

870117

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

2
2Ej.



"INTRODUCCION GENERAL AL ESTUDIO DE HORNOS INDUSTRIALES DE GAS"

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

José Marco Antonio Peña Coronel

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Guadalajara, Jalisco, Octubre 1994.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL Y MECANICA ELECTRICA

Guadalajara, Jal., 16 de Septiembre de 1994.

Al Pasante de
Ingeniero Mecánico Electricista
Area: Mecánica
Sr. Marco Antonio Peña Coronel
P r e s e n t e .

En contestación a su solicitud de fecha 21 de febrero del presente año, me es grato informar que la Comisión de Tesis que me honro en presidir, - aprobó como tema que usted deberá desarrollar para su examen de Ingeniero Mecánico Electricista, el que a continuación transcribo:

" INTRODUCCION GENERAL AL ESTUDIO DE HORNOS INDUSTRIALES DE GAS "

- INTRODUCCION
- ANTECEDENTES
- I.- COMPONENTES Y AISLANTES
- II.- ANALISIS DE LA COMBUSTION
- III.- CONTROL DE LA TEMPERATURA
- IV.- MANTENIMIENTO AL HORNO DE GAS
- V.- COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE HORNOS DE GAS
- VI.- NORMAS DE SEGURIDAD DEL HORNO DE GAS
- VII.- UTILIZACION INDUSTRIAL
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Ruego a usted tomar nota que la copia fotografiada del presente - oficio, deberá ser incluida en cada uno de los preliminares de su Tesis.

A T E N T A M E N T E .
" CIENCIA Y LIBERTAD "

ING. MANUEL URTE RAZO
DIRECTOR
ESC. DE ING. IND. Y MEC. ELECT.

C O N T E N I D O

CONTENIDO	1
AGRADECIMIENTOS	VI
INTRODUCCIÓN	VII
ANTECEDENTES	1
CAPITULO I "COMPONENTES Y AISLANTES"	3
I.1. COMPONENTES BASICOS	4
I.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS	8
I.2.1. Dispositivos de Combustión y Quemadores	8
I.2.2. Válvulas Solenoides	15
I.2.3. Estructuras	16
I.2.4. Refractarios	21
I.2.5. Dispositivos de Control	22
I.2.6. Equipo Auxiliar	25
I.2.7. Señales	29
I.2.8. Quemadores Piloto	32
I.3. TIPOS DE AISLAMIENTOS	34
I.3.1. Clasificación	34
I.3.1.1. Ladrillos aislantes	39
I.3.1.2. Concretos aislantes	41
I.3.1.3. Aplicaciones	43
I.3.2. Aislamiento de Fabrica de Vidrio	43
I.4. INSTALACION Y ACCESORIOS PARA SERVICIO	
I.4.1. GAS	45
I.4.1.1. recipientes	45
I.4.1.2. tuberías	46
I.4.1.3. conexiones	49
I.4.1.4. reguladores de Presión	50
I.4.1.5. válvulas	51

5.2.2.	Determinación del Nivel de Rendimiento más Alto y Factores, sin aumentar el costo.....	191
5.2.3.	Determinación del Nivel Óptimo para un Funcionamiento Económico de la Planta.....	192
5.3.	ECONOMÍA DE COMBUSTIBLE EN LOS HORNOS.....	195
5.3.1.	Economía en el Uso de Materias Plásticas.....	201
5.3.2.	Incrementos del Precio de Combustión.....	201
5.3.3.	Medidas para Economizar Costo.....	204
5.4.	Efecto del Combustible sobre el REVESTIMIENTO DEL HORNO.....	207
5.5.	LA EFICIENCIA DEL HORNO.....	209
CAPITULO 6	"NORMAS DE SEGURIDAD DEL HORNO DE GAS".....	212
6.1.	AISLAMIENTO TOTAL O PARCIAL DEL HORNO.....	222
6.2.	METODOS PARA MOTIVAR AL PERSONAL AL USO APROPIADO DEL EQUIPO DE SEGURIDAD.....	225
6.2.1.	Reglas en el Uso del Equipo de Seguridad Personal.....	228
6.2.2.	Metodos de Convencimiento para el buen Uso del Equipo.....	228
6.2.3.	Guías para la Prevención de Accidentes.....	230
6.3.	LIMITACION DEL TIEMPO Y FRECUENCIA DE EXPOSICION.....	232
6.4.	SISTEMA DE PROTECCION PARA EL ENCENDIDO Y SEGURIDAD DE FLAMA.....	235
6.4.1.	Descripción y Características del Quemador.....	235
6.4.2.	Ignición y Seguridad de Flama.....	236
6.4.3.	Diseñación de Componentes al Sistema.....	240
6.4.4.	Funciones del Sistema de Protección.....	252
CAPITULO 7	"UTILIZACION INDUSTRIAL".....	257
7.1.	VENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL HORNO.....	258
7.1.1.	Ventajas y Limitaciones.....	259
7.2.	USOS INDUSTRIALES.....	265

... EN OBJETIVOS Y TENDENCIAS A FUTURO EN

1. USO DEL HORNO DE GAS	271
2. TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD EN EL HORNO DE GAS	272
"CONCLUSIONES"	275
BIBLIOGRAFIA	280
APENDICE de Elementos Frecuentemente Utilizados en la Práctica	A-1
APENDICE de Elementos a Considerar en la Aplicación de los Elementos	A-5
GLOSARIO	B-1
INDICE DE Materiales	I-1
INDICE DE Procedimientos	I-4
INDICE DE Tablas	I-5

AGRADECIMIENTOS

A DIOS,

Porque sin su ayuda nada se puede realizar.

A MIS PADRES,

Por que gracias a su comprensión y apoyo se llegó a ser lo que soy.

MIS HERMANOS,

Por encontrar en ellos el apoyo que necesito, siempre.

MIS MAESTROS,

de una manera muy especial, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarme sus conocimientos.

MIS AMIGOS,

los que a pesar de la distancia y el tiempo siempre están dispuestos a tenderme la mano.

LAS PERSONAS QUE,

de una u otra forma me auxiliaron en la elaboración de esta tesis.

TODOS AQUELLOS QUE,

me han ofrecido su confianza y respeto, como profesionista y hombre.

GRACIAS

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

Debido a la gran cantidad de literatura existente sobre el tema, pero que rara vez se encuentra disponible en un solo ejemplar, se elaboró esta tesis, cuyo objetivo es el proporcionar una semblanza de los factores que son determinantes en la adecuada operación, funcionamiento y utilización de los hornos industriales que operan con gas; de sus elementos constitutivos; de los principios que condicionan la aplicación correcta del mantenimiento de los hornos y del equipo auxiliar empleado en el proceso de utilización de la energía térmica; y de las causas determinantes en el buen funcionamiento de un horno, así como los elementos necesarios para implantar las adecuadas normas que evitan percances.

Este trabajo se ha dividido en siete secciones principales, que conforman los capítulos de la tesis, y que sintetizan el objetivo anteriormente descrito.

Podemos observar que en los antecedentes, se hablará de las necesidades de la industria en relación al uso de hornos, preferentemente sobre los que utilizan elementos gaseosos derivados del petróleo como combustible para calentar o dar tratamiento a los productos que elabora la industria.

En el primer capítulo se hace referencia a los elementos constitutivos de cualquier horno de gas, los cuales, en su adecuada selección y diseño, determinan en gran parte que la construcción, operación y mantenimiento sean de carácter competitivo internacionalmente, primordialmente en los que se refiere al factor economía, sin descuidar en nada los elementos ergonómicos con ellos relacionados. Para ello, primero se hace un análisis de las partes que conforman los hornos, para de luego realizar la descripción de las mismas, así como de sus posibilidades de ser encontradas en el mercado.

La eficiencia de un horno de gas está íntimamente relacionada con la adecuada combustión de los elementos que participan en ella, por lo que es adecuado dedicar un capítulo especial, el de "Análisis de la Combustión", el cual corresponde al segundo capítulo de la tesis en cuestión.

De igual manera por su importancia, se dispone otro capítulo, el tercero, para hablar de la importancia y necesidad de controlar adecuadamente la temperatura suministrada a un horno, pues un control inadecuado del sistema puede llegar a provocar incluso, que el sistema demande más energía de la que realmente necesita, y por tanto, costos de operación y mantenimiento se elevarán de una manera inadecuada.

De suma importancia es el cuarto capítulo, que habla de la importancia que tiene la adecuada forma de operar los sistemas, así como los requerimientos de sustitución de elementos que ayuden a ampliar la vida útil de la maquinaria, su rendimiento neto y la seguridad del operador. Por eso en este capítulo se hablará de la operación y mantenimiento de la máquina.

En el quinto capítulo se aborda el factor financiero, ya que en un país donde la competencia internacional está en boga, es preponderante que los costos reales de operación y mantenimiento de cualquier maquinaria, ya sean directos o indirectos, sean los adecuados, evitando así el desembolso económico fatuo.

Para el capítulo seis se toma en cuenta un factor que realmente en pocas empresas se le da la adecuada importancia, y es la seguridad, tanto de los recursos materiales como los recursos humanos con que cuenta la industria. Se ha incluido este capítulo con la finalidad de que en cualquier estudio o trabajo posterior que se realice del tema sea considerado como un elemento determinante en los resultados y conclusiones que se obtengan.

El séptimo capítulo tiene la finalidad de orientar en los usos reales a los cuales se ha de someter el horno, buscando sobre todo que sea una guía para selección de horno óptima.

En la sección destinada a las conclusiones se realiza un análisis de las perspectivas actuales, así como futuras, en el empleo de estos sistemas de calentamiento, tratamiento térmico y transformación (entre sus formas más usadas), y su confrontación con otros sistemas.

No se pretende con esta obra descartar que existan mejores y más completos ensayos con el mismo fin, pero tomando en cuenta que está dirigido tanto al personal que opera y repara la maquinaria, como al personal que supervisa estas labores, en un lenguaje sencillo y sin complicaciones, tratando de auxiliar para que la toma de decisiones sea de una manera precisa, ante cualquier contingencia que surgiese, se elaboró el ensayo con la idea de incluir los temas más comúnmente empleados en la industria.

A N T E C E D E N T E S

El costo del mantenimiento industrial, comprendidas las ramas de construcción y actividades de servicio, es cada vez mayor, según estudios oficiales y privados, los cuales demuestran que en los países desarrollados (E.E.U.U., FRANCIA, JAPON, Etc.) sobrepasa los 6.5 biliones de pesos al año. En algunas ramas, el costo es de dos a tres veces mayor.

El gasto promedio por dicho concepto en la industria del acero, en 1980 fué del 12% de las ventas, habiendo sido de menor del 11% en los 5 años anteriores, de acuerdo con el Manual Industrial Moody's.

Un buen servicio de conservación de instalaciones y equipo, y en especial de hornos de gas, busca reducir al mínimo las suspensiones de trabajo, y hacer más eficaz el empleo de materiales y recursos humanos, a efecto de conseguir la eficiente operación del equipo, con el menor costo posible. La necesidad de tener una organización apropiada de mantenimiento, de poseer controles adecuados, de planear y programar con acierto, queda en relieve por varios motivos:

- A) Existe una creciente mecanización en la industria, lo que ha reducido el costo de mano de obra directa; pero a la vez, ha impuesto la exigencia de conservar debidamente las instalaciones y el equipo.*
- B) Una mayor complejidad del equipo, lo que amerita servicios altamente especializados y una planeación más efectiva del mantenimiento*

- C) *En épocas críticas, es estratégico evitar un innecesario aumento de repuestos y accesorios para mantenimiento.*
- D) *Es necesario que los paros por mantenimiento sean mínimos y bien programados, para poder llevar controles más estrictos de producción y mejorar los plazos de entrega, así como la calidad de lo que se produce en las empresas.*
- E) *Finalmente, cada vez y por efectos de la inflación, los costos son mayores, habiendo una mano de obra con menos factibilidad económica de adquirirse, y el constante aumento de los precios de partes, accesorios y materias primas.*

Por lo anterior, es vital hacer conciencia en la Dirección o Gerencia Empresarial, sobre la importancia que tiene el mantenimiento y su repercusión en los costos totales de una empresa, a fin de que sus acciones promuevan que la planeación adecuada y acertada del mismo, coadyuve a asegurar su permanencia en el mercado.

Sin embargo, al mantenimiento no se le concede aún la importancia que en realidad tiene considerándose, inclusive, en algunos casos, como un mal necesario, un gasto y una actividad inútil.

1. COMPONENTES Y AISLANTES.

Desde que el hombre tuvo contacto por vez primera con el fuego y su poder destructor, se reveló ante él una fuerza transformadora capaz de emanar calor y modificar, a un mismo tiempo, los elementos con que entra en contacto.

Naturalmente fue necesario que transcurriera un largo período de tiempo para que las propiedades del fuego fueran justamente valoradas y, sobre todo, utilizadas convenientemente.

Al principio, el hombre solo conoció y utilizó el fuego de las fuentes ígneas naturales; de ahí que el primer problema que debió plantearse después que podía utilizar el fuego fue, pues, el de mantenerlo encendido.

Con el descubrimiento del utensilio para encender fuego, el hombre se enriqueció con una nueva fuerza: La Energía Térmica. Con la energía derivada del fuego, el hombre se convirtió en "químico", o sea, en transformador de sustancias.

Poco a poco, buscó la manera de mejor aprovechar el calor necesario para transformar los elementos que lo rodeaban, primero en lugares abiertos, y después, en lugares donde pudieran concentrar el calor, conservarlo y producirlo: Había nacido el primer horno.

1.1. COMPONENTES BASICOS

La principal dificultad del hombre tocante a los hornos durante largo tiempo, ha sido conseguir y controlar la temperatura necesaria para la fusión.

Hacia 1857, Hartlo Siemens tuvo la idea de aplicar el principio de su horno de ascenso con recuperación de calor, al procedimiento de fusión de aceros que él mismo había creado y hacer así realizable industrialmente la fabricación del acero en hornos de solera. Lo mismo que el convertidor Bessemer, el procedimiento Hartlo Siemens sólo se aplicó en un principio a las fundiciones libre de fósforo, ya que el recubrimiento del horno era ácido. El descubrimiento del proceso Thomas llevó a los metalurgistas a construir hornos Hartlo-Siemens básicos, los cuales junto con el proceso ácido son los actualmente usados para la fabricación del hierro y del acero.

Entre de los hornos utilizados en la industria más frecuentemente, se encuentran los hornos de gas, que son el motivo de esta tesis. Para su estudio podemos decir que se componen de las siguientes partes principales:

HOGAR Es una cámara rectangular de una profundidad variable, y que puede variar de 60 a 300 toneladas de carga, según el tamaño dentro de los más usuales comercialmente. Es el lugar o espacio donde se realiza la combustión, calentando la carga en contacto directo con el combustible y cuyas paredes a veces son por lo general de hierro coqueado o con frecuencia refrigeradas. Si la parte alta está cerrada con campana, constituye un hogar cerrado, si no lo está, es un hogar abierto. El aire para la combustión se introduce mediante una o más tuberías.

QUEMADORES Estos dispositivos tienen una gran variedad de modelos y formas, comercialmente se les conoce como "conductos de humos", de "orificios", o "quemadores múltiples", y son los conductores del combustible suministrado al horno.

DISPOSITIVOS DE CARGA AL HORNO Existen en medios mecánicos: Cúrdas, carriles para el desplazamiento de carga, vagones, polipastos, transportadores de banda, etc.; medios neumáticos: pistones, válvulas, etc.; y medios eléctricos: cables, varillas, carriles, etc.; o una combinación de estos, dependiendo de las necesidades e exigencias requeridas.

ESTRUCTURA (ARMAZON) Básicamente está compuesta de placas de sidera utilizadas como travesaños y columnas, para las puertas, que sirven como revestimiento del horno, para evitar pérdidas de calor. Las puertas deberán ser ligeras, insulacionadas y forradas, además de ser dobles para que la puerta inferior sirva de protección contra la radiación.

CONDUCTOS Son los empleados para la conducción tanto del combustible como del comburente y, adicional, para conducir los gases de la combustión al exterior; dichos conductos pueden ser externos o internos. Entre los más comunes para el suministro del gas están los tubos, reducciones y toberas; mientras que para la aplicación del aire, se emplean sopladores de inducción forzada mediante el grupo motor-ventilador, y controlándolo con el empleo de válvulas direccionales. Dentro de los conductos más comunes para la extracción de los gases de combustión, se cita las chimeneas, que son conductos tubulares, fabricados regularmente de lámina de acero inoxidable o negra, y que además de extraer los gases de combustión, nos sirven también para evitar la contaminación del medio ambiente. En este caso también puede forzarse la salida por medios inducidos.

DISPOSITIVOS DE CONTROL - Dentro de éstos, podemos citar los medidores de flujo y mandatores, empleados para controlar las condiciones adecuadas de la relación de presión y de volumen (aire/gas) requeridas para la buena combustión y velocidad de los fluidos. También dentro de estos dispositivos se encuentran los pirómetros y termopares que se utilizan para

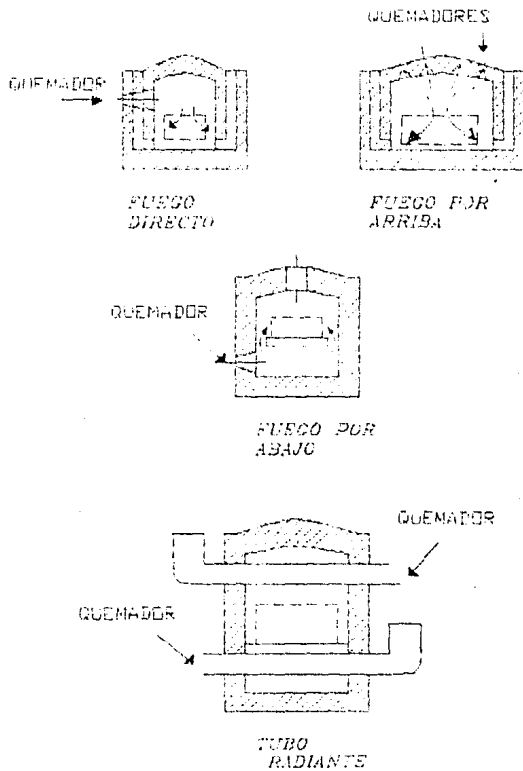
controlar la temperatura del horno, dentro de los límites especificos, dependiendo de la necesidad del proceso de fabricación.

LADRILLOS REFRACTARIOS - Se utilizan para formar las bóvedas, paredes, divisores y charcos de los quemadores, además de poseer la propiedad de soportar altas temperaturas y condiciones de operación críticas. Permiten conservar el calor durante mucho tiempo y en consecuencia mantener el horno siempre caliente.

MORTERO - Sirve como pegamento para la unión de los ladrillos refractarios e aislantes y generalmente se fabrica de yeso.

LADRILLOS AISLANTES - Sirven para evitar fugas de calor y se emplean principalmente en la parte posterior de otros ladrillos de alta refractabilidad y alta conductividad térmica, en algunas ocasiones son usados como revestimiento de trabajo, siempre y cuando no exista abrasión, ataque de escorias o contacto con líquidos. También, se puede obtener aislante en forma de placa o celulosa, lana mineral y fibra de vidrio.

ACCESORIOS Y EQUIPO AUXILIAR - Generalmente son componentes que se adicionan a la instalación para obtener una mayor eficiencia del horno. Pueden ser los siguientes: Válvulas, relevadores de control, pilotos, timers, interruptores de nivel, de presión, reguladores y tableros eléctricos, los cuales nos permiten lograr condiciones de trabajo más confiables y seguras, dependiendo de los requisitos de nuestra instalación.



METODOS DE CALENTAMIENTO DE HORNOS
 FIGURA 1.1.1.

1.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

La adecuada utilización del horno y de sus componentes, permite obtener una alta eficiencia en la operación del equipo, además de conservar durante más tiempo la vida útil del horno y de sus accesorios, siendo importante seguir las recomendaciones que cada fabricante hace.

Hoy en día hay gran variedad de diseños de hornos de gas y constantemente existen en el mercado innovaciones que nos permiten tener un amplio campo para la selección e instalación de equipo para fusión; lo anterior facilita adquirir el equipo adecuado, y si esta selección se basa en un estudio a fondo de las necesidades, contemplando en detalle el equipo de gas que alimentará al horno y la programación lo más real posible sobre su uso, los gastos de instalación y mantenimiento, la adquisición arrojará los costos más favorables y por tanto la eficiencia del equipo será máxima.

1.2.1. DISPOSITIVOS DE COMBUSTIÓN Y QUEMADORES.

Según la naturaleza de la energía empleada, los equipos liberadores de calor consisten en un dispositivo de combustión o en un elemento eléctrico de calentamiento.

El equipo igual de liberación de calor debe satisfacer las siguientes características:

- 1. Permite alcanzar una temperatura controlada uniforme en el horno, calentador o estufa.
- 2. Permite obtener una atmósfera controlada y uniforme en el horno.
- 3. No se destruye por el calor que libera.

**CODIFICACION Y DESCRIPCION DE LOS DISPOSITIVOS DE COMBUSTION PARA
COMBUSTIBLES GASEOSOS MAS USADOS EN EL MERCADO.**

Estos dispositivos tienen una gran variedad de modelos y formas que van desde conductos de hornos y crisoleros, hasta quemadores múltiples de gas, como se muestra anteriormente.

A. QUEMADORES DE BUE TRONCADO (AIRE GASEO) O QUEMADORES DE MUELLA EN BURRILLA.
 Llegando la mezcla a la entrada del horno o inmediatamente antes de estar pasando el orificio en los siguientes rubros:

- A.1. Quemadores con aire forzado (instalación abierta o cerrada)
- A.2. Quemadores de leñera de muelle.
- A.3. Quemadores con flama de gran longitud
- A.4. quemadores para gas de gasógeno
- A.5. quemadores con aire caliente.
- A.6. quemadores con turbellino.
- A.7. quemadores con exceso de aire (flama amortiguada).
- A.8. quemadores con deflectores.
- A.9. quemadores de tubo radiante.

B. QUEMADORES DE TIPO SEDA TUBULAR O QUEMADORES DE MEZCLA Y PROPORCIONALES:
Son dispositivos que reciben la mezcla ya efectuada, y en la proporción deseada (aire-gas), para ello cuentan con llaves con las que puede hacerse la proporción de los componentes de la mezcla. Se clasifican en:

- 8.1. Quemadores de mezcla proporcional, el aire aspira al gas.
- 8.2. Quemadores de mezcla proporcional, el gas aspira al aire.
- 8.3. Quemadores con línea.
- 8.4. Quemadores de cono radiante.
- 8.5. Dispositivos de retención de llama.
- 8.6. Quemadores de pletina y de línea.

Los quemadores descritos aquí (y otros similares) que envían una mezcla tubular de gas y aire al bloque del quemador, tienen un gran campo de aplicación. Pueden usarse a altas temperaturas y se colocan en el lado de las paredes y las bóvedas.

SELECCION DE QUEMADORES.

Para efectuar una selección de quemadores, puede ser conveniente seguir los pasos descritos a continuación:

1. Determinar la máxima salida total de calor en (kcal/hr) requerida por los quemadores.
2. Estimar el costo efectivo del quemador, incluyendo calentamiento.
3. Indicar cuántos quemadores serían necesarios, lo cual normalmente se determina analizando el tipo de proceso de calentamiento.

