	7													
INSTALACION DE EQUIPOS ELECTROMECANICOS													3	3									
INSTALACION DE QUEMADORES													4	4									
SISTEMA TRANSPORTADOR															7	7	7						
PISCINA DE TEMPLE															2	2	2						
PANEL DE CONTROL ELECTRICO	2	2	2	2	2	2	2																
INSTALACION ELECTRICA								2	2	2	2	2	2										
DETALLES DE ACABADO																						9	9
PERIODO DE PRUEBAS																							

Límites de la tolerancia de las tensiones de accionamiento para aplicaciones generales, según VDE 0660 (En instalaciones para trenes y de minería valen otros valores).

Aparatos	Maniobra	Tensión de accionamiento como múltiplo de la tensión nominal de accionamiento	
		Límite inferior	Límite superior
Accionamientos motorizados para interruptores	Cerrar	0.85U _n	1.1U _n
	Abrir	0.75U _n	1.1U _n
Contactores	Cerrar	0.85U _n ¹⁾	1.1U _n ¹⁾
	Abrir	0.10U _n (de ser posible 0.5U _n)	0.75U _n
Contactores auxiliares	Retorno al punto de reposo, aún con los contactores gastados	0.10 (de ser posible 0.15U _n)	
Interruptores de potencia con disparadores por corriente de trabajo	Abrir	0.5U _n	1.1U _n

¹⁾Contactores Siemens: Límite inferior 0.8U_n, Límite superior 1.1U_n.

TABLA N. C. I.

LÍMITE DE TOLERANCIA DE LAS TENSIONES DE ACCIONAMIENTO PARA APLICACIONES GENERALES.

TABLA N. CII.
GRADOS DE PROTECCIÓN IP.

Descripción abreviada de los grados de protección según DIN 40050 1980 e IEC (CEI) 52°		
Cifra característica.	1a Cifra característica: Grado de protección contra contacto y cuerpos extraños.	2a Cifra característica: Grado de protección contra agua.
0	Ninguna protección especial.	Ninguna protección especial.
1	Ninguna protección contra contacto intencional, pero sí contra cuerpos de superficie grande. Mantiene alejado a cuerpos extraños de diámetro superior a 50 mm.	Protección contra la caída vertical de gotas de agua.
2	Protección contra contacto con los dedos u objetos semejantes. Protege contra cuerpos extraños de diámetro superior a 12 mm.	Protección contra gotas de agua cayendo en un ángulo de hasta 15° con respecto a la vertical.
3	Mantiene alejados a cables y alambres de diámetro superior a 2.5mm. Protección contra cuerpos extraños de diámetro superior a 2.5mm.	Protección contra rociado de agua cayendo en un ángulo de hasta 60° con respecto a la vertical.
4	Mantiene alejados a cables y alambres de diámetro superior a 1mm. Protección contra cuerpos extraños de diámetro superior a 1mm.	Protección contra proyección de agua desde cualquier dirección.
5	Protección completa contra contacto. Protección contra depósitos perjudiciales de polvo.	Protección contra chorros de agua desde todas las direcciones.
6	Protección completa contra contacto. Protección contra la penetración de polvo.	Protección contra mar gruesa o marejada. Protección contra chorros fuertes de agua.
7		Protección contra entrada dañina de agua en caso de inmersión.
8		Protección contra entrada de agua en caso de sumersión.

B. 3. -ENERGIZACION DEL PANEL DE CONTROL

- 1.- Al cerrar el interruptor principal (IPD) y halar la botonera de paro por condición de emergencia (IES), el sistema es energizado y la lámpara blanca "LP" se activa.
- 2.- Al presionar el pulsador "2PB" actuante del motor de la cortina de aire exterior, la lámpara "1L" se activa.
- 3.- Al presionar el pulsador "4PB" actuante del motor transportador, la lámpara "2L" se activa.
- 4.- Al presionar el pulsador "6PB" actuante del motor del extractor de gases de combustión, la lámpara "3L" se activa.
- 5.- Al presionar el pulsador "8PB" actuante de la turbina alimentadora de aire para la combustión, la lámpara "4L" se activa.
- 6.- Al girar la perilla "15S", el controlador de temperatura es energizado.

7.- Al girar la perilla "7SS" es energizado el controlador de mínima temperatura con by-pass incorporado.

8.- Con los motores "3MTR y 4MTR" en operación, los contactos normalmente abiertos "3m y 4M" habilitan el contacto del presostato 1FS e interruptor de flujo de aire 1FS respectivamente.

9.- Con la mínima presión de gas requerida en la línea principal de gas, el contacto del presostato 2PS adquiere la posición cerrado.

Con la turbina energizada y entregando aire al sistema de quemadores, la mínima presión requerida de aire en el presostato 5PS hace actuar el contacto de control a la posición cerrado.

Los contactos 4PS y 3PS permanecen en estado de reposo hasta el momento que sean abiertas la electroválvula de seguridad de cierre rápido y la válvula de chequeo de presión

Debido a que el contacto 4PS permanece cerrado en

estado de reposo, la línea actuante del rele de límites 1CR es habilitada.

Con los límites necesarios para la combustión satisfechos para la entrada en operación de los quemadores, el rele y la lámpara indicadora de límites completos, "1CR" y "5L" respectivamente, entran en operación.

10.- Con el rele "1CR" en operación, el contacto "1CR-NA" habilita la línea 27 de control y el rele "2CR" comienza el período de purga del horno previo al proceso de encendido de los quemadores. El período de purga es necesario para eliminar posibles residuos de G.L.F. en los quemadores que podrían provocar una explosión.

11.- Con el rele "2CR" energizado, el contacto "2CR-NA" habilita el temporizador de tiempo de purga "1TR" y bloquea eléctricamente la electroválvula de seguridad de paso de gas de cierre rápido "1SSV". El contacto instantáneo "1TR-NA" mantiene momentáneamente en operación la lámpara de tiempo de purga "6L" hasta el momento en que culmine el tiempo correspondiente de purga y el circuito de encendido se active.



12.- Cuando el temporizador "1TR" llega a su periodo de tiempo prefijado, el contacto "1TR-TC" habilita el relé "7CR".

12a.- El circuito de encendido se activa.

12b.- La electroválvula de seguridad de paso de gas de cierre rápido se activa, por lo que se debe proceder a abrir manualmente la electroválvula de seguridad de cierre rápido 1SSV, la válvula de chequeo de presión y las válvulas de esfera de paso de gas en cada uno de los quemadores.

12c.- La lámpara de tiempo de purga "6L" se desactiva.

13.- Con la electroválvula "1SSV" en operación, se procede a abrir las válvulas de esfera para el paso de gas a cada uno de los quemadores.

14.- Al girar las perillas controladoras del sistema de encendido en los quemadores "2SS, 3SS, 4SS, 5SS" a la posición habilitado, los relés detectores de llama "1FR, 2FR, 3FR, 4FR" entran en operación.

15.- Con los relés detectores de llama en operación, se procede a pulsar la botonera de encendido "9PB". El relé supervisor de aire para el proceso de encendido

"3CR" entra en operación.

16.- Con el relé "3CR" en operación, el motor director de la válvula de paso de aire para la combustión es liberado del controlador de temperatura "1CT" y la válvula automáticamente adquiere la mínima posición restringiendo así la relación aire/combustible para el proceso de encendido.

16a.- El relé supervisor del tiempo de encendido de zona en fuego bajo "4CR" entra en operación.

16b.- La lámpara indicadora de zona en fuego bajo "8L" se activa.

17.- Con el relé "4CR" en operación, el contacto "4CR-NA" habilita el temporizador de tiempo de encendido "2TR"

18.- Con el temporizador "2TR" en operación:

18a.- El contacto "2TR-T0" habilita el relé "5CR".