4. - Determinando la salida de kcal/hr por cada quemador, seleccionar el tipo de quemador, basándose en la capacidad calorífica del mismo (lo cual normalmente es proporcionada en tablas por los fabricantes de quemadores), buscando su máxima eficiencia, su menor tamaño y su capacidad de encendido por los medios comunes existentes en el mercado; también se debe tomar en cuenta su durabilidad y facilidad de servicio y limpieza, así como que se pueda fabricar o conseguir en el mercado con las características más exactas al diseño.
5. - Determinar los requerimientos de aire para el proceso y dictar la forma de suministrarlo, ya sea en forma natural o tornándolo con un ventilador o sistema similar.
6. - Definir, según los requerimientos del proceso, si es necesario contar con pilotos de seguridad de llama, para lo cual habrá que seleccionarlos acorde al tipo de quemador que se diseñe. Si el horno trabajará en forma continua, quizás no sea necesario hacer ese gasto.

PARTES DE UN QUEMADOR INDUSTRIAL.

BLOCK DE COMBUSTION. tiene por objeto dar un sistema de retención de llama para aquellos quemadores sellados que no cuentan con el anillo de retención de llama necesario para la estabilidad del quemador, además de proporcionar a los gases de combustión un sistema de expansión tal, que los gases quemados no puedan penetrar hacia donde se lleva a cabo la llama diluyéndola y apagándola, creando un problema de inestabilidad en el quemador.

SOPORTE DEL BLOCK DE COMBUSTION tiene por objeto proporcionar al quemador un medio económico para unir el block de combustión con las demás piezas que forman el quemador, además de darle mayor protección al block de combustión contra choques mecánicos.

PIRILLO El objeto de una pirilla en un quemador industrial, sobre todo del tipo piloto, es proporcionar un acceso para inspección de flama por el operador, así como en sistemas automáticos tener un punto en el cual pueda colocarse un sistema de protección contra falta de flama.

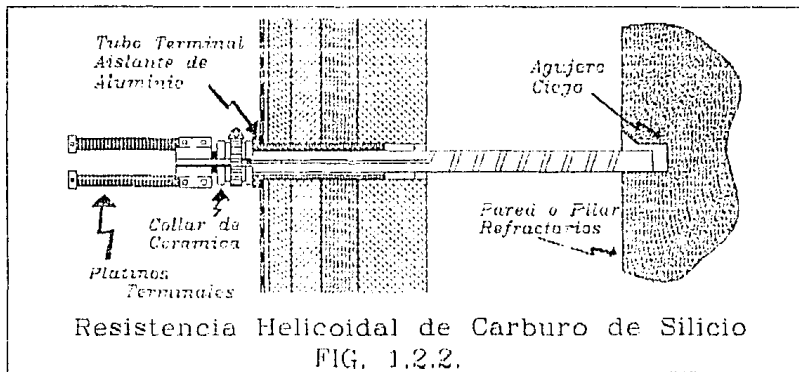
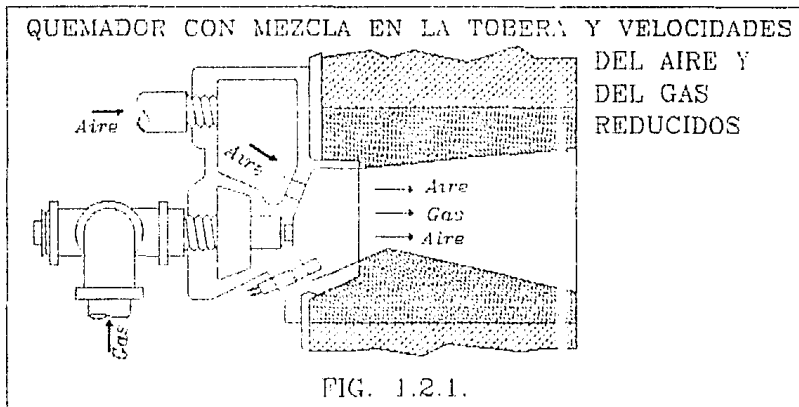
CUERPO DEL QUEMADOR El cuerpo del quemador puede tener, dependiendo del tipo del sistema de objetivos, cuando se trate de quemadores de mezcladores o boquilla, su diseño proporciona los medios para entregar en el block de combustión las corrientes de aire y de gas correspondientes con los aditamentos necesarios según el diseño para provocar una flama con flujo laminar o una flama con flujo turbulento; cuando se trata de quemadores de premezclado esta parte del quemador proporciona los medios mecánicos para la conexión de tuberías y válvulas, así como el diseño adecuado para que al suministrar la mezcla al block de combustión se obtenga el tipo de flama para lo cual fue diseñado el quemador.

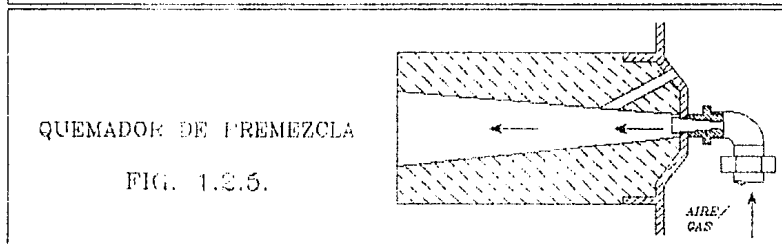
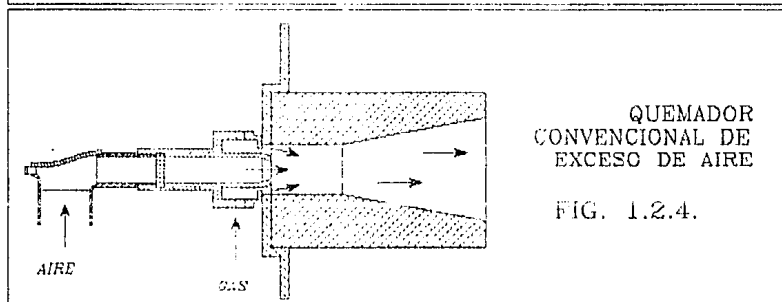
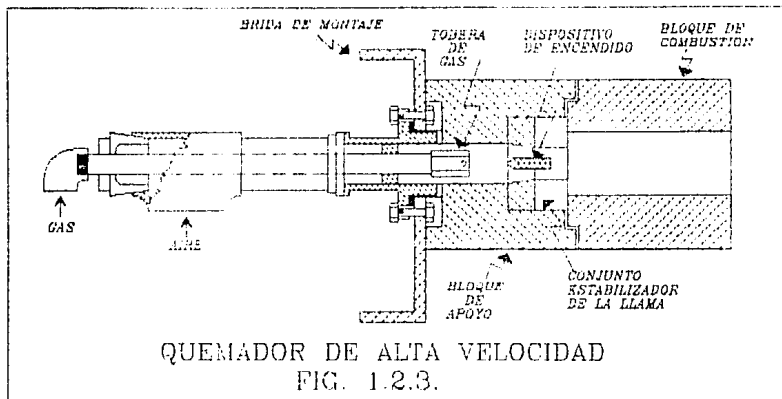
AJUSTE DE GAS Todo quemador industrial debe de contar con un medio para ajustar la cantidad de gas que se debe proporcionar como máximo al quemador. Dentro de este renglón, podemos tener aditamentos tales como válvulas de ajuste fino, orificios de medición u orificios limitantes de capacidad a una presión determinada.

AJUSTE DEL AIRE. Lo mismo que el párrafo anterior, es necesario para que un quemador sea ajustado correctamente dentro de su capacidad, ya sea de trabajo en relación estequiométrica o en exceso de aire o con deficiencia del mismo, tener un aditamento tal que pueda regularse la cantidad de aire suministrado al quemador, para esto se utiliza comúnmente una válvula de mariposa o un orificio de medición o simplemente un orificio limitante de la cantidad de aire.

PILOTO Todos los quemadores industriales tienen forma de colocar un sistema de ignición o piloto ya sea para trabajar manual o para trabajo automático.

A continuación se muestran algunos tipos de quemadores y dispositivos de combustión, de uso frecuente en gas, y comercialmente fabricados, así como su comparación con dispositivos de calentamiento eléctricos:





1.2.2. VALVULAS SOLENOIDES.

La falla de una válvula solenoide de control, puede traer como consecuencia desde pequeños inconvenientes en el funcionamiento del horno, hasta un completo paro en el desarrollo del proceso, con los consecuentes costos que esto ocasiona, de ahí que la selección de válvulas solenoides de control debe ser hecha con el máximo cuidado, tomando muy en cuenta por un lado los requerimientos del diseño del horno y, por el otro, las especificaciones del fabricante. Asimismo, debe realizarse la capacitación del personal que operará el horno, haciendo énfasis en el mantenimiento de las válvulas, y en la solución técnica de los problemas que estas puedan generar.

En el mercado existen varios tipos de válvulas en función del número de vías con que cuentan, pudiendo mencionarse válvulas de 1, 2, 3, 4, o 5 vías o salidas, siendo estas las más usadas, debiendo mencionarse que también existen válvulas de tipo especial, cuya sofisticación es superior a las ya citadas.

Los factores más importantes para seleccionar el tamaño de la válvula serán entre otros: La configuración de la misma, medida del orificio y gravedad específica del fluido controlado.

Las variables que afectan la selección del tamaño de la válvula han sido reducidos a un parámetro sencillo conocido como coeficiente de flujo "Cv". Los fabricantes de válvulas proporcionan gráficas para determinar este valor "Cv" en base a las condiciones de los sistemas donde se instalarán y en sus catálogos proporcionan los valores de dicho coeficiente en tablas e impresos.

Se debe tener cuidado de no sobredimensionar una válvula operada internamente por piloto, ya que esto originará que si esta válvula controla la

admisión de combustible, ya sea directamente o por control de pistón, la presión de flujo a través de la misma pueda ser insuficiente para levantar dicho pistón o diafragma fuera del orificio de admisión de la mezcla, dando como resultado un flujo escaso o nulo.

1.2.3. ESTRUCTURA (Almacén).

Normalmente se fabrica de metal (hierro fundido, o acero al carbono) y sus principales componentes, entre otros, son:

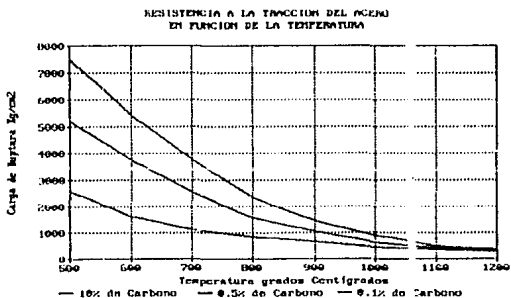
columnas de apoyo, puertas, goznes, paredes laterales, fondo, umbrales, techo, etc.

También pueden considerarse como parte de la misma tanto la chimenea, como los dispositivos de transporte y fijado de la carga, como: Vigas móviles, rodillos, cadenas, rieles, entaces, recipientes transportadores, bandas, etc. de modo que también a los muelles se les puede incluir en la estructura.

Dada las especiales condiciones de operación de los hornos, principalmente con el aspecto de temperatura, resulta evidente que la selección de metales para su fabricación, deberá contemplar los valores críticos, que permitan a dichos metales soportar estas condiciones, brindando la más alta durabilidad a un costo óptimo.

Evidentemente los usuarios de hornos, seleccionarán aquellos materiales que posean la resistencia y durabilidad requeridas a un bajo costo, siendo los más baratos el hierro fundido y el acero al carbono y, por lo tanto, deben emplearse siempre que sea posible. No dan buen resultado si se les expone a altas temperaturas, debido principalmente a que disminuye su resistencia mecánica, además de que se oxidan y se queman.

Para las barras de la solera de revolver o de tratamiento térmico es preferible el hierro fundido al acero, pues se acada más lentamente. Si se emplea hierro fundido para hacer las barras o las placas de la solera, es preferible dividir la solera en partes cortas, de modo que estén todas enclavadas en el contrafuerzo, dejando espacio para la dilatación y el crecimiento. El crecimiento o dilatación irreversible del hierro fundido se hace notable por encima de los 425 °C y se hace considerable después de repetidos calentamientos a 815 °C. A más aparece un límite en el crecimiento del hierro fundido si se calienta repetidamente a 815 °C. El silicio, el cromo o ambos reducen en gran parte el constante crecimiento del hierro fundido. Es evidente que, tanto el repetido calentamiento como la temperatura juegan un papel importante en la magnitud del crecimiento y como consecuencia, se deberá dejar un espacio amplio para permitir esto.



GRAFICA 1.2.1.

La gráfica anterior muestra el rápido descenso de la resistencia a la tracción del acero dulce, semiduro y duro en función de la temperatura.

El acero también sufre el fenómeno del crecimiento permanente después de repetidos calentamientos a 815 °C. o más, pero el crecimiento es

menor en comparación con el permanente del hierro fundido. El crecimiento del acero ocurre cuando hay grandes diferencias de temperatura entre la superficie y el interior.

Por otra parte, no se recomienda emplear el hierro fundido o el acero al carbono normalizado para hornos de alta temperatura a menos que se adicione un sistema de refrigerante al metal, ya sea por medio de agua, o se instale una atmósfera que lo proteja de los gases. Las placas de acero extra suave soldadas, son un material apropiado para partes metálicas refrigeradas por agua situadas en el interior de los hornos, porque no se producen grietas en ellas si están sometidas a grandes diferencias de temperatura en los hornos con atmósferas protectoras a base de hidrógeno y otras, en donde también se emplea para cubierta y para otras partes metálicas a temperatura de hasta 1100 grados centígrados.

Los aceros a utilizar en los hornos a temperaturas superiores a 760 °C, deben satisfacer las condiciones siguientes:

- A) No deben oxidarse rápidamente, además de no ser atacados por atmósferas moderadamente sulfuradas.
- B) No deben sufrir deterioraciones permanentes notables por la influencia de tensiones moderadas y solamente debe ser necesario su recoplazo, después de haber sido usadas por largo tiempo.

Un gran número de aleaciones, al agregarse en proporciones apropiadas con el hierro fundido dan una o ambas propiedades. Dichos elementos pueden ser: Cromo, Manganeso, Cobalto, Molibdeno, Tungsteno, Coluabio, litanio, etc.

PUERTAS.

Las puertas de los hornos deben ser estancas, ligeras, sólidas y resistentes al calor. Las características deseables son: resistencia mecánica y durabilidad.

Las puertas de mayor uso, corresponden al tipo levadizo, ya que las puertas de bisagra tienen dos defectos: una es que estorban al maniobrar las piezas porque reducen en cierta forma el claro en la boca del horno y otro que cierran por golpe, debido a lo cual, los refractarios se atlozan y se caen.

Si la temperatura del horno no es superior a los 870 grados centígrados, la construcción y mantenimiento de las puertas es sencilla. Las puertas de los hornos que alcanzan la temperatura de 1204 grados centígrados, causan muchos problemas, tanto a los constructores como a los usuarios. Las puertas de esquinas oblicuas, retienen mucho mejor el revestimiento, pero son más costosas.

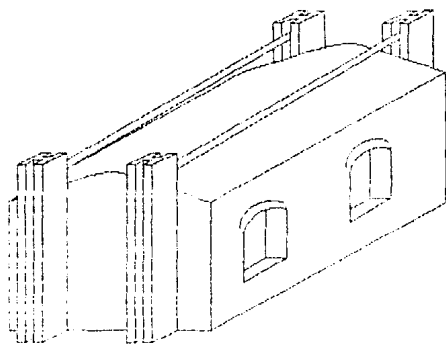
Prácticamente todas las puertas de accionamiento vertical, se equilibran con contrapesos, los cuales reducen el trabajo del mecanismo de levantamiento de la puerta, ayudando a mantener esta en cualquier posición.

Las buenas puertas de hornos deben ser herméticas, para evitar la infiltración de corrientes de aire frío, además de permitir el paso libre a las llamas y a los productos de la combustión.

AMARRA DEL HORNO.

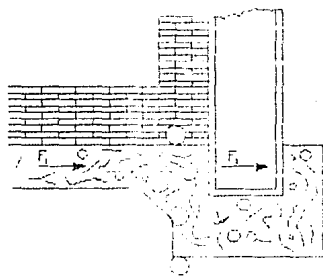
Si un horno debe durar un tiempo suficiente ha de reforzarse con piezas de hierro o de acero o de cualquier otro metal resistente. El amarra de un horno está sometido a dos clases de fuerzas:

- a) Fuerzas que se deben a la presión de los arcos normales.
- b) Las que provienen de los fenómenos de la dilatación de las paredes rectas y de las bóvedas planas suspendidas.



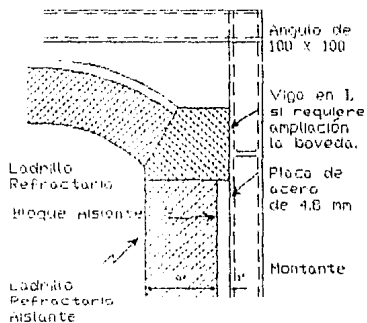
VISTA ESQUEMATICA DEL AMARPE
LONGITUDINAL DE UN HORNO

FIG. 1.2.6.



CIMENTACION REFORZADA
DE HORNO

FIG 1.2.7.



DISPOSICION TIPICA DE
PARED DE HORNO

FIG. 1.2.8.

CIMENTACION.

La finalidad de la cimentación de un horno es la de repartir uniformemente sobre el suelo el peso del horno. El peso total del horno, más carga, más cimentación, dividido por la carga específica que puede soportar el suelo, nos da la superficie de cimentación.

En los hornos grandes, cuya superficie es superior a los 40 metros cuadrados, debe darse gran espesor a la solera maciza y se requiere mucho material de refuerzo en la cimentación. Las cimentaciones del horno de balancín o de hornos automáticos se construyen, en general, de modo que los mecanismos sean accesibles por debajo de la solera. Debido a las dificultades que se pueden presentar en la selección de cimientos, se hace referencia a los factores que hay que considerar en su selección en el apéndice B.

1.2.4. REFRACTARIOS

Se puede definir como material refractario a todo aquel elemento no metálico, estable a altas temperaturas. De hecho, los refractarios son materiales de construcción que están sujetos a diferentes tipos de fuerzas destructivas, cuyo común denominador es la temperatura, lo que requiere su estabilidad, tanto química como física en toda ocasión.

Debido a la gran importancia de estas fuerzas destructivas, es imposible tener un solo producto que llene todas las necesidades, y el hacer una buena selección entre los diferentes productos que hay en el mercado, involucra tener un conocimiento razonable de las características de los materiales y del servicio al que se van a someter. Los primeros refractarios industriales fueron rocas con una composición altamente silicosa y arenas, que se usaron para los primeros hornos de hierro, desde 1854 hasta 1880; por otra parte, la industria de los refractarios en México se remonta al año 1928, en que fue fundada la primera compañía de refractarios.

Como los retractorios y los aislantes son un sistema ligado y muy importante en el mantenimiento de cualquier horno de gas, además de su íntima relación con las pérdidas de calor que no se emplean en el proceso, se ha desarrollado el subtema 1.3 para tratarlo más ampliamente.

1.2.5. DISPOSITIVOS DE CONTROL.

Se emplean para mantener las condiciones de operación del horno, dentro de los valores óptimos, tanto de presión, temperatura y flujo. Dichos aparatos pueden ser:

MANOMETROS.

Se dispone de una gran variedad de diseños, y construcciones, dependiendo de la aplicación específica a satisfacer.

Para la adecuada selección de los manómetros, los factores a considerar son:

- a) Presión de trabajo del equipo o dispositivo a controlar.
- b) Rango de presión de la cardula, así como de sus unidades (cm-H₂O, in-H₂O, mm-H₂O, Psi, inHG, oz/in², kg/cm², N/cm², Pa, etc.).
- c) Dimensiones de la tubería donde se colocará el manómetro.

Los manómetros nos proporcionan lecturas tanto para baja, como para alta presión. Para la selección del rango del manómetro se considera el doble del promedio de las presiones de trabajo a que estará sometido, coincidiendo aproximadamente con la lectura máxima de la cardula.

Existen en el mercado manómetros que nos proporcionan lecturas confiables, con un margen de error máximo del 1% del total de la escala.

Para mediciones de baja presión, son recomendables los manómetros del tipo Bourdon, ya que han sido diseñados especialmente para medir presiones en rangos que van desde 0-10 oz/in^2 , hasta 0-100 oz/in^2 (0-44 gr/cm^2 hasta 0-440 gr/cm^2). Se usan normalmente en procesos de aire, agua, gas y otros fluidos que no ataquen químicamente el latón, sus aplicaciones son muy variables, siendo las más frecuentes: la detección de pérdidas de presión a través de filtros, sistemas de flujo y cualquier proceso que requiera la medición de bajas presiones.

Para la medición de presiones mayores a las mencionadas, existen gran diversidad de manómetros, cuyo margen de error es no mayor del 2% en su escala total.

También hay manómetros llenos de líquido, recomendados ampliamente por su sólida construcción, máxima resistencia a la vibración y óptima precisión, diseñados para usos y condiciones de trabajo, donde las vibraciones y golpes de ariete son severos.

Precaución: Los manómetros deberán ser seleccionados considerando el fluido de proceso y las condiciones ambientales de operación, para prevenir una incorrecta aplicación, ya que esto puede deteriorar al manómetro, causando fallas y daños en el equipo y en el personal que lo opere.

Existen otros fabricantes de manómetros, cuyas características son semejantes a las descritas anteriormente, y donde la única diferencia estriba en su construcción y exactitud al dar la lectura. Entre los fabricantes más comunes encontramos: MUEH, PEDIA, SUREX, MORSBOLI, TOWN, etc. La elección del más adecuado se basa en la exactitud y el costo de adquisición, además de la calidad de construcción, dependiendo de la necesidad a satisfacer y del uso al que será destinado dicho aparato.

INSTRUMENTOS PARA SENSAR Y CONTROLAR LA TEMPERATURA.

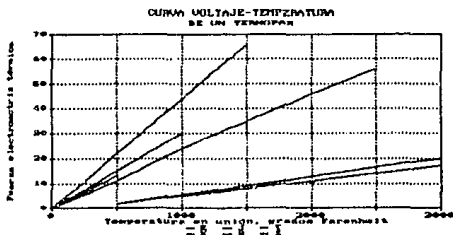
Hay muchos fabricantes de termómetros industriales, al igual que pirómetros, termopares, RTD's, sensores y controles de temperatura de diversas características y diferentes rangos que nos regulan la temperatura del horno a las condiciones requeridas.

La diferencia entre un fabricante y otro estriba en la calidad del instrumento, así como en la exactitud que proporciona uno de otro. Existen termómetros que ofrecen exactitudes de hasta 0.5% del total de la escala; también encontramos pirómetros de radiación, ópticos y por medio de un termopar de inmersión. El pirómetro óptico es el instrumento más comúnmente usado en procesos industriales.

Lo que hacer mención que el dispositivo más usado para la detección de temperatura es el termopar, por lo que es adecuado nombrar algunas de sus características:

- (1) El termopar es un instrumento para medir temperatura, basado en el potencial termoeléctrico de los metales, es decir, que cuando se ponen en contacto íntimo dos metales distintos se desarrolla un voltaje que depende de la temperatura de la unión y de los metales particulares empleados; si se conectan en serie dos uniones como la indicada con un instrumento medidor de voltajes, el voltaje medido será aproximadamente proporcional a la diferencia de las temperaturas de las uniones.
- (2) Se debe de instalar lejos de las líneas de fuerza (para evitar inducción magnética).
- (3) Se debe instalar el control lo más cercano posible al área a sensar (para evitar la inducción magnética y la pérdida en el conductor).
- (4) Es conveniente que el cable del termopar no sea añadido.
- (5) La selección del termopar depende de la gama de temperatura, de la exactitud deseada y de la naturaleza de la atmósfera en

la cual va a ser expuesto. Las adiciones de las relaciones voltaje-temperatura están dadas por las curvas en la gráfica 1.2.2. El voltaje del termopar se mide con un voltímetro (del tipo de delicado) con un potenciómetro del tipo balanceado en cero. Al cerrar el circuito del termopar a través del instrumento se introducen uno o más puntos de unión adicionales. Es práctica común conectar el termopar (punta caliente) al instrumento con una alambre especial que puede ser del mismo material del termopar. Esto asegura que la punta fría estará dentro de la caja del instrumento donde puede aplicarse efectivamente la compensación.