18b.- Los reles de quemadores en operación "8CR, 9CR, 10CR, 11CR" se activan.

18c.- Los contactos normalmente cerrados de los reles de quemadores en operación "8CR, 9CR, 10CR, 11CR", interrumpen la línea del relé "2CR" por lo que la electroválvula 1SSV queda energizada por medio del

contacto 2CR-NC.

18d.- Las electroválvulas de paso de gas a los quemadores "1BV, 2BV, 3BV, 4BV" entran en operación, permitiendo el paso de gas a las toberas de los quemadores para que se inicie el proceso de encendido en los quemadores.

18e.- Las lámparas indicadoras de quemadores encendidos "9L, 10L, 11L, 12L" se activan.

18f.- El rele activador del grupo de transformadores de ignición "6CR" entra en operación.

18g.- El rele 7CR y temporizador 1TR son des-energizados.

19.- Si durante el tiempo de operación del proceso de encendido, prefijado en el temporizador "2TR", los detectores de llama "1UV, 2UV, 3UV, 4UV" detectan llama en los quemadores, los supervisores de llama "1FR, 2FR, 3FR, 4FR" mantienen energizadas las electroválvulas de paso de gas a los quemadores. En caso contrario, si uno o alguno de los quemadores no entra en combustión, el tiempo de encendido llegará al valor prefijado en el temporizador "2TR" y los reles "5CR" y "6CR" serán desactivados, deshabilitando de este modo el proceso de encendido de los quemadores en cuestión. Para

23.- El contacto del temporizador "4TR-T0" interrumpe la línea del relé del circuito de encendido "3CR".

24.- Con el relé "3CR" desenergizado, el motor director de la válvula de paso de aire para la combustión "1CM" es liberado para que sea controlado por "1CT", teniendo así la regulación de temperatura en el horno.

24a.- El relé de zona en fuego bajo "4CR" es desactivado.

24b.- La lámpara indicadora de zona en fuego bajo "8L" es desactivada.

25.- Con los controles del sistema regulados para operar en la zona de fuego alto, cuando la cámara del horno alcanza una temperatura ligeramente inferior a los 1500°F, el controlador de mínima temperatura con supervisor de llama incorporado 2CT energiza el relé supervisor del sistema de quemadores 16CR, con lo cual los relés detectores de llama son relevados.

25a.- El contacto 16CR-NA energiza el relé 5CR, con lo cual se tiene supervisión de gas hacia el sistema de quemadores.

25b.- El contacto 16CR-NC bloquea el relé 6CR.

B. 4. DES-ENERGIZACION

1.- Con la botonera de paro total del sistema "12PB", entra en operación el temporizador de tiempo de paro del sistema "6TR", dando tiempo para un posible reseteo en el proceso de paro.

2.- Con el temporizador "6TR" en operación, el contacto "6TR-TC" habilita el rele de paro por fuego bajo "13CR".

3.- Con el relé de paro por fuego bajo en operación:

3a.- El contacto "13CR-NA" enclava electricamente el contacto "2CR-NA" próximo a abrir, y mantiene en operación a la electroválvula de seguridad de paso de gas para la combustión "1SSV" y puentea el contacto 13CR-NA.

3b.- El temporizador "4TR" interruptor del relé del circuito de encendido "3CR" se desactiva al actuar el contacto "13CR-NC", con lo cual el contacto "4TR-TC" adquiere la posición normalmente cerrado, energizando el relé "3CR".

3c.- Con el relé "3CR" nuevamente en operación, el motor director de la válvula de paso de aire para la

combustión es liberado del control del controlador de temperatura "1CT" y automáticamente la válvula habilitadora de paso de aire para el proceso de combustión en los quemadores adquiere la mínima posición, restringiendo el paso de la relación aire/combustible al máximo con lo cual la llama en los quemadores disminuye al mínimo.