GRAFICA 1.2.2

1.2.6. EQUIPO AUXILIAR.

Dentro del equipo auxiliar podemos mencionar todo aquel dispositivo de los no mencionados que nos permita obtener una segura y confiable operación del horno, aunque esto implique altos costos de instalación, los cuales serán compensados en gran forma por la obtención de una mayor calidad de

los productos y una óptima eficiencia del horno, además de reducirse en gran cantidad las fallas, paros y reparaciones que impliquen un mayor mantenimiento.

El equipo auxiliar puede comprender algunos de los equipos siguientes:

1.- VENTILADOR

Es un aparato o máquina que crea una diferencia de presión y causa con ello un flujo de aire. El incremento de presión total del ventilador es la suma de los incrementos de presión estática más la presión debida a la velocidad. La eficiencia del ventilador se mide por la relación de energía a la salida y la energía alimentada.

El aprovechamiento adecuado de las ventajas y limitaciones de los diferentes tipos de ventiladores se basa en un amplio conocimiento de las aplicaciones y características de los ya existentes en el mercado.

Los factores a considerar en la selección del adecuado ventilador se basa en:

- (I) la cantidad de aire a suministrar durante cierto tiempo.
- (II) la presión de operación a que se requiere suministrar el aire.
- (III) la potencia y corriente eléctrica del motor a utilizar.

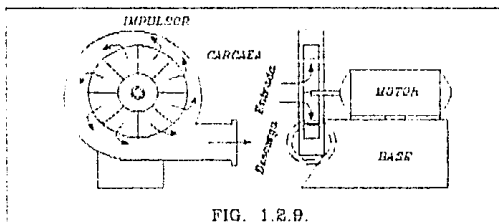


FIG. 1.2.9.

Existen grupos motor-ventilador que están formados por un motor de la capacidad necesaria, unido por un sistema de transmisión al ventilador.

Para la transmisión del motor al ventilador, se emplean diversas formas, desde uso de bandas, hasta la transmisión directa del motor.

2.- CONTROLES ELÉCTRICOS, MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS.

Se utilizan para la acción de mantener una variable dentro de límites o magnitudes determinadas de automono.

Existen controles de presión, de temperatura, de nivel, de flujo, de tiempo, de seguridad, etc., que se emplean para diversos usos específicos como son: servicio de agua, aire, gas, vapor, sistemas de combustión, ductos de aire acondicionado, etc.

Los controles de temperatura, termostatos y acuestatos realizan su función por la actuación de un termopar, bulbo de resistencia o elemento termal. Los rangos de control varían de 0 a 2000 °C.

El control de la presión se realiza generalmente por la acción abre-cierra o proporcional a las variaciones de otras variables involucradas en el control de la presión; Mientras que los controles de nivel operan en base a la cantidad de líquido contenidos en un tanque (nivel alto - nivel bajo), la función del control de seguridad se efectúa por la acción de actuar-detectar, empleando para ello, una señal infrarroja o ultravioleta y por medio de una varilla detectora o fotocélula.

Los controles de tiempo nos permiten un control preciso y seguro del proceso en particular a controlar, actúan conforme a cierta magnitud de tiempo de operación del equipo. En el mercado existen gran variedad de aparatos para la operación del control de tiempo, la construcción y operación del

controlador varía de un tabernante a otro, existiendo controles eléctricos, electromecánicos y electro neumáticos.

3. - SISTEMAS FOTOELÉCTRICOS (Fotoceldas).

Estos controles son ideales para detectar, posicionar, contar, proteger, registrar, etc., pueden ser automáticos o electrónicos, son de gran versatilidad ya que pueden lograrse diferentes formas de control con sólo cambiar el módulo amplificador, obteniéndose respuestas instantáneas, retrasadas, retenida con restablecimiento externo.

Se pueden usar como protectores de combustión o de flama para permitir el encendido y la operación del horno, de manera confiable y segura, ya que la fotocelda está constituida por un dispositivo electrónico de rectificación, que es sensible a la presencia de flama e interrumpe la llegada de corriente eléctrica a una válvula que cortara el suministro de combustible en un intervalo de tiempo muy corto.

Las células de cierre constituyen otro dispositivo de seguridad que son empleados en la mayoría de las instalaciones de hornos industriales.

Existen además otros fotocontroles por reflexión, que pueden operar por una señal de luz o sin ella, mediante la elección del interruptor deslizable. Estos a veces tiene instalado un timer para usarse a intervalos de tiempo preestablecidos.

1.2.7. TOBERAS

Los dispositivos empleados en la línea de flujo de cualquier fluido, su función es la de aumentar o disminuir la altura de presión y la velocidad del fluido en particular (en nuestro caso gas natural o gas L. F.).

El trabajo teórico que puede obtenerse de la expansión de un Kg. de vapor o gas es igual que la disminución de la entalpía durante la expansión isoentrópica y su trayectoria está dada por la curva h_1-h_2 en el diagrama entalpías-entropía, gráfica 1.2.3. y el trabajo disponible es entonces h_1-h_2 .

El área requerida de la garganta de la tobera está dada por:

$$A = \frac{w \cdot v}{v_1} \quad v_1 = \text{volumen específico} \\ v_1 = \text{velocidad}$$

Y el área de la boca está dada por:

$$a_m = \frac{w \cdot v_m}{v_m}$$

donde los subíndices indican la garganta y la boca respectivamente.

Cuando se presenta una relación de presiones similares, las condiciones tanto de la garganta como de la boca deben coincidir, no así, para una relación de presiones super crítica la que el área de la boca es mayor que el área de la garganta.

Los coeficientes de velocidad en las toberas están basados en experimentos de laboratorio y dichos resultados son plasmados en gráficas y tablas (Keenan & Chao).

FLUJO DE GAS EN LAS TOBERAS.

La transformación de energía se lleva a cabo mediante fuerzas ejercidas del fluido que circula por la tobera.

En la figura 1.2.10 se detallan los puntos 1, 0 y 2, los cuales señalan la entrada, cuello o estrangulación y la salida, respectivamente de la tobera por cuyo interior el fluido (gas) se mueve con régimen permanente. A medida que el gas circula de 1 a 0 y de 0 a 2, se desplaza de una región de elevada presión a una presión más pequeña, y como su volumen aumenta, cada elemento se acelera por la expansión de los elementos de gas que le siguen.

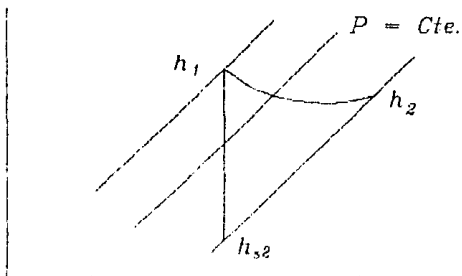
La variación de entalpía es, por lo tanto, igual a la ganancia en energía cinética. En la mayoría de los casos la velocidad inicial es despreciable, así es que:

$$h_1 - h_0 = C v_0^2 / 2g_c$$

Si donde v_0 es la velocidad en *mseg* adquirida como consecuencia de la variación de entalpía ($g_c = 9.81 \text{ mseg}^2/g$), resulta:

$$v = 44.7 \sqrt{50R (h_1 - h_0)}$$

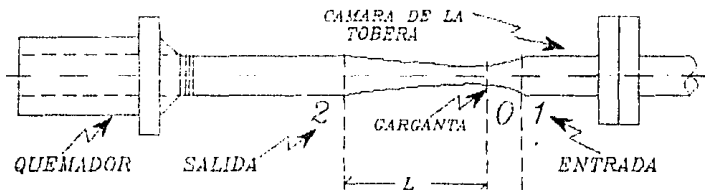
Entalpia
"h"



Entropia
"s"

LA EFICIENCIA DE LA TOBERA ESTA DADA POR $\frac{(h_1 - h_2)}{(h_1 - h_{1,2})}$

DIAGRAMA ENTALPIA-ENTROPIA DE UNA TOBERA
GRAFICA 1.2.3.



TOBERA CONVERGENTE-DIVERGENTE TIPICA
FIG. 1.2.10.

1.2.8. QUEMADORES PILOTO.

Los quemadores piloto son una fuente de ignición para el quemador principal. Estos están quemando constantemente para producir la ignición de quemadores de operación automática. Existen métodos de ignición eléctrica por medio de chispa o de una resistencia incandescente.

Los pilotos deben de quemar como máximo el 10% de la capacidad máxima del quemador principal; estas capacidades usualmente varían de 50,000 a 200 BTU/hr.

Los pilotos para quemadores industriales muchas veces consumen algunos miles de BTU/hr. La mayoría de los quemadores piloto en aplicaciones domésticas están diseñados para quemar constantemente mientras que los quemadores industriales intermitentemente. Si el piloto se apaga normalmente no tiene un ciclo de ignición que lo vuelva a encender.

Los pilotos para quemadores industriales pueden usar gas o petróleo ligero, aunque se prefiere en la mayoría de los quemadores industriales utilizar petróleo de gas por la simplicidad y facilidad de ignición por medio de chispa; los pilotos, cuando no se cuenta con gas natural normalmente trabajan con un pequeño depósito de gas L.P., ya que por seguridad ya sean en sistemas con gas natural, gas L.P., petróleo ligero o pesado es necesario interrumpir el piloto una vez que la ignición del quemador principal se ha llevado a cabo.

Los tiempos recomendados de ignición son para gas de 15 segundos, para petróleo ligero de 30 segundos, y para petróleo pesado de 45 segundos como máximo; una vez que han transcurrido estos tiempos se recomienda que el piloto sea apagado y que la detección de flama actúe sobre la flama del quemador principal. Los pilotos para quemadores industriales pueden ser de ignición

manual o de ignición automática por medio de un arco eléctrico producido por un transformador de ignición con 5,000 volts, en un embobinado secundario; cuando se desea hacer la ignición directamente sobre la flama principal, sobre todo en quemadores de combustible ligero, es necesario utilizar un transformador de ignición de 10,000 volts.

La distancia entre los electrodos que producen la chispa debe ser de 75 milésimas de pulgada para producir un arco eléctrico para llevar a cabo la ignición del combustible; normalmente la corriente en el secundario se ha determinado que debe ser de 20 mA, precaución que se toma está por la peligrosidad que pudiera existir de un choque eléctrico en alguna persona y no menor, porque no hará la ignición adecuada en el piloto.

Los pilotos industriales pueden ser del tipo Venturi o del tipo de chorro de aire; normalmente tiene una boquilla para retención de flama, que debe tener un diseño tal, que soporte el flujo de aire o de gases de combustión, que pasan por el quemador principal sin apagarlo; normalmente se utiliza el tipo de boquilla con retención de flama de anillo, con el material adecuado de construcción para soportar la temperatura de operación del quemador principal.

1.3. TIPO DE REFRACTARIOS Y AISLAMIENTOS.

1.3.1. CLASIFICACION.

Los materiales refractarios se clasifican por su presentación y por su composición química.

Por su presentación, los refractarios se dividen en:

Ladrillos. - Que son piezas preformadas, listas para usarse.

Morteros. Son refractarios finamente molidos, en pasta o en polvo, que se usan para pegar ladrillos refractarios.

Concretos. Son mezclas de refractarios y aglutinantes hidráulicos que permiten efectuar revestimientos monolíticos en el mismo lugar de su uso por colado de concreto.

Plásticos y Apisonables. - Son materiales especialmente preparados para poder efectuar su instalación por presión o golpe, quedando un revestimiento monolítico.

Por su composición química, los refractarios se dividen en:

Refractarios ácidos. Se fabrican de sílice, (SiO₂) y no deben contener más del 10% de impurezas, pues éstas tienden a hacerlos más frágiles, siendo los más indeseables: el óxido de hierro y los

Alcalis se usan para revestir hornos a granel y en piezas moldeadas.

Refractarios básicos. - Los óxidos de hierro, bien sean naturales como mineral, y artificiales como escoria o escoria, se reducen fácilmente a elevada temperatura en presencia del carbono y otros cuerpos, siendo bastante fusibles, se emplean solo cuando la temperatura del servicio es relativamente baja, para el revestimiento de hornos de puelar y de algunos hornos de recalentamiento.

Refractarios Neutros. - El mineral de hierro es muy refractario y se usa generalmente en forma de ladrillo o después del machacado. Se utiliza para establecer una separación entre los revestimientos ácidos y básicos de los hornos Martin-Siemens. El carbono es la sustancia más refractaria que se conoce: En forma natural se emplea en la elaboración de crisoles de grafito y en forma de coque machacado, se emplea también en la fabricación de crisoles de arcilla.

Todas las presentaciones de los refractarios se pueden destinar con las diferentes composiciones químicas, dando como resultado la enorme variedad de productos refractarios, que se resumen en las siguientes tablas (1.3.1. y 1.3.2.)

CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LOS DIFERENTES LADRILLOS REFRACTARIOS.

TABLA 1.3.1.

<u>TIPO DE LADRILLO</u>	<u>CLASE</u>
<u>ARCILLA</u>	Calidad superior, alta calidad, calidad intermedia, baja calidad, semisilica, ácido resistente.
<u>ALTA ALUMINA</u>	50, 60, 70, 80, 85 y 90% de Al_2O_3 mullita y corundum.

TIPO DE LADRILLO	CLASE
SILICIOS	Calidad superior, regular.
BASÍFICOS	Perillasa, magnesita, cromita, cromo, magnesita, cromita, forsterita, magnesita alquitranada, magnesita dolomita
ALUMINOSOS	1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 3000 y 3500 °F, sílica, magnesita, ladrillos especiales
DÍOXO	Carburo de silicio, carbón, granito, zircón, óxido de zirconio, electrotundidos

CARACTERÍSTICAS SOBRE LAS COMPOSICIONES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ESPECIALIDADES. (refractarios)
TABLA 1.3.2.

TIPO DE LADRILLO	CLASE
CONCRETOS	Arcilla, alta alumina, cromita, cromo, magnesita, magnesita, Carburo de silicio.
CONCRETOS ALUMINOSOS	Arcilla, sílica, agregados ligeros.
PLÁSTICOS	Arcilla, arcilla plastil, alta alumina, alta alumina, granito, mullita y cromita.
AFISANABLES	Arcilla, alta alumina, magnesita, cromita, carburo de silicio, zircón, sílica, forsterita
MATERIALES GRANULARES	Arcilla calcinada, cuarcita, alta alumina, magnesita calcinada a muerte, dolomita, cromita, agregados ligeros
MORTEROS	Se fabrican de casi todos los materiales base.
MEZCLAS PARA APLICAR CON PISTOLA NEUMÁTICA	Arcilla, alta alumina, sílica, cromita, cromita, magnesita

COMPOSICION QUIMICO-MINERALOGICA.

Como materia prima para la fabricación de los refractarios se emplean: las arcillas refractarias, los caolines, la magnesita, la dolomita, la cuarcita, etc. Los refractarios no cocidos son más baratos que los cocidos, no obstante, no ceden por la resistencia ante los cocidos cuando se emplea un equipo de prensas de gran potencia para su elaboración.

También se conciben materiales refractarios relativamente caros, para de propiedades especiales, que se precisan a base de (ZrO_2) , carborundum (SiC) alúmina (contiene más 80% alumina), carburos de zirconio, etc., utilizados cuando se requiere una resistencia singular.

Los materiales refractarios no son estrictamente materias primas, pero su presencia en todas las reacciones metalúrgicas es constante, y en casi todos los casos intervienen en las reacciones que se producen.

Los materiales refractarios debe poseer las siguientes cualidades:

- A) Aptitud para evitar las pérdidas de calor por conducción e indirectamente por radiación.
- B) Capacidad para resistir la temperatura de servicio, sin que se alteren sus propiedades químicas ni físicas.
- C) Suficiente dureza para resistir la abrasión, sin desmoronarse.
- D) Bajo coeficiente de dilatación y contracción.
- E) Ser inerte a las reacciones químicas que se verifiquen en su presencia.

FACTORES QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LA SELECCION DE REFRACTARIOS

Al adquirir un nuevo refractario deberá suministrar toda la información sobre las condiciones a las cuales serán expuestos los refractario, además de indicar el tipo de horno, tipo de combustible, condiciones de trabajo, etc.

A) **Propiedades de los ladrillos a temperatura ambiente:**

Uniformidad de medidas, acabado y alabeo.

Capacidad de soportar el manejo normal.

Peso por volumen, porosidad, permeabilidad.

Composición química y mineral.

Uniformidad de composición y textura.

Acabado del ladrillo y diseño de piezas especiales.

B) **Propiedades a temperaturas elevadas:**

Contracción térmica.

Temperatura de diseño.

Expansión térmica reversible.

Resistencia al ataque químico.

Resistencia a los esfuerzos mecánicos y al impacto (módulo de ruptura).

Resistencia a la abrasión y a la erosión.

Permeabilidad a gases y líquidos.

Estabilidad de volumen y porosidad, afectados por las condiciones del horno.

Resistencia a gases y humos.

Capacidad de calor, resistividad eléctrica.

C) **Factores económicos**

Costo del material en la obra.

Costo de instalación.

Fuerzas normales en contra de piezas especiales.

Espera de servicio.

Posibilidad de recuperación del refractario usado.

Mantenimiento mínimo.

De la gran cantidad de factores que influyen para una adecuada selección, muchas veces sólo algunos son factores decisivos. Esto dependerá de las especificaciones de nuestra instalación o de los requerimientos que debemos cumplir.

1.3.2. LADRILLOS AISLANTES.

Son ladrillos porosos y de bajo peso que tienen una conductividad térmica mucho menor que los refractarios comunes, y de una capacidad de retención de calor superior a cualquier refractario de composición similar, se fabrican de materiales tales como: tierra diatomácea, vermiculita, perlita, arcillas refractarias, arcillas de alta alúmina, alúmina calcinada, etc.

La A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) ha clasificado los ladrillos refractarios aislantes basándose en:

- a) Su comportamiento a la prueba de la deformación bajo carga a temperaturas específicas.
- b) Su peso por volumen.

dicha clasificación se muestra en la tabla 1.3.3.

El número de grupo de identificación, multiplicado por 100, representa la temperatura máxima a la que puede trabajar el ladrillo con sus caras expuestas.

IDENTIFICACION DE GRUPO	EL CAMBIO LINEAL NO DEBE SER MAYOR DEL 2%, CUANDO LA TEMPERATURA ES:	PESO POR VOLUMEN MAXIMO EN Gr/cm ³
1a	1045 °C	0.54
2a	1065 °C	0.64
3a	1070 °C	0.77
2b	1400 °C	0.83
2c	1510 °C	0.95
3b (1)	1520 °C	1.09

(1) tentativo

TABLA 1.3.3.

Además de los grupos que aparecen en la tabla de ladrillos aislantes, se pueden surtir ladrillos que resisten temperaturas arriba de 3600 °F (1980 °C), también se fabrican ladrillos de bajo peso a base de sílice y ladrillos ligeros de magnesita y algunos otros ladrillos para usos especiales.

Los ladrillos aislantes se usan principalmente en la parte posterior de los ladrillos de altas retractabilidades y de altas conductividades térmicas. Como ladrillos aislantes se pueden usar satisfactoriamente en los revestimientos internos de hornos, donde no hay abrasión mecánica o contacto con metales fundidos, escorias o gases corrosivos.

Frecuentemente se ha definido que para el uso de ladrillos aislantes en una aplicación particular se debe considerar los efectos de los aislamientos, la temperatura y sus efectos en la resistencia estructural del revestimiento en general.

Las principales ventajas en el uso del aislante en los hornos son:

- a) economía en el combustible, debido a la menor pérdida de calor y a la mayor capacidad de retención de calor del ladrillo aislante.

- b) *Disminución del tamaño y peso del revestimiento del horno, debido al peso ligero de los ladrillos aislantes.*
- c) *Economía en el espacio, debido a que unas paredes más delgadas pueden ser hechas con una eficiencia aislante mayor.*
- d) *Aumento de producción debido al menor tiempo de calentamiento.*
- e) *Better control de la operación, debido a que las temperaturas se pueden manejar más adecuadamente.*

1.3.3. CONCRETOS AISLANTES.

Este tipo de aislamiento se vende ya preparado y únicamente requiere la adición de agua para ser vaciado en cualquier forma. La selección de los mismos se basa en su peso por volumen una vez vaciados, sus propiedades aislantes, y la temperatura máxima a la cual se recomiendan. Algunos concretos aislantes se pueden usar a temperaturas de 1250 °F (675 °C).

Al igual que los ladrillos aislante, los productos más retráctiles son más densos, por lo cual, tienen un valor aislante inferior.

BLOQUE AISLANTE Y AISLAMIENTOS SUELTOS. *Los tipos más comunes de éstos son: tierra diatomácea, lanas minerales y virasculitas. Tienen un valor aislante muy elevado, que es superior a los ladrillos aislantes, pero se usan generalmente en las paredes exteriores de los hornos.*

1.3.4. APLICACIONES.

Los materiales aislantes han sido usados satisfactoriamente en muchos tipos de industrias: siderúrgicas, acerías del vidrio, cerámicas, químicas, cementera y refinerías del petróleo.

Las aplicaciones típicas de los materiales aislantes son las de aislamiento en hornos de tratamiento térmico, de cerámica, ductos de gases y en general, en donde se requiera una menor transmisión del calor a través de las paredes.

La construcción de revestimientos aislantes es mucho más sencilla y rápida que con refractarios convencionales, debido a su menor peso y a su facilidad en el manejo e instalación. Los materiales aislantes son fáciles de cortar, taladrar, esmerilar, etc para darles la forma o el contorno deseado, asegurando un revestimiento libre de protuberancias y rugosidades.

MORTERO PARA MATERIALES REFRACTARIOS AISLANTES.

El mortero se recomienda para unir los aislantes de la clase 16 a 28, así como también para cubrir las superficies expuestas, en forma de enjarre en las secciones en donde se requiera esta protección.

1.3.5. AISLAMIENTOS DE FIBRA DE VIDRO 2.

Son aislamientos minerales que en su mayoría están formados por fibras de vidrio, en diversas formas y características; Además, también existen productos monolíticos a base de fibra de vidrio molida, que se emplean como acabados de aislamientos térmicos.

Actualmente, existen infinidad de diseños y presentaciones de aislamientos termoacústicos que proporcionan los fabricantes para la solución del problema en particular.

APLICACIONES DE AISLAMIENTOS DE FIBRA DE VIDRIO (FIBRA DE VIDRIO BLANCA).

Es un producto de color blanco con apariencia semejante al algodón, consistente de fibra de vidrio impregnada con pequeñas cantidades de aceite lubricante que lo hace manejable y le da resistencia a la abrasión.

El campo de aplicación de la fibra de vidrio es sumamente extenso y variado debido a sus características propias, las cuales pueden ser, entre otras:

- ! Alta eficiencia térmica.
- ! Alta eficiencia acústica.
- ! Flexible, inorgánica.
- ! Larga duración
- ! Ligero, resiliente (elástico)
- ! No favorece la corrosión

Este material ofrece la solución perfecta de muchos problemas de aislamiento para temperaturas de operación hasta 1000 °F (538 °C).

CEMENTO MONOLITICO.

Se recomienda usarlo solamente como acabado de aislamiento térmico y su temperatura no debe exceder de 538 °C.

Descripción. *Se fabrica a base de fibra de vidrio molida. Por su estructura fibrosa y por estar constituido por pequeñas esteras o conglomerados de fibras, forman miles de celdillas de aire estático, lo que origina que tenga buenas propiedades aislantes. Posee un rendimiento de 5 m² en 2.5 cms. de espesor (húmedo) por cada 100 kg de producto, con una variación de 8% en volumen al secarse.*

1.4 INSTALACION Y ACCESORIOS **PARA EL SUMINISTRO DE GAS**

La instalación y suministro del gas es de las más importantes y reclaman cierta atención por las características explosivas de éste. Se conoce como instalación de aprovechamiento, aquella que consta de recipientes (portátiles o estacionarios), redes de tuberías, conexiones y artefactos de control y de seguridad necesarios y adecuados, como son: válvulas, reguladores, interruptores, manómetros, etc.

1.4.1. RECIPIENTES.

Los recipientes para almacenamiento, transporte, distribución y aprovechamiento del gas L.P., se dividen en 3 grupos:

GRUPO NUMERO 1. tanques almacenadores destinados a plantas de distribución y a estaciones de gas para vehículos

GRUPO NUMERO 2. Recipientes para uso doméstico, comercial e industrial

GRUPO NUMERO 3. tanques para transportación del gas L.P. (autos y remolques tanques).

1.4.2. TUBERIAS.

Para el uso exclusivo en la conducción, distribución y aprovechamiento del gas L.P. y gas natural, se dispone comercialmente de los siguientes tipos de tuberías:

GALVANIZADA CEDULA 40.

Están supeditadas a condiciones más económicas que las de áreas. Su Economía se basa en el bajo costo del material, aunque la mano de obra sea más laboriosa y tardada; además, la vida útil del material galvanizado es mínima en comparación con otros materiales.

TUBERIA DE COBRE.

Con un grado de pureza de hasta el 99.9% y para hacerlas más resistentes a la corrosión se les agrega un 0.02% de fósforo, se recomienda en los casos que la tubería es expuesta a la intemperie, pero sin peligro de esfuerzos mecánicos.

TUBERIA DE COBRE FLEXIBLE (C.F.).

Se usa en instalaciones lo más económicas y sencillas posibles, su unión con los aparatos de consumo se hace por compresión. También se recomienda en situaciones donde se provean esfuerzos o vibraciones por asentamientos, por mantenimiento, por cambios de lugar o posición de aparatos de consumo (estufas, hornos pequeños, calentadores, planchas, mecheras, quemadores, etc.).

TUBERIA DE COBRE RIGIDO "L" (C. L.).

Se aplica en todo tipo de instalaciones de aprovechamiento de gas natural o de gas L.P., excepto en los casos especificos siguientes:

- 1 - En tuberías de llenado, por estar expuestas a sobrepresiones que pueden alcanzar hasta 1" 58 kg/cm².
- 2 - En instalaciones expuestas a esfuerzos mecánicos sin posibilidad de protección adecuada al aplastamiento, corte o penetración.
- 3 - Cuando no pueden ser ahogadas en concreto.

TUBERIA DE COBRE RIGIDO "K" (C.F.K.).

Por su gran resistencia mecánica y lo grueso de su pared, se recomienda utilizarlo para líneas de llenado, previniendo las altas presiones interiores.

MANGUERA ESPECIAL DE NEOPRENO.

Por su máxima flexibilidad, su uso es común en la conexión final de planchar, en instalaciones de aprovechamiento provisionales o temporales.

TUBERIA DE FIERRO NEGRO CUDULA HQ.

Su uso se ha generalizado en redes de distribución de gas L.P. o gas natural, a partir de grandes recipientes estacionarios hasta el abastecimiento de unidades industriales.

1.4.3. CONEXIONES.

Respecto a las conexiones utilizadas en las instalaciones de gas L.P. o gas natural, en primer lugar se anota el nombre técnico de fabricación seguido de un segundo, y hasta un tercero, derivados de su forma y material, encerrando dentro de un paréntesis la abreviación para efectos de enlistarlas en presupuestos o listos de materiales, además de indicar en cada caso los diámetros comerciales.

La denominación correcta de las conexiones, desglosadas, es como sigue:

CONEXION ESPECIAL PARA INSTALACION DE APARATOS DE CONSUMO.

- a) Cuando ambos extremos son para conectarse a tubo flexible, por medio de tuercas cónicas; llamadas conexiones "FLER A FLER".
- b) Cuando un extremo es para conectarse a un tubo flexible por medio de tuercas cónicas y el extremo opuesto a conexiones o extremos de tubos roscados se les conoce como conexiones "TIERRO A FLER", indicando primero el diámetro de la conexión a tubería roscada.

CONEXIONES DE LATON, BRONCE Y COBRE PARA LA UNION Y DERIVACION DE TUBERIAS DE COBRE.

- a) Reducciones BUSHING o reducciones CAMPANA. se indica primero el diámetro de mayor medida.
- b) Todos.

- 1 - Cuando los extremos de una sola medida, basta indicar el grado de inclinación (45°, 90°) y el diámetro requerido.
- 2 - Cuando son codos reducidos, primero se indica el diámetro mayor.
- 3 - Cuando son codos con rosca en un extremo, se les conoce como codos de cobre con rosca interior o exterior.

C) Conexiones IE. Pueden ser de cobre o bronce, y se clasifican como sigue:

- 1 - Si las tres bocas son de la misma medida, se piden como IE de 3/8", 1/2, 3/4, 1", etc., o bien, en sus diámetros en mm.
- 2 - Cuando las IE's deben de ser con bocas de diferentes medidas, se indican primero las bocas laterales y luego la boca central.
- 3 - Las IE's con rosca en una boca, se fabrican con las tres bocas de la misma medida, especificarse si se requieren con rosca al centro o a un lado.

MATERIALES A EMPLEAR PARA EL MANEJO DE COMBUSTIBLES

TABLA 1.4.1.

	Hierro y Acero	Hierro vaciado con aleación de níquel	18-8 Monel	Metal Monel	Níquel	alón	Bronce resistente a ácidos	Aluminio
Gas de horno de Coquización	A	D	A	C	D	C	C	A
Gas Natural	A	A	A	A	A	C	C	A
Gas Propano	A	A	A	A	A	A	A	A
Butano, Butileno	A	A	A	C	C	A	A	A
Butadienos	A	A	A	C	C	A	A	A

CLAVES: A = Puede utilizarse correctamente.
B = No debe usarse.

C = Se usa donde la corrosión es tolerable (instalaciones temporales, económicas, etc.)
D = Carece de información.

1.4.4. REGULADORES DE PRESIÓN.

La función de los reguladores de presión es la de proporcionar el gas en estado de vapor a las tuberías de servicio a la presión requerida, y con un mínimo de fluctuaciones. Los reguladores se clasifican de acuerdo a la relación de las presiones que reciben y entregan, a su posición en la instalación y a su capacidad.

Los principios básicos de construcción y funcionamiento de los reguladores de presión son similares, no así los modelos, tipos, formas y capacidades que difieren en la consideración de la necesidad a satisfacer.

La presión del gas en estado de vapor a la entrada de los reguladores es más variable, de acuerdo al tipo de servicio, los factores de demanda y principalmente a las diferentes estaciones del año.

En época de frío (invierno) la presión del vapor en el interior de los recipientes, oscila entre 1.0 y 2.0 kg/cm^2 como consecuencia de la reducida temperatura ambiente, lo que ocasiona una sobrepresión mínima con respecto a la atmosférica. En época de calor (verano) la presión en el interior de los recipientes y a la entrada del regulador, alcanza valores promedio de 12 a 14 kg/cm^2 , como consecuencia de la alta temperatura que rodea al recipiente, dando como resultado sobrepresiones considerables.

Comercialmente se dispone de tres tipos de reguladores, de acuerdo estrictamente al valor de sus presiones de entrada y salida.

- (1) Reguladores de aparato
- (2) Reguladores de alta presión.
- (3) Reguladores de baja presión.

SELECCION DE REGULADORES DE ALTA PRESION, PRIMARIOS O DE PRIMERA ETAPA
TABLA 1.4.2.

MARCA	MODELO	PRESION DE SERVICIO	CAPACIDAD EN M ³ HORA	DIAMETRO DE ENTRADA	DIAMETRO DE SALIDA
CPS	141	1.5 kg/cm ²	104.0	1/2"	1 1/4"
CPS	141	1.5 kg/cm ²	104.0	3/4"	1 1/2"
CPS	141	1.5 kg/cm ²	104.0	1"	2"
CPS	172"	1.5 kg/cm ²	70.0	3/4"	3/4"
FISHER	57	1.5 kg/cm ²	14.1	1/4"	1/4"
FISHER	50	1.5 kg/cm ²	70.0	1/4"	1/2"
FISHER	630	1.5 kg/cm ²	104.0	1/2"	1 1/4"
FISHER	880	1.5 kg/cm ²	104.0	1"	1 1/2"
REGO	080	1.5 kg/cm ²	14.1	1/4"	1/4"
REGO	2403-11-4	1.5 kg/cm ²	7.0	1/4"	1/2"
REGO	2403-17-4	1.5 kg/cm ²	7.0	1/4"	1/2"

Entrada de 1/4 es para punta Pol

1.4.5. VALVULAS.

Valvulas de servicio para recipientes estacionarios. Debido a la mayor capacidad de vaporización de los recipientes estacionarios, la valvula de seguridad interconstruida en la valvula de servicio tiene mayor area de descarga, respecto a la valvula de seguridad para recipientes portátiles.

Las valvulas de servicio para recipientes estacionarios, se fabrican bajo las siguientes tres características:

1. Con valvula de seguridad interconstruida.
2. Con valvula de máximo llenado.
3. Con la valvula de seguridad y la de máximo llenado en una misma, calibradas para descargar a un mismo valor de sobrepresión.

La capacidad mínima de descarga de las válvulas de seguridad interconstruidas en las válvulas de servicio para recipientes estacionarios, es directamente proporcional a la capacidad de vaporización de estos.

Por reglamento, y de acuerdo a la norma respectiva, las válvulas de seguridad para recipientes estacionarios deben abrir automáticamente a una presión manométrica comprendida entre el 88 y 100% de la presión máxima promedio del recipiente que es de 14 kg/cm², considerando una temperatura ambiente de 44 °C.

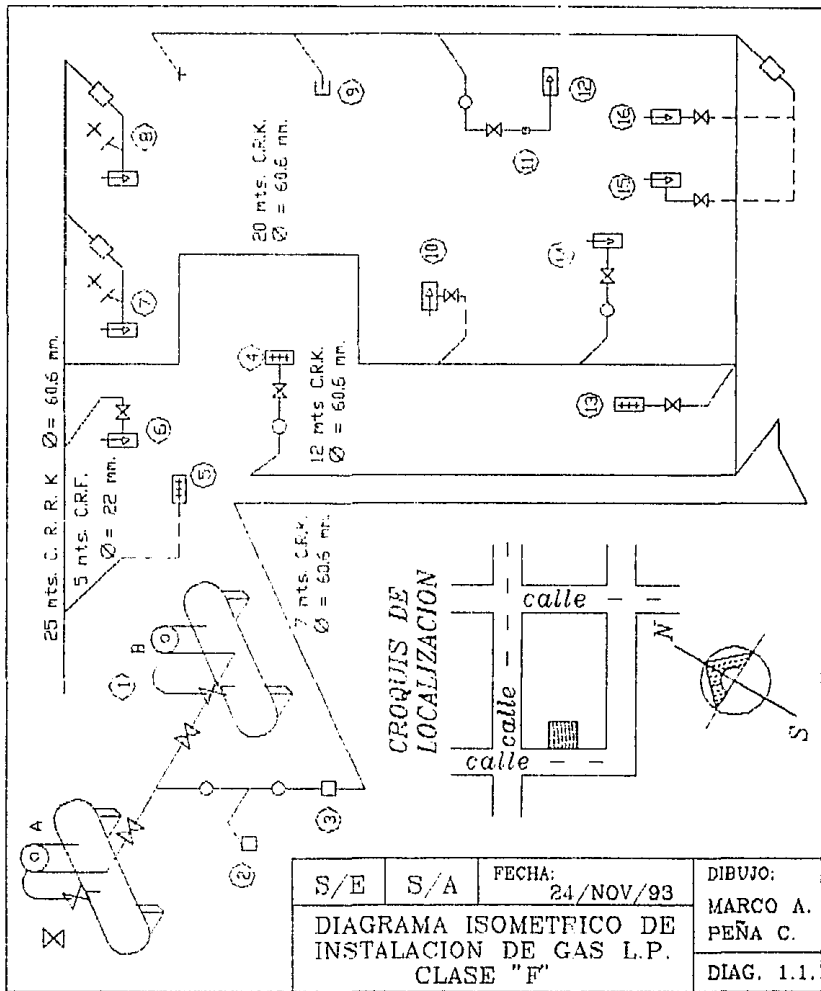
Las válvulas de seguridad en recipientes para gas L.P. pueden operar (abrir), por una gran diversidad de irregularidades:

- 1 - Por un sobrellenado, debido a la presión hidrostática del gas líquido.*
- 2 - Cuando por error, se llenase con un tipo de gas que no corresponda.*
- 3 - Cuando en un incendio, la presión interna se eleva en demasía por estar expuesto el recipiente a altas temperaturas y el gas adquiera demasiado calor del ambiente.*
- 4 - caso remoto, cuando por olvidar en el primer llenado la maniobra de purgar el recipiente, en consecuencia se alcanza una sobrepresión interna inmediata*

VALVULAS DE CONTROL

Son válvulas para el control general de un servicio o para el control simultáneo de varios aparatos de consumo.

En instalaciones comerciales e industriales, se les clasifica como válvulas de cierre general de acción manual, ubicándose en lugares seguros y de fácil acceso



SIMBOLOGIA

- 1) *Fluómetro medidor de viscosidad (en porcentaje), a temperatura del líquido*
- 2) *Regulador Presario tipo 2100 de Fisher.*
- 3) *Regulador O. P. Fisher 67*
- 4) *Estufa para el secado de corazones marca Fisa # CF 331/B, cap: 2 m²/hr.*
- 5) *Estufa para lingoteras y cucharas. Quemadores de gas L.P. marca Fisa # 331/C, cap. 4.5 m²/hr.*
- 6) *Horno de crisol tipo basculante, marca M. G. S. Capacidad de 250 kg. bronce y 75 kg aluminio.*
- 7) *Horno de recocido con sufla marca Enterprise, S.A. modelo 028-27 P.M.I., cap. 6 m²/hr*
- 8) *Horno de sufla para recalentamiento, marca Enterprise, S.A., modelo 028-27 P.M.I., cap. 6 m²/hr.*
- 9) *Tomavista para aplicaciones especiales en el suministro del gas L.P.*
- 10) *Horno circular con sufla para calentamiento, 1 quemador marca Euermann, cap. 8 m²/hr.*
- 11) *mezclador proporcional automático para la relación óptima de combustión -gas-*
- 12) *Horno de sufla para recalentamiento con doble cámara, marca SCAT.*
- 13) *Estufa para el secado de moldes, marca Fisa # CF 331/B, cap. 12 m²/hr.*
- 14) *Horno de sufla para recocido (piso móvil), cementación sólida y tratamiento térmico marca M.G.R., tipo M.S.G. 5 cap 10 m²/hr.*
- 15) *Horno para cementación gaseosa para tratamientos termoquímicos (crisol en baño de sales), marca Uguine Intra Tipo 66V33-35, cap 2 m²/hr*
- 16) *Horno para recocido con sufla, marca M.G.R. cap. 13.5 m²/hr.*

2. ANALISIS DE LA COMBUSTION

La combustión consiste en la unión del oxígeno con una materia combustible. Los grados de la combustión varían ampliamente, conociéndose la combustión lenta (oxidación con aumento imperceptible de calor) y la combustión muy rápida. La combustión es una combinación química que se efectúa para aprovechar el calor desprendido durante la reacción entre un cuerpo y un gas que lo envuelve o se mezcla con él, y que contiene oxígeno. Al cuerpo se le llama combustible y por lo general contiene carbono o hidrógeno y el gas (aire) que contiene oxígeno y nitrógeno se le denomina comburente además del azufre, que en la mayoría de las veces se considera como cuerpo indeseable.

Los hornos que consumen gas pueden trabajar con grandes llamas que llenan toda la cámara de combustión, o bien, se mezclan en pequeñas capas de material refractario que irradian el calor hacia la carga.

2.1. COMBUSTIBLES

Las demandas de energía se satisfacen fundamentalmente con combustibles fósiles y nucleares, energía hidroeléctrica y con otras fuentes. Cerca del 90% de la demanda mundial representa combustibles de origen fósil y el restante 10% se cubre con energía hidroeléctrica y fuentes nucleares, de acuerdo a estudios realizados por la A.S.T.M. (American Soc. for Testing and Materials) Los combustibles comerciales, ya sea en su estado natural o en formas preparadas, pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos.

El criterio de selección del mejor combustible se basa en:

- 1) En el estudio de los costos comparativos de los componentes que intervienen en la mezcla.
- 2) En la limpieza del funcionamiento
- 3) En su adaptabilidad al control de la temperatura.
- 4) En la mano de obra requerida.
- 5) En el efecto de cada combustible sobre el material que ha de calentarse y sobre el revestimiento del horno.

Es importante conocer la cantidad de combustible que ha de quemarse en cada quemador, así como la atmósfera que se desea en el horno (atmósfera controlada) y la uniformidad de la temperatura, la cual determina el número y la situación de los quemadores. Para los usuarios e ingenieros de hornos son de gran interés, la disponibilidad y el costo relativo de los combustibles.

Una propiedad importante de los combustibles es su temperatura adiabática de la flama, que es la temperatura alcanzada cuando se quema el combustible a presión constante con un volumen teórico y la temperatura ambiente y en una cámara de combustión aislada térmicamente. Dicha temperatura para diferentes combustibles se muestra en la tabla 2.1.1.

**TEMPERATURA ADIABÁTICA DE LA FLAMA
TABLA 2.1.1.**

COMBUSTIBLE	TEMPERATURA ADIABÁTICA (°C)
GAS NATURAL	2095
GAS DE AGUA	2261
GAS POBRE LIMPIO	1822
GAS POBRE LN BRUTO	1761
GAS DE ALTO HORNO	1455
GAS DE HORNO DE COQUE	2040
FUEL OIL 8	2123
FUEL OIL 2	2151
CÁRCUN	2261

2.1.1. COMBUSTIBLES SÓLIDOS.

Los combustibles sólidos comprenden los carbones, lignitos, coques, maderas, turbas y residuos combustibles, procedentes de muchos procesos de fabricación.

El carbón vegetal es una mezcla de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, agua y cenizas, todo lo cual existía originalmente en forma de materia vegetal. El tamaño del carbón al salir de la mina (carbón mineral) varía desde polvo fino hasta grandes terrones. Por regla general los tamaños más pequeños contienen más impurezas y ganya, debido a la segregación; ésto dá como

consecuencia que los tamaños pequeños tienen menor potencial calorífico que los tamaños grandes.

La madera como combustible no tiene interés, desde el punto de vista comercial, y sólo se utiliza en casos aislados. Las maderas se clasifican en duras y blandas, con potencias caloríficas comprendidas entre 4548 y 5040 Kcal/Kg. de combustible.

El coque es el residuo sólido que queda después de la destilación de ciertas clases de carbón. Es un combustible limpio, que no produce humo y que puede obtenerse por varios procedimientos.

E.1.2. COMBUSTIBLES LIQUIDOS.

Los combustibles líquidos más comúnmente usados en hornos industriales son: el fuel-oil (aceite-diesel), el alquitrán y algunas veces también las breas. La gasolina, el keroseno y el alcohol son demasiado caros para considerarlos como combustibles para calentamientos industriales, excepto para hornos muy pequeños y como combustibles sustitutos en casos especiales.

Los combustibles líquidos ofrecen las siguientes ventajas:

- A) Puede ser rápidamente almacenado, encima o debajo del suelo y en lugares apartados.
- B) Algunos combustibles líquidos no necesitan precalentamiento y están siempre en disposición de ser utilizados.
- C) No se dan pérdidas por mantenimientos.
- D) El control de la atmósfera y la temperatura del horno no es afectado por causas ajenas a la voluntad del usuario.

E) Se transporta fácilmente del depósito al horno

Mientras que las desventajas que presenta el uso de combustibles líquidos son:

A) Al quemarse dejan residuos de cenizas.

B) Se necesita dar un mantenimiento más frecuente.

2.1.3. COMBUSTIBLES GASEOSOS.

Los combustibles gaseosos, especialmente los gases fríos y puros, tienen muchas ventajas sobre los combustibles sólidos y líquidos, por esto se usan cada vez con más frecuencia, incluso cuando el costo por caloría excede ligeramente del de otros combustibles.

Los combustibles gaseosos son ideales para ser quemados en hogares, por las ventajas siguientes:

A) No contienen ni cenizas ni residuos.

B) Se mezclan fácilmente con el oxígeno y requieren poco exceso de aire.

C) Se adaptan perfectamente al control automático.

D) Responden rápidamente a las variaciones de la carga, reduciendo en consecuencia, las pérdidas.

Sin embargo, los combustibles gaseosos también tienen sus desventajas, entre las que notamos:

- A) a bajas temperaturas se licúa y no se le puede hacer un precalentamiento.
- B) su almacenamiento puede ser peligroso si no se tienen las medidas adecuadas.

GAS NATURAL.

El metano (CH_4) en aproximadamente 80%, y el etano (C_2H_6) son los principales constituyentes del gas natural. Son muy volátiles y aun cuando pueden reducirse al estado líquido o transformarse en otros combustibles, no siempre resulta económico hacerlo. Los poderes caloríficos (superficiales) de estos, varían de 5000 a 22000 cal. conf. Como el volumen de aire necesario para la combustión de estos gases es aproximadamente proporcional al poder calorífico del gas considerado, las necesidades de aire, del gas natural varían en una amplia margen. El gas natural se suministra por redes de tuberías que forman los gasoductos, directamente de los pozos donde se extrae. Debido a su gran volumen específico, no resulta práctico almacenarlo, excepto cuando para ello se utilizan cavernas subterráneas naturales.

El gas natural que posee un alto poder calorífico, contiene principalmente hidrocarburos existentes en la gascina, butano y propano. Después de extraer estos componentes, se denomina a este gas, "gas seco".

El gas natural se presenta como el más apropiado combustible para hornos industriales, por lo que se utiliza en aproximadamente el 90% de las aplicaciones industriales en los Estados Unidos. El alto poder calorífico del gas natural permite transportarlo por tuberías relativamente delgadas. Es un gas puro y salvo sus pocas excepciones, está libre de azufre.

Puesto que el gas natural se compone de hidrocarburos, puede producir una llama luminosa si se requiere. El alto contenido de hidrocarburos impide el precalentamiento del gas natural en generadores o recuperadores, pues los hidrocarburos a altas temperaturas desprenden residuos que tapan los conductos con hollín, además las economías de calor que se realizan por el

precalentamiento del gas son despreciables, porque el peso del gas es inferior a 1/15 del peso de la mezcla combustible-aire

El costo de las calorías del gas natural depende de algunas variables, siendo la más importante el costo de la instalación de los gasoductos y explotación de las estaciones de compresión, las cuales son necesarias a causa de la distancia existente entre el punto de extracción y el lugar de consumo.