3d.- El contacto "13CR-NA" habilita el circuito de paro del sistema de quemadores, esto es, el rele 14CR y temporizador 7TR.

4.- Con la válvula de paso de aire para la combustión de los quemadores en la mínima posición y el rele 3CR energizado, el rele de fuego bajo "4CR" y la lámpara indicadora de zona en fuego bajo 8L entran en operación.

5.- Con el relé "4CR" nuevamente en operación, el contacto "4CR-NA" habilita el rele de paro en el sistema de los quemadores 14CR, con lo cual el contacto "14CR-NC" interrumpe la línea de la válvula de seguridad "1SSV" y el circuito de llama en los quemadores. Los contactos normalmente cerrados 8CR, 9CR, 10CR, 11CR energizan al rele 2CR por lo que el contacto 2CR-NA mantiene energizado la

electroválvula de paso de gas 1SSV momentáneamente y interrumpen al rele 18CR y lámpara 14L del circuito de cambios de zona de fuego.

6.- Con el temporizador reactivador "7TR" del controlador de temperatura en el proceso de paro del sistema en operación, el relé "3CR" sale definitivamente de operación al actuar el contacto "7TR-T0", liberando al motor controlador de la válvula de paso de aire para la combustión "1CM" para que sea gobernado por el controlador de temperatura, entregando aire para acelerar el proceso de paro por mínima temperatura.

7.- Cuando la decreciente temperatura del horno llega a la mínima permitida para la operación del mismo en el periodo de paro total del sistema, la cual es prefijada en el controlador de mínima temperatura "2CT", se activa el rele de paro total del sistema 15CR.

8.- Con el rele 15CR en operación, el contacto 15CR-NC interrumpe la línea del rele de límites completos para la combustión 1CR.

9.- El contacto "15CR-NA" habilita el temporizador de reinicio del sistema eléctrico de control del horno "STR".

10.- cuando el temporizador "STR" llega a su valor prefijado, el contacto "STR-TC" habilita el relé de reinicio de operación del sistema eléctrico de control del horno "12CR".

11.- Con el relé "12CR" en operación, el contacto "12CR-NA" habilita la línea principal del circuito de control a efectos de reiniciar la operación del horno en el momento deseado e interrumpe con su contacto 12CR-NC el temporizador del proceso de paro.

12.- Al reiniciar el ciclo de operación, cuando la temperatura ascendente alcance la mínima temperatura de paro en el controlador 2CT, el rele 15CR es des-energizado.

13.- Para el caso que no se requiera del ciclo repetitivo, se debera pulsar la botonera de paro total 1ES. La lampara "LP" sera desactivada.

B.5. - OPERACION DEL SISTEMA DE SEGURIDAD

El sistema eléctrico de seguridad del horno esta diseñado de tal forma que ofrece gran confiabilidad en cualquiera de los procesos industriales a utilizar. La forma de operar del sistema de seguridad elimina todo tipo de problemas que pueden ser ocasionados al producto que se está procesando. La línea de presostatos instalados, indicadores de las condiciones normales para la operación del horno, aseguran la inoccurrencia de accidentes, considerando que se esta trabajando con gas liquado de petróleo.

Si en la operación normal del horno se presenta alguna de las siguientes fallas que a continuación detallo, los elementos componentes del sistema eléctrico de seguridad automáticamente entrarán en operación, provocando el paro total del sistema.

1.- Si se presenta una baja de presión en la entrada de aire para el proceso de combustión,



ocasionado por desperfectos mecánicos en la turbina alimentadora de aire, el presostato vigilador de límites mínimos de presión de aire "1PS" sensorará esta anomalía, por lo que el su contacto normalmente abierto interrumpirá la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

2.- Si se presenta una baja de presión en la entrada de gas para el proceso de combustión en el sistema de quemadores, ocasionado por desperfectos mecánicos en el regulador de presión de paso de gas instalado en la tubería alimentadora principal de gas, el presostato vigilador de límites mínimos de presión de gas "2PS" sensorará esta anomalía, por lo que su contacto normalmente abierto interrumpirá la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