GASES LIQUADOS DEL PETRÓLEO

Los gases del petróleo licuables son principalmente: el propano (C₃H₈) y el butano (C₄H₁₀). Estos gases, a la temperatura normal pueden licuarse por compresión. Son excelentes combustibles, pero por lo regular resultan más caros que el fuel-oil debido al costo por manipulación y almacenamiento a presión.

Las propiedades de estos combustibles, así como también de los combustibles líquidos y sólidos se muestran en la tabla No. 2.1.2, además considerando que estos se utilizan como combustible de hornos industriales tan sólo en raras ocasiones o períodos cortos, en su camino hacia los quemadores, después de la conversión en gas por el calor, puede mezclarse el propano con el aire en determinada proporción sin necesidad de realizar cambios en los equipos de combustión.

Las ventajas particulares de estos combustibles son:

- a) Facilidad de puesta en marcha de los motores en tiempo frío, debido a su alta volatilidad.
- b) Rendimiento mayor, por permitir una elevada compresión.
- c) Mayor limpieza en conductos y sistemas en engrase, a causa de su poca posibilidad de condensación.

Ningún gas comercial, propano o butano, son gases puros, todos contienen otros reventados gaseosos:

El precio de los gases licuables del petróleo es la suma del costo de producción y el costo de distribución.

Además del gas natural y del gas L.P., que son los más comercialmente utilizados, existen otros gases poco usuales, como son:

- 1 Gas de horno de coque.
- 1 Gas de agua.
- 1 Gas de gasógeno
- 1 Gas de fábrica.
- 1 Gas de alto horno.

PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES

TABLA 2.1.2.

COMBUSTION PERFECTA CON CANTIDADES TEORICAS DE AIRE

Combustible	Aire necesario por cada m ³ de gas	Productos de combustión Perfecta kg/m ³ de gas				Temperatura adiabática de la llama °C
		CO ₂	H ₂ O	H ₂	Total	
Gas natural	12.97	2.11	1.603	9.92	12.64	2017
Gas de hornos de coque	6.08	0.91	0.976	4.62	6.53	2033
Gas de gasógeno bruto (luminoso)	1.43	0.606	0.147	1.767	2.521	1605
Gas de gasógeno puro	1.31	0.532	0.152	1.54	2.234	1611
Gas de horno alto	0.84	0.704	0.027	1.226	2.068	1427
Gas de agua	2.70	0.08	0.371	2.19	3.362	2262
Gas luminoso (gas del carburador)	6.19	1.037	0.947	4.776	6.764	2061
Gas luminoso (gas de agua carburador)	5.63	1.144	0.786	4.37	6.301	2100
Gas mezclado	5.73	1.103	0.834	4.439	6.436	2095
Butano comercial	36.32	6.051	3.105	23.01	36.166	2006
Propano comercial	23.42	4.626	2.63	22.67	29.922	2017

1 Este es un valor medio, y en el caso de duda para consultar la información, el gas de gasógeno en bruto se halla siempre referido a la entrada del horno.

PROPIEDADES DE LOS COMBUSTIBLES

TAULA 2.1.2. (continuación)

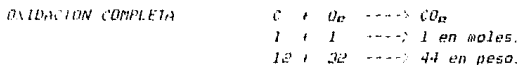
Combustible	Cantidad en m ³	Composición Porcentaje por volumen (a 20°C y a una presión de 101,3 kPa/cm ²)								Potencia calorífica inferior (kcal/m ³)	Potencia calorífica superior (kcal/m ³)	Observaciones
		Análisis Químico (por moles secal)										
		CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	H ₂	O ₂	N ₂			
Gas natural	1	---	---	07	---	76	---	---	19	8 857,7	9 763,3	C ₂ H ₆ = 2,7 C ₂ H ₁₀ =0,9
Gas de hornos de coque	1	2,2	8,9	34,1	2,6	---	47,3	0,3	6	4 450,0	4 992,9	H ₂ S=0,5 H ₂ O=1,8
Gas de gasógeno bruto	1	7,5	20,5	3	---	---	12,5	---	56,5	1 274,4	1 315,4	Vapor de alquitrán 0,01 kg/m ³
Gas de gasógeno puro	1	9,01	15,03	2,76	0,13	---	13,5	0,02	54,6	1 139,2	1 219,3	
Gas de alto horno	1	12,4	25,4	---	---	---	3,5	---	56,6	617,09	632,1	Vapor de agua 1,45% en volumen
Gas de agua	1	3,6	42,5	0,7	---	---	47,1	0,6	4,4	1 461,1	2 095,7	
Gas luminoso (gas del alumbrado)	1	4,6	5,5	36,6	4,6	---	42,2	4,6	1,8	4 805,1	5 313,3	
Gas mezclado (gas de agua carburado)	1	2,1	12,1	23,9	0,1	---	30,3	4,0	1,6	4 500,0	4 745,5	1 parte de gas de hulla 2 partes de gas de agua carburado
Gas mezclado	1	1,36	11,0	36,3	6,92	---	39,6	4,73	3,15	4 612,0	5 062,3	
Etilano Comercial	1	---	---	---	---	---	---	---	---	26 496,3	26 762,5	C ₂ H ₁₀ 93%; C ₂ H ₆ 7% (en volumen)
Propano comercial	1	---	---	---	---	---	---	---	---	21 101,9	21 890,8	Las cifras se basan en un 100% de C ₂ H ₆ , el propano comercial contiene en ocasiones otros gases

Combustible	Cantidad en m ³	Composición Porcentaje en peso							kcal/l	kcal/kg	Observaciones
		C	H ₂	O ₂	H ₂	S	H ₂ O	CENIZAS			
Carbón bituminoso con bajo contenido en cenizas	1	79,4	5,02	4,27	1,86	1,18		7,91	7,81	8,04	
Carbón bituminoso con alto contenido en cenizas	1	70	5	8	2	2		13	6,68	7,09	
Lignito (seco)	1	59,3	4,37	10,6	1,22	2,65		13,2	5,49	5,89	Composición media
Lignito (humificado)	1	41,9	5,06	13,1	0,85	1,86	30	9,25	3,84	3,92	
Alquitrán de la hulla	1	66,2	6	3,1	0,12	0,75	3,2	0,1	8,79	9,07	
Fuel-oil num. 2	1	86,5	12,0			0,7			10,21	10,82	
Fuel-oil num. 6	1	86,8	10,2			2			9,66	10,15	
Coque de petróleo (anhidrido y sin cenizas)	1	83,4	3,8	0,9	0,3	1			8,78	8,96	Ceniza 1% (base seca)

2.2. PERDIDA DE CALOR EN EL COMBUSTIBLE SIN QUEMAR.

2.2.1. QUIMICA DE LA COMBUSTION.

De acuerdo con los fundamentos de la química, la unión de carbono y oxígeno se muestra en la reacción siguiente:



Las expresiones anteriores indican que un peso molecular de carbono se combina con un peso molecular de oxígeno para producir un peso molecular de anhídrido carbónico. Un mol de una substancia vale M kilogramos, siendo M el peso molecular. es más sencillo efectuar todos los cálculos, utilizando moles y transformarlos en kilogramos o metros cúbicos solamente cuando sea necesario.

Se dice que una combustión es completa cuando el combustible es totalmente oxidado y se libera toda la energía.

Las siguientes reacciones corresponden a la combustión incompleta, debido a la presencia de óxido de carbono y de hidrógeno libre en los productos finales:



La combustión incompleta puede ser debido a:

- 1) Insuficiencia de oxígeno.
- 2) Mezcla imperfecta entre el oxígeno y el combustible.
- 3) Temperatura demasiado baja para mantener la combustión.

REACCIÓN PARA EL METANO (CH₄) (GAS NATURAL):



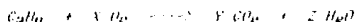
Suponiendo una molécula de metano, se obtiene:



16	+	64	→	44	+	36	
1	+	2	→	1	+	2	
							Composición en peso (kg)
							Composición en moles.

En algunos casos también participa el azufre (S), pero se considera un elemento indeseable en la combustión, la cual produce (SO₂)

REACCIÓN DEL PROPANO (C₃H₈):



Considerando una molécula de propano, resulta:

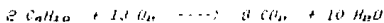


44	+	160	→	132	+	72	
1	+	3.636	→	3	+	4.500	
							Composición en peso
							Composición en Volumen.

REACCIÓN DEL BUTANO (C₄H₁₀):



Considerando 2 moléculas de butano, resulta:



116	+	416	→	264	+	180	
1	+	3.588	→	3.034	+	1.551	
							Composición en peso.
							Composición en volumen

Todas las reacciones anteriores son el resultado de una combustión completa, aunque en realidad es difícil de conseguirla, ya que en la mayoría de los casos, en los productos finales se obtienen otros componentes, muchas veces indeseables, como son: CO, OH, NO, H₂, SO₂, etc. Los productos de una combustión completa son: CO₂, N₂, H₂O y O₂.

La combustión se inicia con la ignición y, para ello, es necesario calentar el sistema combustible-comburente, cuya composición está comprendida entre los límites de ignición; además, una vez realizada la ignición, la combustión continúa dentro de un espacio limitado y requiere la renovación permanente de los componentes de la mezcla.

La combustión tiene lugar bajo las siguientes condiciones:

- A) La composición de la mezcla, combustible-comburente, debe estar comprendida dentro de ciertos valores de ignición.
- B) El ataque energético a la molécula debe ser intenso (temperatura de ignición).
- C) Para mantenerla se requiere la adecuada evacuación del producto de la combustión y la correcta introducción de los elementos de la mezcla. Para su desarrollo, la combustión, como toda reacción química, requiere además tiempo y espacio, los cuales dependen de la naturaleza y cantidad del combustible y del comburente; de la técnica operatoria empleada; así como de la forma y dimensiones del espacio destinado a la reacción.

Si el combustible es gaseoso, la masa incandescente es móvil y de forma lanceolada (en forma de lanza); esta masa en reacción es lo que constituye la flama en la que se efectúan reacciones oxidantes y reductoras.

Para lograr la total oxidación del combustible es necesario utilizar una mezcla que tenga un exceso de aire. Si "V" es el peso mínimo necesario y "V'" es el peso de aire suministrado, entonces:

V/V' es el coeficiente de exceso

Si la cantidad de aire es menor a la requerida, pueden producirse pérdidas importantes en formas de óxido de carbono, hidrógeno libre o

hidrocarburos destilados. La cantidad de aire en exceso necesaria para el funcionamiento del hogar depende de:

- 1) El tiempo disponible antes de que los gases ascendentes alcancen la zona fría del altar y se enfríen por debajo del punto de ignición.
- 2) La temperatura a la cual se encuentra la mezcla.
- 3) El grado de mezcla entre el combustible y el aire.

Estos tres factores principales se resumen, en las palabras "tiempo, temperatura y turbulencia". Si un combustible puede ser fuertemente disperso y totalmente mezclado en el aire, su combustión puede lograrse con un pequeño exceso de aire.

B.B.B. AIRE NECESARIO PARA LA COMBUSTION.

El oxígeno necesario para la combustión es captado siempre del aire, acompañándolo gran cantidad de nitrógeno, debido a que no es fácil la separación de ambos. Es por tanto necesario revisar las propiedades del aire como manantial de oxígeno. En la tabla núm. 2.2.2. figuran los porcentajes de los principales componentes del aire seco. Cada gas se encuentra en la atmósfera a su presión parcial propia, independientemente de la presencia de otros gases. Todos los constituyentes, excepto el oxígeno, pueden considerarse en conjunto como un gas inerte cuyo peso molecular es de 28.2. El vapor de agua contenido en el aire varía ampliamente con la temperatura y porcentaje de saturación. La saturación a los 100 °C sobeata 100% de vapor de agua.

En el funcionamiento de los hogares las pérdidas debidas a la humedad se calculan como un aumento del balance térmico.

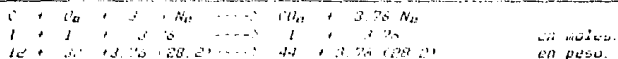
El peso mínimo necesario de aire para la combustión de 1 Kg. de combustible, es el correspondiente al del oxígeno necesario, calculado por la ecuación de combustión dividido por el contenido en peso del oxígeno del aire (0,232). De manera semejante, el volumen necesario para la combustión de 1 m³ de un combustible gaseoso es el correspondiente al del oxígeno dividido por el porcentaje de oxígeno contenido en el aire (0,21).

La relación molar entre el nitrógeno y el oxígeno del aire es la misma que su relación volumétrica, debido a que ambos son gases y se encuentran a la misma temperatura, y por lo tanto se tendrá:

$$\frac{\text{Moles } N_2}{\text{Moles } O_2} = \frac{79\%}{21\%} = 3,76.$$

La relación anterior pone de manifiesto que por cada mol de oxígeno presente en el aire existen 3,76 moles de nitrógeno.

La combustión del carbono en el aire se muestra en la relación siguiente:

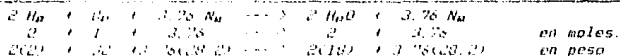


Dividiendo por 12 resulta:

$$\begin{array}{l} 1 + 2,66 + 4,338 \quad \rightarrow \quad 1,66 + 8,838 \\ \text{combustible} \quad \text{aire} \quad \quad \quad \text{productos} \end{array}$$

Por lo tanto el aire requerido será:
 $(2,66 + 8,838) \times 1 = 11,49\% \text{ kg/kg de carbono}$

La combustión del Hidrógeno en el aire, se muestra a continuación:

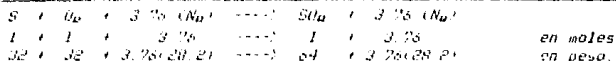


Dividiendo por 4 resulta:

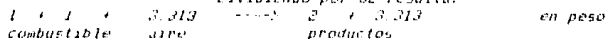
$$\begin{array}{l} 1 + 0,25 + 3,508 \quad \rightarrow \quad 0,5 + 3,508 \\ \text{combustible} \quad \text{aire} \quad \quad \quad \text{productos} \end{array} \quad \text{en peso}$$

Por lo tanto, el aire necesario será:
 $(0,25 + 3,508) \times 1 = 34,5 \text{ kg/kg de hidrógeno}$

La combustión del azufre en el aire da:



Dividiendo por 32 resulta:



Y por consiguiente el aire necesario será:

$$1 + 3 \cdot 313 \cdot 2 = 1 + 4,314 \text{ kg } / \text{ kg de Azufre.}$$

B.2.3. PRODUCCION DE FLAMA E INFLAMABILIDAD.

Cuando se tiene una mezcla de aire-combustible, con el aire necesario para la combustión perfecta y esta mezcla se hace salir de un tubo y se enciende por medio de cualquier sistema de ignición, la flama se producirá en el extremo del tubo cuya velocidad de la mezcla sea igual a la velocidad de propagación de la flama.

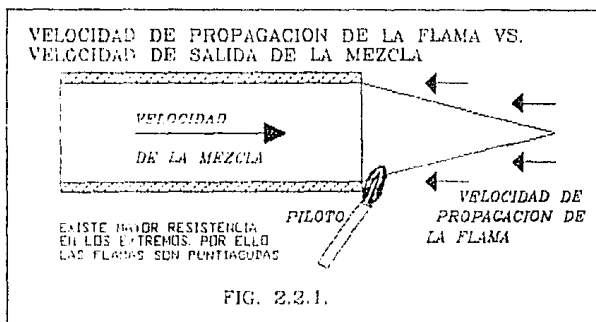
Si la velocidad de escape es superior a la velocidad de propagación de la flama, esta se desprenderá del tubo y se apagará; por el contrario, si la velocidad de propagación es mayor que la velocidad de escape, la flama se producirá dentro del tubo, provocando lo que se conoce como retroceso de la flama.

La velocidad de propagación de la flama o velocidad de combustión es importante en los problemas de utilización de mezcla gas-aire, así como los referentes a los diseños de quemadores y a la velocidad de disipación de la energía. Hay varios métodos que han sido empleados para medir velocidades de combustión, tanto en flamas laminares, como turbulentas. Los resultados de los diversos métodos no coinciden, pero cualquiera de ellos proporciona valores de relativa utilidad. Las velocidades máximas de combustión de flamas turbulentas son mayores que las de las laminares. El método de la flama hunsen suministra

resultados importantes en los problemas de utilización de gas. Mediante este método, la velocidad de combustión se determina dividiendo el gasto volumétrico de flujo de gases en el quemador hunsen por el Área del cono interior de la flama. Los cambios en la composición del gas, la relación de combustible-aire y la temperatura del gas, afectan la velocidad de combustión

Cuando una fuente de energía es aplicada en la punta del tubo de nuestro ejemplo (ver figura 2.2.1.), las moléculas de la mezcla reaccionan y forman calor. De esto se deriva una reacción en cadena que continúa hacia el centro del tubo y así, conforme el flujo de mezcla va saliendo, la reacción se va realizando. Debido a este retraso en la propagación de la flama hacia el centro y a que la velocidad de la mezcla es mayor en el centro del tubo, la flama tiene una forma geométrica cónica. De lo anterior se deriva:

- 1) Mientras más rápido se produce flama en el centro del quemador, o sea, a menor diámetro del tubo, según nuestro ejemplo, la flama tenderá a ser cilíndrica.
- 2) Por otro lado, mientras mayor sea el diámetro del tubo, la reacción iniciada en el piloto tardará más en realizarse en el centro (fracciones de segundo) y la producida será más cónica.



Los quemadores industriales que se fabrican en la actualidad están diseñados de tal manera que aprovechan estas características de propagación de la flama y así mediante cambios en el diseño del block de combustión, en el giro del aire, en el giro del gas, en la salida de la mezcla o en el cambio de velocidad de escape de la mezcla, se va modificando la geometría de la flama para dar una amplia gama de formas de flama que se aprovechan para aplicar el quemador apropiado al proceso específico que se tenga.

Para un quemador dado, cambios en la presión de mezcla o en la cantidad de aire primario, afectará la forma de la flama. Para la mayoría de los tipos de quemadores, un incremento en la presión de mezcla hará ancha la flama y un incremento en el porcentaje de aire primario acortará la flama (permaneciendo la capacidad constante).

El diseño del quemador tiene muchos más efectos sobre la flama (forma y longitud) que las variables de operación citadas anteriormente.

Un buen mezclado, producido por un alto grado de turbulencia y altas velocidades da una flama corta, mientras que un mezclado (mezcla retardada) y bajas velocidades, da flama larga y delgada. En quemadores de petróleo una alta presión de atomización tiende a arrojar el combustible lejos de la boquilla antes de que pueda ser calentado a su temperatura de encendido y de este modo alarga la flama; la turbulencia y buen mezclado se pueden lograr usando deflectores sobre la corriente del aire de combustión y atomización para impartir un giro al aire.

TEMPERATURA DE LA FLAMA.

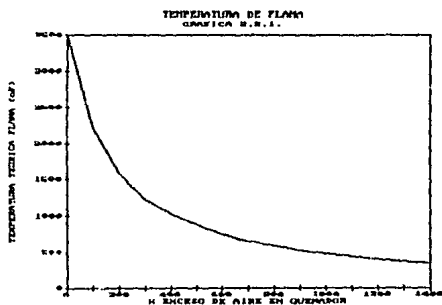
Se define como la máxima temperatura que se puede obtener dentro de una flama, producida por la combustión de un combustible y su comburente.

Esto es, cada combustible tiene una temperatura de flama determinada, dependiendo de la cantidad de comburente y del medio en que se encuentre este. Dicho de otra manera, si el combustible es quemado utilizando oxígeno puro, se obtendrá una temperatura de flama diferente y mayor, así el

mismo combustible o quemado con el oxígeno del aire del cual se encuentra disuelto en nitrógeno en una proporción de casi 4:1 donde la temperatura de flama será inferior. Esto se debe a que una cantidad del calor generado se utilizará para calentar el nitrógeno que tenemos en el aire y por lo tanto la temperatura final será menor. En la tabla 2.2.1 se puede ver la diferencia de temperaturas de flama para varios combustibles quemados con oxígeno puro y con aire:

	MAXIMA TEMPERATURA DE FLAMA (°F)	
	En Oxígeno	En Aire
Hidrógeno	5395	3713
Acetileno	5630	4207
Gas Natural	5120	3565
Propano	-----	3573
Butano	-----	3615
Etano	-----	3940

TABLA 2.2.1



Un factor importante que hay que tomar en cuenta, sobre todo en sistemas en los cuales se emplea el exceso de aire, es de que en ellos invariablemente la temperatura de la flama disminuirá, debido a que el calor generado por la combustión se empleará para calentar ese exceso y por lo tanto

el calor hacia el proceso disminuya. En la grafica 2.2.1 se puede ver claramente como se ve afectada la temperatura de flama por el exceso de aire.

LIMITES DE INFLAMABILIDAD.

Los límites de inflamabilidad de un gas combustible, se define como la mínima y máxima concentración de gas en el aire, para que la mezcla formada sea capaz de inflamarse al contacto con el sistema de ignición (piloto, chispa o superficie caliente).

Esto por debajo o arriba de estas concentraciones la mezcla será incapaz de inflamarse bajo ningún motivo.

Cada gas combustible tiene diferentes límites de inflamabilidad; así por ejemplo, el butano necesita tener una concentración en el aire entre 3 y 9% para poder inflamarse, pues ni abajo del 3% ni arriba del 9% se inflama.

En la figura 2.2.2. se dan como ejemplo los límites de inflamabilidad, de algunos de los gases más comúnmente usados como combustibles.

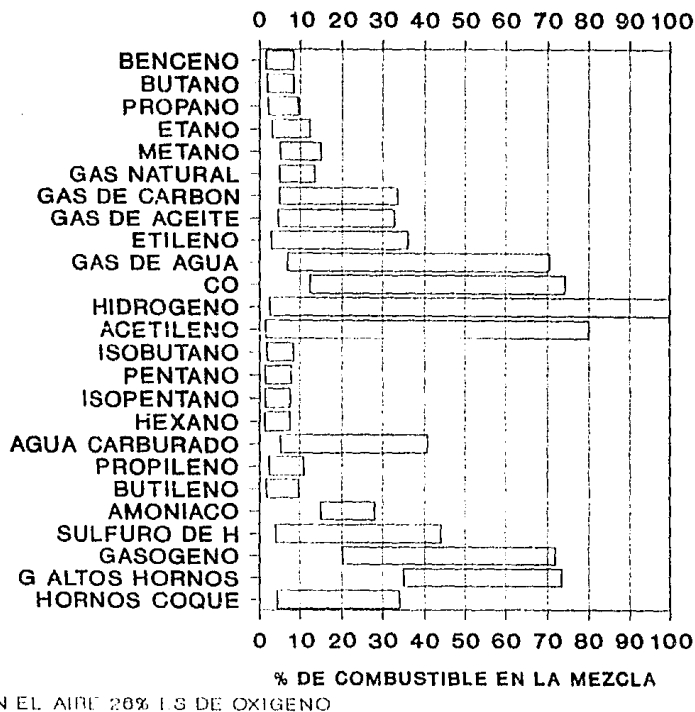
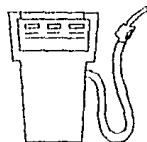
El cálculo de los límites de inflamabilidad se efectúa mediante la modificación de Le Chatelier de la ley de mezclas, que se expresa en su forma más simple, como:

$$L = \frac{100}{(p_1 \cdot N_1 / N_{a1}) + (p_2 \cdot N_2 / N_{a2})}$$

en donde L corresponde al porcentaje en volumen del gas combustible en una mezcla limitada de gas y aire; p_1, p_2, \dots, p_n son los porcentajes de cada gas combustible presente en la mezcla, calculadas sobre base libre de aire e inertes, de tal manera que $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 100$; N_1, N_2, \dots, N_n son los porcentajes de volumen de cada gas combustible en una mezcla limitada de los gases con un contenido de inertes del 10% o menos, sin introducir un error mayor del 1 ó 2% en los límites calculados. Sin embargo, cuando el contenido de inertes excede del 10%, el cálculo debe modificarse.

LIMITES DE INFLAMABILIDAD DE GASES EN EL AIRE

FIGURA 2.2.2



Todos los combustibles gaseosos tienen un máximo y un mínimo de cantidad de aire primario necesarios para hacer que la mezcla entre a los límites de inflamabilidad. También tenemos un rango en el cual la velocidad de propagación de la flama es el mayor.

Por ejemplo el metano tiene una máxima velocidad de propagación de la flama, cuando la mezcla contiene un 5% de aire necesario para la combustión perfecta.

La mayoría de los combustibles empleados comercialmente como el gas natural, propano o butano tienen velocidades de propagación de flama bastante fáciles de manejar desde el punto de vista del fabricante de quemadores.

Todos los sistemas de combustión con quemadores de premezcla requieren de un método para proporcionar el aire y el combustible en un sistema, indispensable cada uno. También requieren de un sistema que permita juntar el aire y el combustible y poder hacer la mezcla de ambos; y finalmente, la mezcla será llevada al quemador, permitiendo que ésta sea quemada entre su mínima y máxima velocidad de propagación.

Hay que recordar siempre que la mezcla es explosiva entre el mezclador y el quemador y, por tanto, hay que tomar algunas precauciones para evitar que la flama se pudiera propagar dentro de la tubería, tales como:

- a) La tubería que transporte la mezcla debe ser tan pequeña como sea posible, para así tener velocidades de la mezcla superiores a la velocidad de propagación de flama, sin tener desde luego caídas de presión excesivas por tuberías demasiado reducidas.
- b) La tubería que transporta la mezcla aire-gas debe tener el menor número de codos, te's, etc. que sea posible, para evitar las caídas de presión excesivas y, con esto, descompensaciones de la mezcla.

Por ejemplo: Se desea quemar gas natural, la capacidad del quemador es de 500,000 BTU/hr.

De acuerdo al tipo de combustible y a la capacidad se tendrá lo siguiente:

$$\text{Gas natural} = 1000 \text{ BTU/ft}^3$$

Por lo tanto :

$$V \text{ gas natural} = 500 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

$$V \text{ aire} = 5000 \text{ ft}^3/\text{hr}$$

$$V \text{ mezcla} = V \text{ gas} + V \text{ aire}$$

$$V \text{ mezcla} = 5500 \text{ ft}^3/\text{hr}, \text{ a máxima capacidad}$$

Velocidad de propagación de la flama del gas natural en una mezcla con aire al 100% del teórico = 1 ft/seg = 3600 ft/hrs.

El concepto primordial que debemos tomar en cuenta, es de que mientras la velocidad de la mezcla dentro de las tuberías sea mayor a la velocidad de propagación de la flama, no podrá existir nunca un "retroceso de flama" y, por lo tanto, no habrá peligro de explosiones internas en las tuberías.

Por otro lado, el peligro de un "retroceso de flama" es mínimo a máxima capacidad, ya que las tuberías que manejan la mezcla es la mínima dentro de las tuberías.

Supongamos que el quemador del ejemplo tiene un rango de operación de 10:1. Por lo tanto, la capacidad mínima será de:

$$V \text{ mezcla} = 550 \text{ ft}^3, \text{ a mínima capacidad.}$$

Considerando que la mezcla la podríamos manejar en tuberías de 2 1/2", 3", 4", 6", 8" de diámetro, en relación a que la caída de presión dentro de las mismas es adecuada para la capacidad máxima que se maneja.

Si tenemos que el área interna de cada tubería es como sigue, tendremos:

DIÁMETRO	ÁREA TRANSVERSAL INTERNA (ft ²)	VELOCIDAD DE LA MEZCLA A MINIMA CAPACIDAD (ft/hr)
2 1/2"	0.0341	16134.5
3"	0.0491	11204.5
4"	0.0873	6302.5
6"	0.1963	2801
8"	0.3491	1575.5

Como se deduce de la tabla anterior, tanto las tuberías de 2 1/2" y 3" de diámetro son perfectamente aplicables y su uso no acarrearía el menor peligro o contratiempo, ya que como hemos visto, excede por mucho la velocidad de propagación de flama, además que estas tuberías son las más económicas del conjunto analizado.

La tubería de 4" de diámetro se puede aplicar (sin tomar en cuenta el mayor costo), la velocidad desarrollada por la mezcla en ella es ya cercana a la velocidad de propagación de la flama.

Y por último, las tuberías de 6" y 8" de diámetro son inaplicables desde cualquier punto de vista.

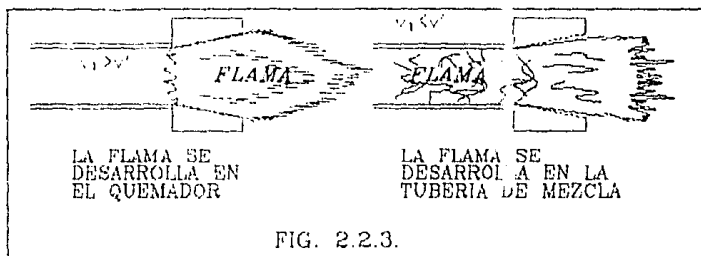


FIG. 2.2.3.

2.2.4. PRODUCTOS DE LA COMBUSTION.

Los gases de escape de los hogares se denominan productos de la combustión. La composición de estos productos depende del tipo de combustible utilizado, de la relación aire-combustible y de las condiciones en que se efectúa la combustión.

Generalmente contienen: anhídrido carbónico, óxido de carbono, oxígeno, nitrógeno, carbono libre, cenizas ligeras, vapor de agua, anhídrido sulfuroso o hidrocarburos no quemados. La mayoría de estos productos son invisibles.

El óxido de carbono, presente en los gases de escape, puede producir elevadas pérdidas de energía.

En general, la aparición de densos humos gaseosos es indicio de que se trabaja a baja temperatura o con insuficiente oxígeno.

2.2.5. PERDIDA POR CALOR SENSIBLE DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION.

En los hornos de combustión existen dos causas de pérdidas de calor, mostradas en la figura 2.2.4. del flujo calorífico en un horno, por la flecha número 1. Estas pérdidas se producen por la energía calorífica que los productos de combustión "sacan" del horno en forma potencial (combustible sin

quemar), o bien, en forma química (calor sensible), al cual puede añadirse el calor latente al vapor de agua.

En los cálculos de las pérdidas de humo, es posible poner los resultados en forma gráfica, de una vez y para siempre, y con pocas posibilidades de error.

Con este fin se grafica el calor latente de los gases de la combustión en función de la temperatura, como se muestra en las gráficas 2.2.2. y 2.2.3.

La curva A da el contenido de calor sensible (15 °C) en los productos de combustión perfecta por cantidad unitaria de combustible, no incluyendo el calor latente del vapor de agua.

La curva B, representa el calor en aquella cantidad de aire que se necesita para quemar una cantidad unitaria de combustible en función de la temperatura del mismo. En algunas gráficas entra una tercera curva C que indica el calor sensible por cantidad unitaria de combustible.

Las curvas de contenido de calor son estrictamente correctas solamente por aquellos combustibles cuya composición es idéntica al de la gráfica. La utilización de las gráficas se ilustra por el ejemplo siguiente:

Suponiendo que el gas natural y el aire entran en el horno a la temperatura atmosférica, que la combustión tiene lugar con un exceso de aire del 10% y que los productos de la combustión abandonan el horno a una temperatura de 1260 °C. ¿Qué fracción del calor de combustión queda en el horno y qué fracción escapa con los productos de combustión?

Del gráfico del calor en los productos de combustión del gas natural (2.2.2.), se deduce que el 10% de exceso de aire contienen 426 Kcal/m³. Entonces, el calor de los gases de combustión es igual a 5120 + 426 = 5546 Kcal/m³ de gas combustible. La potencia calorífica del

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA.**

combustible es 9750 kcal/m³, su potencia calorífica inferior es 8030 kcal/m³. Por consiguiente, 5546 kcal/m³ son extraídos como calor sensible en los productos de la combustión y el calor latente en el vapor de agua será 9750 - 8030 = 920 kcal/m³ producido. Luego, $[5546 + (920 / 9750)] = 0.66 = 66\%$ del calor total es atraído por los productos de combustión y el 34% queda en el horno.

COMPOSICION DEL AIRE SECO

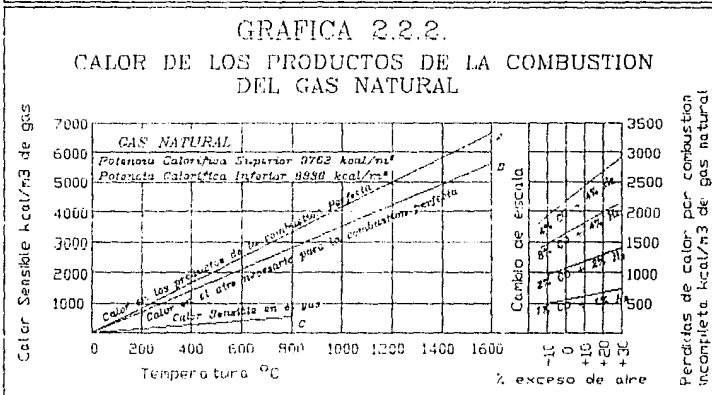
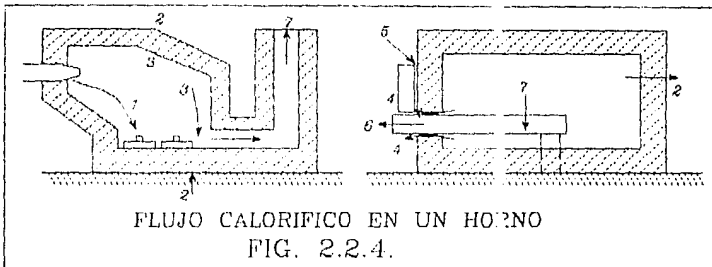
TABLA 2.2.2

	% EN VOLUMEN (MOLLS)	% EN PESO	PESO MOLECULAR (KG/MOL)
OXIGENO	20.99	23.19	32
NITROGENO	78.03	75.47	28.016
ARGON	0.94	1.30	39.944
ANHIDRIDO CARBONICO	0.03	0.04	44.003
HIDROGENO	0.01	0	2.016
AIRE SECO	100	100	28.967

La curva A de la gráfica 2.2.2 no incluye el calor latente del vapor de agua. Utilícese la potencia calorífica inferior, o si se emplea la potencia calorífica superior, añádase 926 Kcal al contenido del calor sensible.

La curva A de la gráfica 2.2.3 no incluye el calor latente del vapor de agua. Utilícese la potencia calorífica inferior, o si se emplea la superior, añádase 8277 Kcal al contenido del calor sensible.

En ambos casos (gráficas 2.2.2 y 2.2.3), si no hay hidrógeno en el análisis completo de los gases de la combustión, multiplíquese las pérdidas por combustión incompleta de la escala de la derecha por el 51%.



Todos los volúmenes son con $T = 15.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $P = 1.033\text{ kg/cm}^2$

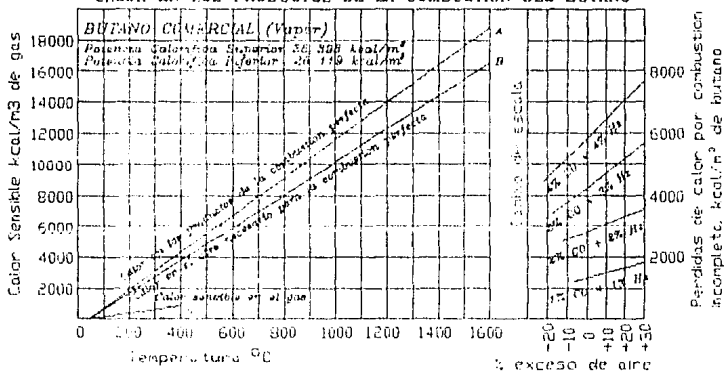
Densidad del gas = 0.77 Kg/m^3

Aire necesario para la combustión perfecta: 12.85 kg o $10.5\text{ m}^3/\text{m}^3$ de gas

Peso específico de los productos de la combustión con relación al aire = 0.955

Análisis del gas en volumen	CH ₄	87.0%	Productos de la combustión Perfecta:			
	C ₂ H ₆	7.6%			CO ₂	2.50 kg/m ³ de gas
	C ₃ H ₈	2.7%			H ₂ O	1.00 kg/m ³ de gas
	C ₄ H ₁₀	0.8%			N ₂	11.0 kg/m ³ de gas
	Ne	1.9%			TOTAL	16.00
	Total	100%				

GRAFICA 2.2.3.
CALOR EN LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTION DEL BUTANO



Todos los volúmenes son con $T = 15.5 \text{ }^\circ\text{C}$ y $P = 1.033 \text{ kg/cm}^2$
 Densidad del vapor = 0.57 Densidad del vapor = 2.40 kg/m^3
 Potencia Calorífica Superior = 11 832 kcal/kg o 6 796 Kcal/m³
 Peso específico de los productos en relación al aire = 0.982

Un litro de líquido produce
0.565 m³

Productos de la combustión Perfecta:

CO ₂	2.50 kg/m ³ de gas
H ₂ O	1.90 kg/m ³ de gas
N ₂	11.60 kg/m ³ de gas
TOTAL	16.00

Analisis Elemental	C ₄ H ₁₀	93%
	C ₄ H ₈	7%
	T. Tot.	100%

2.2.6. PERDIDA DE CALOR POR COMBUSTION INCOMPLETA.

En muchos hornos industriales, salen los combustibles sin que se haya realizado la combustión completa; para reducir la oxidación de la carga, los usuarios mantienen a veces, los hornos con atmósferas cargadas de humo.

Con una relación de combustible de aire teóricamente correcta, no se completa la combustión o menos que el combustible y aire estén completamente mezclados. Aun con exceso de aire se encuentra en ocasiones combustible en los gases quemados, y por lo tanto, la cantidad de calor perdido de esta manera, no depende solamente del tipo de quemadores y horno, sino también de los requisitos de funcionamiento.

En las etapas iniciales de la combustión se forman compuestos tales como C_2H_2 con exceso de aire, oxidándose estos compuestos a CO_2 y H_2O . Si se entran los productos de la combustión parcial se forma hollín.

Varios investigadores han encontrado que cuando está presente el CO , está acompañado de una cantidad aproximadamente igual de H_2 ó de $\text{H}_2 + \text{CH}_4$. El metano aparece en los hornos de baja temperatura cuando está presente el H_2 .

Cómo la pérdida producida por la combustión incompleta depende de los volúmenes iguales de CO y H_2 , debe determinarse la pérdida por el CO .

El porcentaje de CO en los gases quemados no constituye una medida directa de las pérdidas debidas a la combustión incompleta, basándose en el hecho de que un peso dado de carbono da el mismo volumen, se quemó en CO ó en CO_2 , y que ambos gases se miden por análisis de los gases quemados, y se obtiene la siguiente expresión de la pérdida debida a la combustión incompleta del carbono.

$$L = 5.638 c + \frac{\sum CO}{\sum CO + \sum CO_2}$$

Siendo 5.638 el calor desarrollado al quemar 1 Kg. de carbono a CO_2 y a CO donde c es total a la tracción en peso del carbono en el combustible que se quema. Si escapa tanto H_2 como CO sin quemar, la pérdida adicional, basándose en la potencia calorífica inferior, es el 80% de la anterior. La pérdida total debida a la combustión incompleta es:

$$L = 10810 c + \frac{\sum CO}{\sum CO + \sum CO_2}$$

La tabla número 2.2.3. da una idea de las pérdidas debidas a la combustión incompleta para los diferentes combustibles.

Puede obtenerse una mejor comprensión de las pérdidas debidas a la combustión incompleta consultando las gráficas 2.2.2. y 2.2.3., variando según la cantidad de hidrocarburos, para el cálculo de calor de los productos de la combustión del gas natural y del butano comercial, en las cuales se aprecian las pérdidas en la parte derecha. La observación muestra que un porcentaje dado de CO de los gases quemados significa una mayor pérdida de calor a medida que aumenta el exceso de aire empleado en la combustión. en la práctica la mayoría de los hornos industriales trabajan con falta de aire, además es obvio que la aparición simultánea de CO y H_2 en los gases quemados es el resultado de una mala mezcla del combustible y del aire.

En los hornos equipados con regeneradores o recuperadores, parte del calor potencial del combustible sin quemar, que sale del horno, puede recuperarse por adición de aire a la salida del horno. El volumen de aire que se admite de esta manera debe controlarse con toda exactitud. Una cantidad excesiva de aire secundario, anula el objeto de la recuperación de calor, entrando los productos de la combustión.

TABLA 2.2.3.

COMBUSTIBLE	Pérdidas de calor indicadas por la presencia de gases quemados secos (cuando no existe escasez ni exceso de aire)	
	1% Co + 1% H2	1% Co, sin H2
	% de la potencia calorífica superior	% de la potencia calorífica superior
CARBON, 70% CARBONO	5.94	3.17 (*)
CARBON, 80% CARBONO	6.00	3.20 (*)
ACEITE	5.53
GAS NATURAL	5.02
GAS DE BATERIA DE COK	4.78
GAS DE GASOLINA (BRUTO O LIMPIO)	7.50
GAS DE AGUA	4.60
COK	3.42
GAS DE ALTO HORNO	5.17

(*) La pérdida varía según la cantidad de hidrocarburos

Las unidades son dadas en Kcal por metro cuadrado.

2.3. EFEECTO DEL PODER CALORIFICO DEL COMBUSTIBLE.

La potencia calorifica de un combustible es la energía liberada por unidad de peso o volumen del mismo. Para los combustibles sólidos y líquidos, la potencia calorifica se expresa en kcal por kg., y para los gases en kcal por metro cúbico de gas, medido a una temperatura de 15.5 °C y a una presión absoluta de 760 mm de mercurio.

Los combustibles que contienen hidrógeno tienen dos potencias calorificas: superior e inferior. La potencia calorifica inferior es el calor liberado por kilogramo de combustible, después de deducir el necesario para vaporizar el agua formada por la combustión del hidrógeno. La potencia calorifica superior de un combustible es la obtenida mediante un calorímetro de volumen constante en el cual el vapor producido se condensa y se recupera su calor.

La potencia calorifica de un combustible puede determinarse por cálculo, o bien, mediante el empleo de un calorímetro.

Al calcular la potencia calorifica de un combustible a partir del análisis elemental, únicamente se tiene en cuenta el carbono, hidrógeno y azufre; sin embargo, no todo el hidrógeno dado por el análisis elemental es útil para la combustión, debido a que una parte se encuentra ya combinada con el oxígeno, intrínsecamente en forma de humedad. El hidrógeno útil dado por $H - \frac{CO_2}{8}$ en donde H y O representan las partes proporcionales de hidrógeno y oxígeno en peso por kilogramo de combustible.

La energía liberada por la combustión completa de 1 Kg. de cada uno de los siguientes elementos es: Carbono 8148 Kcal, Hidrógeno 34220 Kcal y azufre 22605 Kcal.

Para el cálculo de la potencia calorífica de un combustible se emplea la fórmula de Pulong, basada en las proporciones y peso del carbono total, hidrógeno útil y azufre, mostrándose a continuación:

$$\text{Kcal/Kg} = 8148 C + 34220 (H - O/8) + 22605 S$$

Donde: C, H, O, y S son respectivamente los pesos de carbono, hidrógeno, oxígeno y azufre por kilogramo de combustible, la fórmula de Pulong da un valor aproximado de la potencia calorífica superior del combustible

2.3.1. CALOR DE COMBUSTION Y CALOR DE FORMACION.

Ordinariamente, un cambio químico va acompañado por una generación o una absorción de calor. La unión de un combustible con el oxígeno produce calor, y el calor así generado cuando una libra de combustible es quemada completamente se llama calor de combustión o valor calorífico del combustible, o también poder calorífico del mismo. Las potencias caloríficas se determinan experimentalmente por medio de calorímetros, en los cuales se enfrían los productos de la combustión hasta la temperatura inicial y se mide el calor absorbido por el medio refrigerante. A ésta se le llama valor calorífico alto.

El calor transferido (calor de combustión) durante una reacción de combustión se calcula a presión constante, o bien, a volumen constante. La primera ley de la termodinámica se usa en el análisis de cualquiera de los dos procesos.

El cambio de entalpia que resulta cuando se forma un compuesto a partir de sus elementos isotérmicamente y a presión constante es numéricamente igual, pero de signo contrario, al calor de formación $\Delta H_f = -Q$. Es igual a la diferencia de calores de combustión de los elementos constitutivos del compuesto y el calor de combustión del compuesto mismo. Los siguientes valores de los calores de combustión están en calorías por kilogramo del compuesto. Los elementos antes del cambio y los compuestos formados se suponen en sus estados estables ordinarios a 25 °C. y a 1 atm. un signo más indica calor desprendido al formarse el compuesto, mientras que un signo menos significa calor absorbido del medio circundante.

Excluyendo el efecto de disociación, la temperatura alcanzada al final de la combustión se puede calcular por un simple balance de energía. El calor de combustión menos el calor perdido por la conducción y radiación durante el proceso es igual al incremento de energía interna de la mezcla de productos si la combustión se efectúa a volumen constante; o bien, si la combustión tiene lugar a presión constante, la diferencia es igual al incremento de entalpia de la mezcla de productos.

La temperatura máxima que puede alcanzarse para la combustión de cualquier combustible está limitada por la disociación de los productos formados. La disociación y los equilibrios que comprende la combustión a temperatura elevada son extraordinariamente complejos, interviniendo en ellas especies químicas tales como CO_2 , CO , H_2O , H_2 , H , OH , N_2 , NO , N , O_2 y O .

2.4. TEMPERATURA ALCANZADA EN LA COMBUSTION.

La temperatura máxima que puede alcanzarse para la combustión de cualquier combustible está limitada por la disociación de los productos formados. La disociación y los equilibrios que comprende la combustión a temperatura elevada son extraordinariamente complejos, interviniendo en ellas diversas especies químicas. En la tabla siguiente aparecen las temperaturas calculadas de la flama, con margen por disociación para los combustibles gaseosos en cantidades establecidas del aire presente. Se supone que la combustión es adiabática y a presión de 1.033 kg/cm².

Excluyendo el efecto de disociación, la temperatura alcanzada al final de la combustión se puede calcular por su simple balance de energía; El calor de combustión menos el calor perdido por la conducción y radiación durante el proceso, es igual al incremento de energía interna de la mezcla de productos.

DISOCIACION Y TEMPERATURA DE LA FLAMA

TEMPERATURA (°C)	Disociación en %
1203	0.07
1302	0.24
1511	0.70
1850	1.85

3. CONTROL DE LA TEMPERATURA .

Según las especificaciones realizadas por los metalurgistas, el objetivo del control de la temperatura es:

- 1) Poner la superficie expuesta de la carga a una temperatura determinada y mantener esta temperatura constante, respecto al tiempo, hasta que se haya alcanzado una uniformidad específica de temperatura.
- 2) Variar la temperatura de la carga, de acuerdo con un ciclo de calentamiento y enfriamiento especificados previamente.