3.- Si se presenta un exceso de presión en la entrada de gas para el proceso de combustión en el sistema de quemadores, ocasionado por desperfectos mecánicos en el regulador de presión de paso de gas instalado en la tubería

alimentadora principal de gas, el presostato vigilador de límites máximos de presión de gas "3PS" sensing esta anomalía, por lo que su contacto normalmente cerrado interrumpirá la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

4.- Si se presenta un decremento de presión en la tubería de gas a baja presión para el proceso de combustión, ocasionado por desperfectos mecánicos en el regulador de presión de gas, el presostato vigilador de límites mínimos de presión "4PS" sensing esta anomalía, por lo que el contacto normalmente cerrado interrumpirá la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

5.- Si la turbina para extraer gases producto de la combustión en los quemadores sufre un desperfecto mecánico ocasionado por agentes externos, el interruptor de flujo de aire vigilador de los límites mínimos de presión de escape de gases "1FS" sensing esta anomalía, por lo que su contacto normalmente cerrado interrumpirá la línea principal del sistema de

control, ocasionando el paro total del sistema.

6.- Si se presenta un excesivo aumento de temperatura en el hogar del horno, ocasionado por un desperfecto eléctrico en el controlador de temperatura "2CT", el termostato controlador de máxima temperatura de operación "1TS" sensará esta anomalía, por lo que su termocupla se verá afectada con la fundición de su contacto y el contacto normalmente cerrado del termostato interrumpirá la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

7.- Si se presenta un efecto de sobrecarga en el motor accionador de la turbina alimentadora de aire para el proceso de combustión en el sistema de quemadores "4MTR", ocasionado por desperfectos mecánicos en su juego de rodamientos, el relé térmico "4QL" se verá afectado por un aumento excesivo de temperatura producto del incremento de amperaje en el motor, con lo cual sus bimetales harán actuar el contacto normalmente cerrado, interrumpiendo de este modo la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

8.- Si se presenta un efecto de sobrecarga en el motor accionador de la turbina extractora de gases producto de la combustión en el sistema de quemadores "3MTR", ocasionado por desperfectos mecánicos en su juego de rodamientos, el relé termico "3OL" será afectado por un excesivo aumento de temperatura producto del incremento de amperaje en el motor, con lo cual sus bimetales accionarán el contacto normalmente cerrado, interrumpiendo de este modo la línea principal del sistema de control, ocasionando el paro total del sistema.

El sistema eléctrico de control y seguridad del horno dispone de una alarma, indicadora de cambios efectuados en el proceso de operación y fallas presentes en el sistema. La alarma entrará en operación para cada uno de los casos que detallo a continuación:

a.) Al energizar el sistema por medio del interruptor principal de desconexión "IPD", el contacto normalmente cerrado "ICR", activara el sistema de alarma. La lámpara indicadora de

alarma en operación "15L" es energizada.

b.) Cuando el temporizador de tiempo de purga "1TR" llega a su valor prefijado, indicando que el tiempo de purga ha culminado, el contacto "1TR-TC" activa el sistema de alarma. La lámpara indicadora de alarma en operación "15L" es energizada.

c.) Cuando el sistema de quemadores se encuentra en el proceso de encendido y el grupo de transformadores de ignición entran en operación al energizarse el relé "6CR", el contacto "6CR-NA" habilita el sistema de alarma, indicando que los quemadores están encendidos. La lámpara indicadora de alarma en operación "15L" es energizada.

d.) Cuando alguna de las fallas antes mencionadas que activan el sistema de seguridad, el relé de límites completos "1CR" será interrumpido, por lo que su contacto "1CR-NC" activará el sistema de alarma. La lámpara indicadora de alarma en operación "15L" es energizada.

El sistema de alarma puede ser desactivado pulsando la botonera "13PB", lo cual activa el relé de paro de alarma "24DR".