En cualquiera de los dos casos se desea mantener uniforme la temperatura de la carga, con respecto a su colocación en el horno. Las razones para alcanzar una temperatura en la carga y mantenerla constante, son específicas para cada proceso determinado (laminación, forja, doblado, extruido, recocido y tratamiento térmico) y para cada material existe una temperatura mínima que se debe mantener para que el proceso sea satisfactorio. Una temperatura que supere mucho el valor requerido no solamente es un desperdicio de calor, sino que también tiene, a veces, efectos indeseables, tales como: oxidación excesiva, descarburación y averías en el proceso.

3.1. DISTRIBUCION Y UNIFORMIDAD DE LA TEMPERATURA.

3.1.1. CONTROL DE LA TEMPERATURA EN FUNCION DE LA POSICION DE LOS QUEMADORES.

Se consigue la uniformidad de la temperatura en función de la posición del horno, si todas las superficies de la carga expuesta reciben la misma cantidad de calor por unidad de tiempo como ocurre con los hornos discontinuos. En los hornos continuos la temperatura debe ser uniforme en toda la anchura del horno.

Se sabe que para algunos procesos la uniformidad de la temperatura del horno no da los mejores resultados, por ejemplo: en un tren abocardador de tubos, todas las partes de un tubo largo deberán alcanzar el tren a la misma temperatura, para este fin, cuando sale del horno el extremo final del tubo, este debe de salir más caliente que la parte delantora. el tubo sale rodando lateralmente del horno.

La verdadera uniformidad, con respecto a la colocación, se obtiene con mucha dificultad por el control automático por sí solo, es más bien, el resultado del buen diseño y funcionamiento del horno.

Los factores que afectan la uniformidad de temperatura de un horno son las siguientes:

A) Factores de diseño:

- (1) Disposición de los quemadores.
- (2) Tipo de quemadores (de flama luminosa o de gas puro)
- (3) Velocidad y dirección de los productos de la combustión para producir la circulación más adecuada (circulación forzada).
- (4) Altura de los quemadores.
- (5) Altura de la bóveda (En hornos de altas temperaturas).
- (6) Disposición de las entradas de calor salidas y paredes de la cufia.

B) Factores de funcionamiento:

- (1) Disposición de la carga.
- (2) Ajuste o cierre de los quemadores con el proceso de calentamiento:

Los hornos de alta temperatura, en los que es ventajoso emplear un único quemador de alto nivel, son raros.

Para producir la uniformidad de temperatura bajo un amplio campo de calefacción, las entradas de calor deben ser pequeñas, comparadas con la sección transversal de la cámara de combustión, puesto que si la superficie del tubo de distribución es tan pequeña que los productos de la combustión (completa o incompleta) fluyen a gran velocidad, la presión de la flama del extremo más lejano al quemador es mayor que la del extremo más próximo al mismo, donde puede existir un pequeño vacío. Si las entradas de calor están ajustadas para contrarrestar la diferencia de presión, entonces se hallan desajustadas para hacer la reducción. En una cámara de combustión espaciosa, la recirculación casi elimina las diferencias de presión. La uniformidad de temperatura existe con un alto calentamiento y una reducción parcial. Las entradas de calor son aberturas,

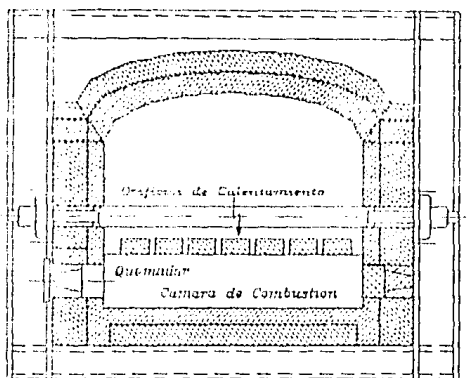
a través de las cuales pasan los productos de la combustión, procedentes de la cámara de combustión.

Las entradas de calor se encuentran en la soleras de los grandes hornos con calefacción por la parte inferior, como se muestra en la figura 3.1.1.

Cómo se sabe, la pieza debe situarse tan elevada por encima de la solera, que no se produzcan puntos calientes.

La radiación y convección del calor a la pieza se iguala por paredes de semiafla (stornallamas). Dichas paredes que también se pueden construir de carburo de silicio, radian el calor en el espacio próximo al lado caliente, y reducen la transferencia de calor a las piezas que se hallan próximas a la fuente de calor. La radiación secundaria se muestran por la radiación desde una partícula como lo muestra la figura 3.1.2, donde se señala la dirección de un rayo: la radiación primaria y secundaria y la reflexión de los productos de la combustión y de las paredes, producen una temperatura bastante uniforme de la pared de la sufla, excepto en aquellos puntos donde una flama opaca toda la pared de la sufla (figura 3.1.2).

Cuando se emplean paredes de semiafla con hornos con calentamiento por la parte inferior, la circulación que es inducida por un quemador iguala aún más la temperatura, esta combinación se encuentra en los hornos pequeños con calentamiento por la parte inferior, tales como el que aparece en el esquema de la figura 3.1.3. Los hornos con calentamiento por la parte inferior, diseñados correctamente, garantizan una uniformidad excelente de la temperatura en la gama de temperaturas comprendida entre los 701 y 883 °C.



HORNO DE SOLERA SOBRE RODILLOS CON CALEFACCION EN LA PARTE INFERIOR

FIG. 3.1.1.

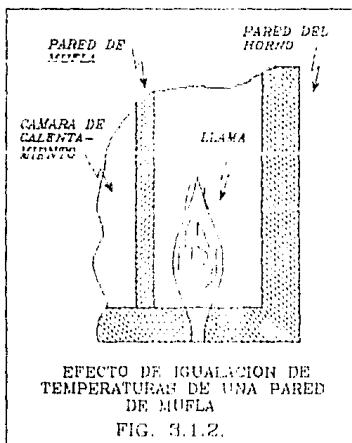
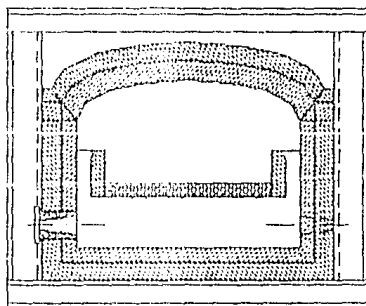


FIG. 3.1.2.



HORNO DE SEMIMUFLA CON CALEFACCION POR LA PARTE INFERIOR

FIG. 3.1.3.

3.1.2. CONTROL DE LA TEMPERATURA Y FUNCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION.

El poner la superficie expuesta de la carga a una determinada temperatura y mantener dicha temperatura casi constante, es relativamente sencillo. La determinación del tiempo necesario para poner la parte más fría de la carga a la temperatura determinada es más difícil, ya que exige la localización del punto más lento en calentarse, y luego, la colocación de un aparato medidor de temperatura en dicho lugar. La localización del punto más frío se logra con la experiencia adquirida del operador. La colocación de un pirómetro en la parte más fría de la pieza es posible en ciertos casos, dependiendo de la forma de la carga. En el calentamiento de grandes piezas, el punto lento se halla en el interior de la pieza y es inaccesible. La probabilidad de dañar el instrumento, durante la carga y descarga es elevada. Si no se instala un pirómetro en dicho punto, se sigue el método siguiente: Se realiza una prueba con una carga típica, en la que un pirómetro de punto lento indica el tiempo de retardo entre la nivelación de la curva de la temperatura del horno y el tiempo en que el punto lento alcanza la temperatura indicada.

"Es más conveniente medir y controlar la temperatura del horno que de la pieza". La temperatura del horno es la que existe en el interior de un tubo cerrado, que sobresale una cierta distancia de la bóveda o de la pared lateral y que protege al dispositivo de medida. El tubo recibe radiación de la bóveda y de las paredes. En el caso de resistencias eléctricas, tubos radiantes y gases que se hallan en el horno, la envolvente del tubo irradia calor a la carga, mientras se está calentando la carga, la temperatura del horno es una temperatura intermedia difícil de controlar con exactitud. Cuando se alcanza la temperatura de calentamiento en la carga, las superficies expuestas de la misma alcanzan una temperatura que iguala a la de la bóveda, paredes laterales y gases del horno. En la gráfica 5-1-1 se muestra esta serie de procesos.

La instalación del pirómetro deberá hacerse, preferentemente, cerca del punto de la carga que alcanza más rápidamente las temperaturas finales; no debe instalarse en una corriente de combustible quemado, ni próximo a los quemadores, y tampoco cerca a una puerta que se abra frecuentemente.

Cuando la curva del nivel de temperatura se estabiliza, significa que la superficie de la carga expuesta ha alcanzado la temperatura deseada, pero no suministra información acerca de la temperatura del punto más lento de la carga.

En los hornos en los que la carga se mueve continuamente, el control de la temperatura del horno sirve para poner la superficie externa de la pieza a una temperatura dada en el extremo caliente la uniformidad de la temperatura de la pieza depende del tiempo que esté en el horno.

Lo mismo ocurre con hornos que se mantienen continuamente por sustitución inmediata de una pieza caliente por otra fría.

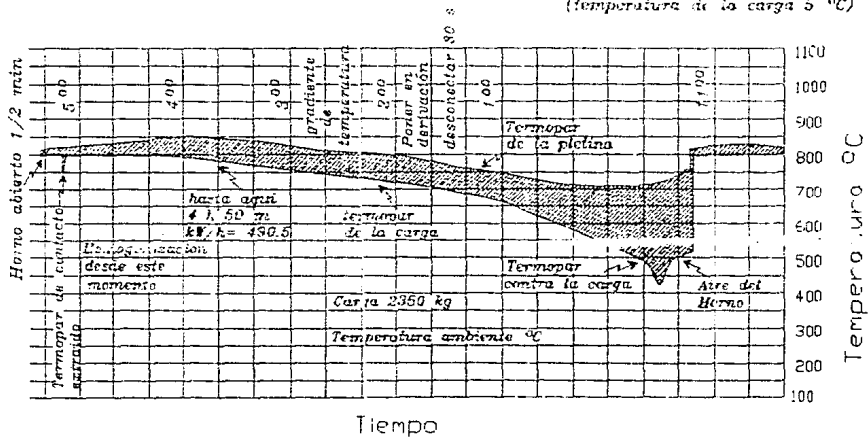
Cuando la temperatura excede a la especificada, alcanza un sobrecalentamiento que puede causar un mayor perjuicio en la carga. Esta temperatura varía con las propiedades del metal con que es construido el recuperado, como son: resistencia mecánica, ductibilidad (a elevadas temperaturas) y resistencia a la corrosión.

A continuación se muestra un gráfico temperatura-tiempo de un horno de control automático. El límite superior de la curva representa la temperatura del horno próxima a la pletina de resistencia; el límite inferior representa primero la temperatura del aire en un horno abierto y, segundo, la temperatura de la superficie exterior de la carga.

GRAFICA 3.1.1.

GRAFICA TEMPERATURA-TIEMPO DE UN HORNO CON CONTROL AUTOMATICO

Horno abierto y puesto en carga
2350 kg a las 1 de la mañana.
Horno abierto 1 min 12 seg
(temperatura de la carga 5 °C)



3.2. PRESION REQUERIDA PARA LA APLICACION DEL GAS.

La presión en el aire que se necesita para los quemadores se origina por un ventilador que trabaja en caliente, siendo preferible equipar al ventilador con un registro de mariposa en el lado de la presión para mantener mayor control en el suministro del mismo.

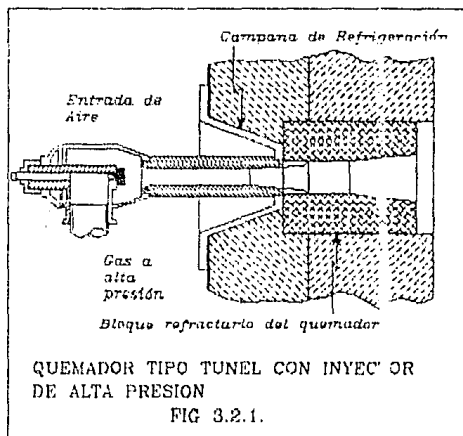
Si el flujo impulsor es el aire para la combustión y el gas combustible el conocido mezclador proporcional, el peso del aire es tan grande, en comparación con el peso de los gases ricos empleados normalmente, que la aspiración puede realizar fácilmente una reducción de presión (vacío) en la garganta de un tubo venturi. El gas combustible pasa por un regulador de diafragma y penetra en el mezclador a la presión requerida. La presión de la mezcla en el quemador se reduce para evitar la caída de presión en las tuberías, si se utiliza un regulador a cero para un cierto número de aspiradores, la pérdida de presión a través de la tubería de gas debe ser la misma para todos los quemadores, consiguiéndose la misma relación gas-aire en todos los dispositivos de calentamiento.

Las elevadas velocidades de los gases a través de tuberías de gran longitud producen una mejor transmisión del calor por unidad de superficie. Debe evitarse la entrada incontrolable de aire frío al interior de los hornos de calentamiento de metales, para ésto, se mantiene un ligero exceso de presión en los hornos a través de los cuales circulan productos de la combustión. A causa del efecto de tiro en el exceso de los hornos de calentamiento, la presión debe ser algo más elevada (1.2 mts columna de agua) si se mantiene la temperatura en la zona de homogenización.

Una presión de horno de 0.53 mm de columna de agua imparte velocidades entre 3 y 6 metros seg. a los gases que salen del horno según la temperatura, permitiendo con ello el empleo de los quemadores de aspiración.

Un quemador de aspiración es aquel en donde el chorro de aire, a una presión de 0.0714 kg/cm² se introduce en el quemador en forma de garganta de venturi, y crea una depresión necesaria para aspirar el gas. El gas se mantiene a la presión atmosférica mediante el gobernador a cero en cada quemador, o aplicando a un grupo de quemadores, obteniéndose la relación deseada aire-gas, por medio de una válvula de ajuste sensitivo en la temperatura de mezcla, para introducir una resistencia al flujo de gas. Después de este ajuste, el flujo de gas permanece directamente proporcional al del aire con una amplia gama de ajuste.

En la figura 3.2.1. aparece un quemador del tipo túnel con un inyector de alta presión.



Cuando mayor sea el potencial calorífico del gas, mayor cantidad de aire puede introducirse (inyectarse) por una unidad de volumen de gas. El aumento de la inyección de aire se consigue mediante el aumento de la presión del gas. Para un combustible que necesite un volumen de aire igual a 8 veces su propio volumen, la presión del gas necesaria es de 0.7 kg/cm². Para una relación aire-gas superior de 8 a 1 se recomiendan presiones de 1.75 kg/cm². La elevada presión del gas se usa para una inyección apropiada con reducción métrica que es aprovechada en el día.

Los inyectores de alta presión que se utilizan con quemadores de propano se hallan equipados con inyección en dos superficies, si el combustible tiene un poder calorífico superior a 7119 kcal/m³.

3.2.1. PRESION DE LOS HORNOS, TAMAÑO Y SITUACION DE LOS ORIFICIOS DE SALIDA DE LOS GASES.

Una columna de aire caliente pesa menos que una columna de aire frío de igual altura, la cual corresponde, naturalmente a la atmósfera exterior. La diferencia en peso produce un incremento de presiones que se conoce como "tiro" y se expresa en su columna de agua. El "tiro" es proporcional a la diferencia de densidad entre el aire caliente y el frío.

En relación con las condiciones de presión en los hornos deben observarse las dos reglas siguientes:

- 1) En el calentamiento de metales, la presión en la cámara de combustión debe ser igual a la atmosférica o algo superior a ésta, con cualquier tasa de calentamiento.
- 2) Cuanto más baja es la temperatura de calentamiento del material, mayor es la necesidad de una circulación completa

de los gases en la cámara de calentamiento, especialmente si se trata de material apilado o enrollado que ha de calentarse rápidamente y con gran uniformidad.

La razón por la que debe existir presión atmosférica en la cámara de calentamiento para conseguir un funcionamiento correcto, es obvia: si fuera mayor que la atmosférica, saldrían flamas o gases calientes por las aberturas, y si fuese más pequeña, entraría aire a través de las puertas y el material sería oxidado, formando escoria; Sin embargo, el aire no es perjudicial en el caso de que se calienten productos cerámicos.

En hornos de cierta altura, es imposible tener presión atmosférica en todos los niveles, porque el horno forma una chimenea o columna de gases calientes. Existe una diferencia entre la presión atmosférica y la presión del horno en algún nivel, llamada "distribución de la diferencia de presión en el horno". Para impedir el acceso de aire, la presión en el horno excede invariablemente de la presión de la atmósfera desde la solera, siendo el exceso en este punto muy pequeño, del orden de 1/3 mm. de presión de columna de agua, mientras que el exceso de presión en la coronación de la bóveda es mucho mayor, dependiendo de la altura y la temperatura del horno. El operario prueba la presión que prevalece al nivel de la solera, observando la salida de una flama o gas caliente por un agujero de observación en la puerta del horno.

La condición deseable de tener un exceso de presión al nivel de la solera se mantiene fácilmente si los productos de la combustión salen cerca de la misma. Esta disposición tiene la ventaja de que los productos de combustión relativamente fríos que vacan sobre la carga son barridos a través de los respiros.

No se recomienda colocar los quemadores directamente a la carga porque la temperatura obtenida en las piezas será mayor a la registrada en la bóveda.

En hornos de gran calentamiento, la abertura-respiro debe ser amplia, para los hornos de calentamiento medio el área de la abertura-respiro será menor.

con el fin de sobredimensionar ligeramente los respiraderos y canales de humos, deben determinarse las dimensiones que se necesitan para un consumo de calentamiento máximo. Las dimensiones requeridas son función del tiempo, volumen y temperatura de los productos de combustión que fluyen y de la pérdida admisible de carga.

En estos cálculos es de utilidad el siguiente dato: la liberación de una cantidad unitaria de kilocalorías origina un peso casi constante de productos de combustión, independientemente del tipo de combustible, excepto para el gas del alto horno.

La tabla siguiente que para un horno pequeño (canal de humos bajo y sección transversal pequeña) y para bajas temperaturas, la velocidad a través de los canales de humos y respiris es recomendable sea baja (4.2 m/seg) para evitar una presión excesiva del horno.

También puede observarse que en los hornos grandes con elevada temperatura las velocidades admisibles alcanzan hasta 12 m/seg.

VELOCIDAD EN LAS CHIMENEAS
TABLA 3.2.1.

TEMPERATURA EN LA CUBA	649			871			1204		
ALTURA "H" (EN METROS)	0.911	2.44	60.96	0.911	2.44	60.96	0.911	2.44	60.96
TAMAÑO DE CHIMLNEA (EN MTS.)	VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA EN LA CHIMENEA Y LA CUBA (M/S)								
0.114 X 0.114	4.24	5.49	6.93	4.81	6.31	8.04	5.58	7.34	9.36
0.114 X 0.228	4.30	5.67	7.47	4.91	6.55	8.62	5.70	7.68	10.06
0.228 X 0.228	4.39	5.91	8.05	5.00	6.83	9.30	5.82	7.98	10.91
0.457 X 0.457	4.45	6.16	8.72	5.09	7.10	10.06	5.91	8.32	11.06

3.2.2. PRESION REQUERIDA DEL AIRE.

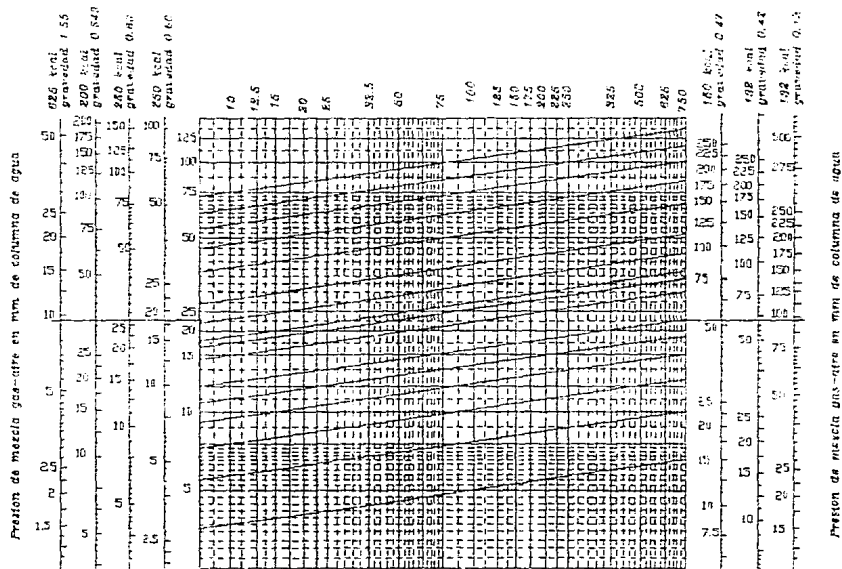
Si el aire entra en el horno solamente por su propia fuerza ascensorial, la construcción de los conductos se hace de una sección transversal tan amplia como le permita el espacio, con vistas a conseguir en ellos una efectiva transmisión de calor, pero las pérdidas de rozamiento superan a las producidas por la fuerza ascensorial, lo que es imposible, por esta razón, la velocidad real del aire en las cámaras refractarias de los conductores con flujo producido por fuerza ascensorial varía entre 0.46 y 1.24 m/seg., mientras que la velocidad del gas varía entre 0.61 y 0.91 m/seg., para gas pobre. Estas velocidades son tan bajas que la pérdida de carga o la pérdida de tiro producidas por la resistencia del llenado del regenerador es muy pequeña.

La altura total disponible producida por la fuerza ascensorial puede calcularse partiendo de la altura de los orificios sobre la entrada de aire frío.

Dicha altura está comprendida entre 5 y 9 mm. de columna de agua, en la entrada de aire frío se deberá dejar un margen para evacuar aproximadamente una quinta parte de esta altura cuando están limpios los canales de humos y los regeneradores con el fin de mantener un flujo completo. Es también conveniente utilizar algo de la altura producida por la fuerza ascensorial como altura dinámica para mezcla el combustible y el aire a la entrada de la cámara de combustión. Es deseable una velocidad de 15 m/seg., pero no puede lograrse con tiro natural, porque a una temperatura del aire de 815 °C esta velocidad necesita una altura de 3.9 mm de columna de agua, la cual, deducida de la altura disponible, no deja lo suficiente para vencer la fricción de los canales de humos y de la válvula. La velocidad baja del aire obstaculiza la combustión rápida. Se recomienda enclavar el mecanismo de cambio de la velocidad del ventilador de empuje, de lo contrario el operario tiene que ajustar continuamente la velocidad del ventilador a la espera de calentar la carga a un mayor ritmo.

GRAFICA 3.2.1.

NOMOGRAMA PARA CALCULAR LA PRESION DE MEZCLA ADECUADA, ASI COMO LAS DIMENSIONES DEL ASPERADOR



La gráfica anterior nos permite calcular la presión de gas necesaria para obtener una mezcla adecuada, así como las dimensiones del aspirador.

3.2.3. ORIFICIOS DE SALIDA DEL GAS EN LOS QUEMADORES Y SUS PARAMETROS.

Muchos factores influyen en el diseño y operación de los quemadores, y la correcta selección de los orificios de salida del gas no son una excepción. La incorrecta elección de los orificios de salida de gas pueden convertirse en una auténtica pesadilla de ingeniería. Experimentos con orificios es tan importante como las mismas dimensiones del quemador.

En la selección de los orificios existe un factor denominado "K", que no es otra cosa que la relación existente entre el flujo real a través de un orificio y el flujo teórico a través de un "perfecto orificio" sin pérdidas. Las aplicaciones más típicas de los factores "K" se encuentran en el rango de 0.80 y 0.90. Lo más común es que los orificios tengan un factor "K" de 0.87. La siguiente fórmula nos indica las relaciones existentes entre los diferentes conceptos que se toman en cuenta para la selección de los orificios de salida de gas:

$$q = 1450.5 \text{ K } \sqrt{A} \sqrt{H/d}$$

- donde:
- q = flujo, en pies cúbicos por hora.
 - K = factor "K" del orificio.
 - A = Área del orificio, en pulgadas cuadradas.
 - H = presión de gas en un orificio en pulgadas columna de agua.
 - d = Gravedad específica del gas (aire = 1.0)

3.3. DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO DEL HORNO.

El grado de mezcla a la entrada de la cámara refractaria del quemador puede variar, bien por diseño o en situaciones determinadas. La longitud de la β del cono de mezcla puede cambiarse en relación del diámetro de la tubería, la mezcla que en una tubería recta se realiza al llegar a un cono de 20° se completa al 100% si éste se encuentra en el interior del tubo. Si se desea ajustar la distancia l a 2 , debe ser flexible la tubería del gas. La velocidad de entrada del gas afecta la mezcla por ejemplo. Un chorro de alta velocidad arrastra el aire de los alrededores y provoca la mezcla. Con una dimensión dada de tubería de gas, se obtiene una gran velocidad de descarga reduciendo la tubería hacia abajo o tapándola y colocando una boquilla en la tapa. Si dicha tapa tiene orificios laterales, se obtiene una mezcla aún más rápida. Si se realiza el ajuste de la velocidad de la mezcla, mientras está funcionando el horno, la modificación que debe realizarse (fig. 3.3.1.). Se emplea rara vez, porque ello supone un ajuste continuo del quemador.

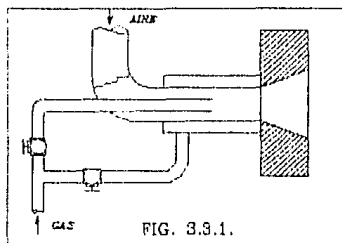
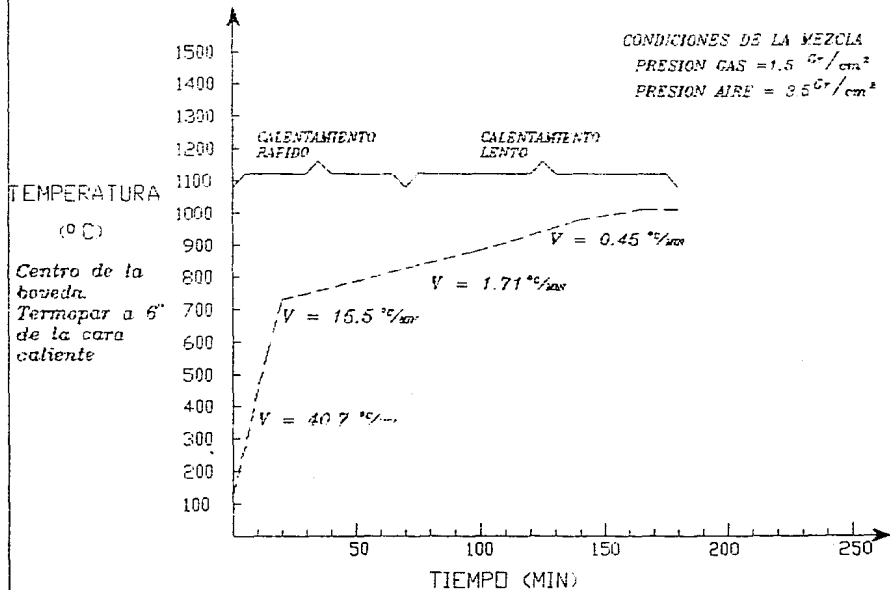


FIG. 3.3.1.

GRAFICA DE LA VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO

HORNO ROTATORIO "TURMANN"



GRAFICA 3.3.1.

La mezcla debe ser total en la tobera, el proceso de mezcla debe comenzarse antes de la tobera, ya que la turbulencia puede producirse tanto en la misma, como en la cámara refractaria del quemador. Además, debe instalarse al final de la tobera un aparato de ignición y de retención de la flama. El gas combustible que se encuentra a una presión ligeramente a la atmosférica se introduce en la corriente radialmente a través de un cierto número de pequeños orificios. Debido a que el diámetro de la tobera es inferior al de la cámara refractaria del quemador, existe un anillo de retención de la flama plana, más allá de la cual se encuentra un espacio muerto que se halla repleto de turbulentos remolinos. Con la capacidad nominal del quemador, los productos de la combustión dejan la cámara refractaria a una velocidad superior a los 120 m/seg. Se necesita una presión aproximada de 2032 mm de columna de agua para acelerar los gases a dicha velocidad. La capacidad nominal se basa en una presión de aire de 0.27 Kg/cm².

Como se explicó anteriormente, se da esta situación principalmente en los hornos continuos de calentamiento de metales. También existe en aquellos hornos discontinuos en los que la carga se calienta al principio muy rápidamente, caso en el que el aire excede al gas en cantidad y en peso específico, prevalece el movimiento del aire y resulta una buena mezcla.

Si la flama del gas está en el centro del quemador, es recogido y mezclado con el aire en movimiento turbulento. Para que la turbulencia del aire sea eficaz, se admite el aire casi tangencialmente en el conducto a alta velocidad, el efecto de la turbulencia no se reduce por la fricción en el quemador si el aire se envía muy cerca o al borde del quemador.

La finalidad de los quemadores con exceso de aire es proporcionar una flama estable que reduce la temperatura de la misma o incrementa el volumen de los gases quemador.

Según la composición del combustible y la temperatura que se desee en el horno, se utilizan cantidades de aire hasta el 400% de la cantidad teórica (en ocasiones hasta 2000%). La circulación es buena, pero resulta pobre la

economía del combustible porque los gases quemados extraen mucho calor del horno sin utilizar.

El gas y el aire se mezclan y se someten a una presión generada por un ventilador centrífugo, en donde el gas o el aire constituyen el fluido impulsor. Estos aparatos se conocen como mezcladores proporcionales. Cada quemador puede estar equipado con un mezclador proporcional individual, si el aire es el fluido impulsor, el gas se aspira, el peso del gas a aspirar es pequeño si se le compara con el aire aspirador, y por lo tanto, solo es necesaria una presión pequeña. El elemento se llama aspirador de baja presión.

Si por el contrario, se espira el aire por un chorro de gas, la presión del gas debe ser alta, y por lo tanto, solo se necesita un conducto y el aparato se denomina inyector de alta presión.

Una presión de mezcla elevada a una capacidad nominal permite una gama amplia de ajuste y produce también alta velocidad de flujo con tendencia a llevar la flama fuera del quemador.

Para conseguir la combustión completa sin exceso de aire, la composición de la mezcla es la misma, ya sea gas o aire de fluido impulsor, de donde se desprende que la velocidad de la mezcla, para obtener una presión dada de la misma es aproximadamente igual si se emplea cualquiera de los dos fluidos como impulsor. Aplicando este hecho al gas natural y utilizando la ecuación del movimiento lineal, encontramos que la velocidad del gas dentro debe ser 17 veces superior a la velocidad de la mezcla, mientras que la velocidad de aspiración necesaria es de 1/17 o 0.058 veces la velocidad de la mezcla en el extremo de la descarga del fluido impulsor. La pérdida de presión por rozamiento exige que las velocidades sean superiores a las calculadas. El rozamiento es muy grande si se coloca un tubo cilíndrico entre el orificio y el tubo divergente para obtener una mezcla íntima. Si la relación anterior para un aumento y caída de presión pudiera ampliarse a grandes caídas de presión, la presión de impulsión del gas natural debe ser:

(17) $(16/17)^4 \cdot 0.6 = 154$ veces tan grande cuando la aspiración la realiza el gas que cuando lo hace el aire.

Esta relación de presión es solamente una aproximación debido a que el cálculo está basado en un teoría incompleta. en los inyectores de lata presión la velocidad del chorro no es uniforme en toda la sección.

Existen varias razones, respecto a la gran amplitud de velocidades. Los quemadores destinados a lanzar los productos de la combustión a una distancia considerable dentro del horno y activar la circulación llevan velocidades más elevadas.

En la parte inferior de la gama de velocidades se encuentran los quemadores de torbellinos de flama alargada se pretende conseguir una baja velocidad hacia adelante, pero una elevada velocidad tangencial.

En los quemadores corrientes de tipo de mezcla en la tobera, y de soplado cuando se emplean elevadas velocidades, los quemadores son pequeños y baratos, con buena dirección de la flama, pero necesitan ventiladores más costosos y mayor gasto de energía.

Los fabricantes de quemadores han encontrado las velocidades más ventajosas, durante experimentos de laboratorio y experiencia de trabajo. La velocidad de la propagación de la flama (velocidad de retorno) está en función de varias variables, entre otras:

- 1) Composición del gas coabustible.
- 2) La relación del mezcla (gas-aire).
- 3) La temperatura de la mezcla.
- 4) El diametro del conducto a través del cual circula la mezcla.
- 5) La temperatura del conducto por el cual circula la mezcla.

En una serie de datos muy difundidos, se dan los siguientes valores de velocidad en m/seg., para una mezcla correcta aire-combustible: gas pobre 0.325, metano 0.36, monóxido de carbono 0.41, gas de agua carburado 0.56 a 0.75, gas de horno 0.79 a 1.05, hidrógeno 2.7. Estas pruebas se realizaron en laboratorios a la temperatura ambiente y con conductos de pequeño diámetro (9.5 mm.). La influencia del diámetro de la tubería, fue estudiada por Heiligenstaedt. Encontró que una mezcla de gas de horno y aire, la flama se desplazaba a 6 m/seg., en un conducto de 75.4 mm y 11.7 m/seg. en otra de 76.2 mm.

La medida de velocidad es claramente difícil, en especial en un quemador que descarge a un horno. Los fabricantes de quemadores de gas, evitan el problema de forma siguiente: para cada quemador existe una relación definida entre la velocidad y caída de presión a una temperatura dada en el quemador. La relación entre velocidad y caída de presión permite emplear la presión de retorno de la mezcla en lugar de la velocidad de retorno de la flama. Para los quemadores muy grandes que descargan en una corriente no dividida, la presión de mezcla admisible puede ser varias veces superior, ya que la presión es proporcional al cuadrado de la velocidad.

La relación entre velocidad y presión de la mezcla también la presión de la mezcla necesaria para conseguir la capacidad nominal.

Si el fluido matriz es un gas de alta potencia calorífica debe elevarse la presión de dicho gas para que aspire el aire suficiente. El principio ejector se basa en el de la conservación del movimiento lineal.

La ecuación del aspirador es la siguiente:

$$[\text{Masa de la mezcla}] \cdot [\text{Velocidad de la mezcla}] = [\text{masa del fluido re-pulsor}] \cdot [\text{velocidad del fluido re-pulsor}] + [\text{masa del fluido conducido}] \cdot [\text{velocidad del fluido conducido}],$$

Donde la masa es la que fluye en la unidad de tiempo.

La expresión es correcta, si la presión en la entrada y en la descarga son iguales y si la tobera divergente tiene poco rozamiento. Puesto que el fluido conducido llega con esa velocidad, la ecuación se convierte en :

$$\text{velocidad de la mezcla} = \frac{\text{masa fluido impulsor} \times \text{velocidad del fluido impulsor}}{\text{masa de la mezcla (gas + aire)}}$$

Si la velocidad de la mezcla pudiera convertirse sin pérdida en presión, entonces:

$$\text{Presión de la mezcla} = \frac{\text{velocidad}}{2 \text{ g l volumen específico}}$$

La velocidad se refiere al extremo de descarga de la tobera divergente.

Si una corriente de aire o fluido, como el de los productos de combustión de los quemadores, se desplaza a través del espacio, acumula sobre sí mismo partículas de fluido circundante, impartiendo velocidad a las mismas por arrastre viscoso. La corriente principal disminuye su velocidad de tal manera que el producto de la masa móvil por la velocidad permanece aproximadamente constante.

3.4 MEDIOS PARA EL CONTROL DE LA TEMPERATURA.

La temperatura se mide por la dilatación de un sólido, líquido o gas, por cambio de resistencia eléctrica y por la diferencia de fuerzas electromotrices al final de dos alambres diferentes que se unen en el extremo caliente (termopar). Los parámetros de radiación poseen termopares.

Todos estos efectos de la temperatura han sido empleados para la medición de la misma. Los efectos de la temperatura se han agrupado en instrumentos diferentes adaptados a las distintas temperaturas de los hornos. La enorme amplificación que puede obtenerse por medios electrónicos (transductores), han convertido a la mayoría de ellos en aparatos anticuados y ha limitado la relación de los efectos que pueden ampliarse por acción electrónica.

Los principales son:

- 1) Variación de la resistencia eléctrica con la temperatura.
- 2) Variación de la fuerza electromotriz de un termopar con la temperatura

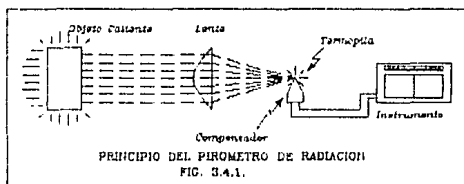
Dichos métodos de medida se empleaban antes de que fuera conocida la electrónica, utilizándose sin amplificación, la cual ha incrementado la gama de medición a temperaturas demasiado bajas como para que puedan medirse con exactitud.

La mayoría de los controles de la temperatura de los hornos se basan en el empleo de termopares, el cual consiste en dos alambres de metales

diferentes. Los alambres se soldan juntos en el extremo caliente. En el extremo frío están conectados a un instrumento de medida (con galvanómetro o un potenciómetro). El termopar normalmente se suministra como parte del equipo de control. La fuerza electromotriz de un termopar, para una temperatura dada de un horno, es función de la composición de los alambres. Los termopares pueden construirse de hierro, cromo, cromoel, níquel, platino y platino-rodio, dependiendo de la gama de temperaturas a controlar. El platino y platino-rodio son útiles hasta las más elevadas temperaturas que existen en los hornos industriales.

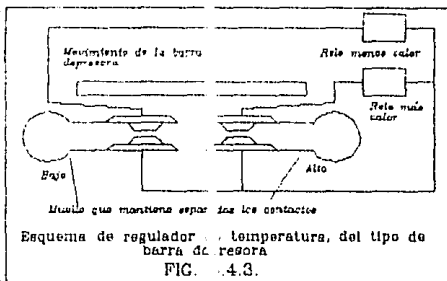
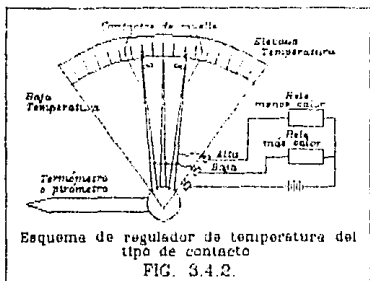
Para evitar la corrosión de los elementos del termopar por los gases del horno, estos se introducen en un tubo protector, que a menudo consiste en dos tubos concéntricos. El tubo interior es metálico, el exterior es de cerámica. Los termopares pueden medir la temperatura del horno aunque no estén instalados en él. En un pirómetro de radiación de cierto número de termopares forman lo que se conoce como una termopila. Los rayos calientes emitidos por un objeto caliente se enfocan por lentes limpias en los lugares calientes de la termopila como aparece en la figura 3.4.1.

El cuerpo caliente puede ser la parte inferior de un tubo retractario cubierto que se expone a la temperatura del horno, a el material calentado. La calibración de los pirómetros en ambos casos es diferente para ambos.



La fuerza electromotriz de la termopila se emplea para realizar el control automático de la temperatura. Las fuerzas electromotrices muy pequeñas median y se equilibraban al principio en un galvanómetro del tipo de suspensión. Se hacía menos delicado por el empleo de pivotes de rubí y se llamaba milivoltímetro. En los dos instrumentos, la fuerza electromotriz produce un par que se equilibra por un muelle capilar e indica la temperatura. Cuando era necesario realizar el control de la temperatura del horno, se empleaba el galvanómetro, siendo obvio que la aguja podría realizar sólo una fuerza insignificamente pequeña y que su movimiento podía emplearse para activar un relé e un servomotor. Su empleo se ilustra en el esquema de la figura 3.4.2. El desgaste de los contactos por los arcos limita el empleo de este instrumento de control, los contactos se hacen más firmes y más positivos en el instrumento que aparece en la figura 3.4.3. Llamado pirómetro de contacto, pero el deterioro de los puntos de contacto causaban molestias. Con el empleo de interruptores de mercurio se solucionaba el problema.

Todos los instrumentos mencionados para un control todo-nada (de dos puntos), donde no se exige una robustez excesiva, no siendo tan apropiados para el control proporcional. En el control proporcional, la velocidad de la llama se reduce y los gases se mueven hacia arriba a lo largo de las paredes, no se suministra calor a la cámara. Con un control de dos puntos entran flamas periódicamente en la cámara de combustión. El control proporcional de la temperatura se realiza normalmente por medio de potenciómetros.



3.4.1. METODOS DE MEDICION DE LA TEMPERATURA.

La mayoría de los procesos metalúrgicos incluyen el tratamiento de un metal o aleación a una temperatura dada. Además, para obtener las propiedades óptimas en muchas aleaciones, es necesario un control preciso de su temperatura de tratamiento, mediante el empleo de los instrumentos siguientes:

TERMOMETROS. El termómetro ordinario de mercurio puede usarse solamente hasta unos 350 °C, pudiendo extender el rango a unos 550 °C, pero este rango de temperatura se encuentra por debajo del requerido generalmente.

PIROMETROS TERMOELECTRICOS. El principio que emplea es el del efecto Peltier Thomson, consistente en la creación de una F.E.M. entre dos alambres disímiles calentados a temperaturas diferentes entre sus uniones. El sistema que emplea el llamado termopar, es la base del tipo de pirómetro industrial que más se utiliza.

PIROMETROS DE RESISTENCIA ELECTRICA. Se basan sobre el principio de que la resistencia de un alambre metálico varía al elevar su temperatura. El metal generalmente es el platino, devanado sobre una forma de mica, e insertado en un tubo retractario. La variación de la resistencia se determina por un circuito del tipo del puente Wheatstone y la temperatura se determina por medio de una gráfica de calibración previamente hecha.

PIROMETROS DE RADIACION. Cuando se requiere medir altas temperaturas fuera del rango del termopar ordinario, se emplea alguna forma del pirómetro que no requiera el contacto con el cuerpo caliente, si no que mida la intensidad del calor irradiado de su superficie.

Para hacer esto con precisión, debe prevalecer las condiciones de "cuerpo negro" en la superficie radiante. La radiación recibida del interior "encerrado" de la cámara de un horno totalmente hermético, se acerca bastante a las condiciones ideales de cuerpo negro. La fracción de la energía calorífica radiada por una superficie, comparada con una superficie equivalente de cuerpo negro a la misma se llama emisividad de la superficie.

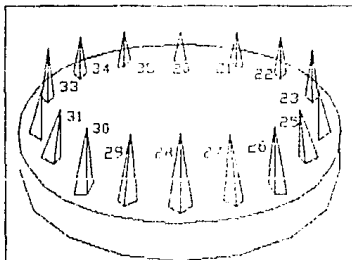
PINTURAS Y CRAYONES INDICADORES. Son materiales de uso particular al efectuar tratamientos térmicos de partes de acero. Las pinturas y crayones cambian de color a apariencia a una temperatura determinada fija. Se hace una marca sobre la pieza con la sustancia, calentándola hasta que ocurre el cambio en color o apariencia.

La ventaja de este tipo de indicador es que asegura la obtención de la temperatura deseada por la componente misma. Frecuentemente, la temperatura que alcanza un componente en la solera del horno, tiene poca relación con la que registra el instrumento (pirómetro) en el techo.

PASTILLAS Y CONOS INDICADORES. Los conos de Seger son pirámides triangulares hechas de varias mezclas de caolín, feldespato, cuarzo, magnesia, cal, óxido de hierro y ácido bórico. La composición se ajusta de tal manera que el cono se inclina y finalmente se deshace a una temperatura crítica. Muchos conos cuyos puntos de fusión son diversos, alrededor de la temperatura estimada, se colocan sobre una plancha plana en la posición más conveniente para su observación. Se considera que ha alcanzado el punto extremo, cuando la punta se dobla y toca la base sobre la cual está sostenida, alcanzando mediciones de temperaturas entre 800 y 1600 °C. La principal desventaja de usar conos Seger es que, el punto extremo se ve afectado por la rapidez del calentamiento y por la naturaleza de la atmósfera del horno.

Las pastillas indicadoras se usan para temperaturas hasta de 900 °C y se funden súbitamente a la temperatura especificada, con un error que se presume no es mayor de 1% - 1%.

En las tablas 3.4.1. y 3.4.2., se muestra el tamaño del cono pirométrico, en función de su refractabilidad de algunos ladrillos, así como también se da su punto de fusión y en la figura 3.4.4. se puede apreciar la aplicación de los conos Seger.



APLICACION DEL CONO SEGER
FIG. 3.4.4

CONO NUMERO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	CO ₂	Punto de fusión (°C)
30	80	10	5	2	1	1	1	1	1	1650
31	75	15	5	2	1	1	1	1	1	1700
32	70	20	5	2	1	1	1	1	1	1750
33	65	25	5	2	1	1	1	1	1	1800
34	60	30	5	2	1	1	1	1	1	1850
35	55	35	5	2	1	1	1	1	1	1900
36	50	40	5	2	1	1	1	1	1	1950
37	45	45	5	2	1	1	1	1	1	2000
38	40	50	5	2	1	1	1	1	1	2050
39	35	55	5	2	1	1	1	1	1	2100
40	30	60	5	2	1	1	1	1	1	2150
41	25	65	5	2	1	1	1	1	1	2200
42	20	70	5	2	1	1	1	1	1	2250

Refractabilidad de los ladrillos de arcilla y alta alumina expresada en cono pirométrico
TABLA 3.4.1.

TABLA 3.4.2.

EQUIVALENCIA DE TEMPERATURA DE LOS CONOS PIROMETRICOS

Cono numero	Punto de fusión		Cono numero	Punto de fusión		Cono numero	Punto de fusión		Cono numero	Punto de fusión	
	°F	°C		°F	°C		°F	°C		°F	°C
12	2440	1335	18	2770	1520	29	3020	1660	34	3205	1765
12-13	2450	1345	18-19	2790	1530	29-31	3040	1670	34-35	3225	1775
13	2460	1355	19	2805	1540	31	3060	1685	35	3245	1785
13-14	2505	1375	19-20	2825	1555	31-31½	3075	1690	35-36	3260	1795
14	2550	1400	20	2845	1565	31½	3090	1700	36	3280	1805
14-15	2580	1415	20-23	2885	1585	31½-32	3105	1710	36-37	3295	1810
15	2605	1430	23	2920	1605	32	3125	1715	37	3310	1820
15-16	2660	1460	23-26	2935	1615	32-32½	3130	1720	38	3360	1850
16	2715	1490	26	2950	1620	32½	3135	1725	39	3390	1865
16-17	2735	1500	26-27	2965	1630	32½-33	3150	1735	40	3425	1885
17	2755	1515	27	2985	1640	33	3170	1735	41	3580	1970
17-18	2765	1515	27-29	3000	1650	33-34	3185	1745	42	3660	2015

3.4.2. NUMERO DE PUNTOS DE CONTROL.

En muchos hornos se emplea un sólo punto de control, debidamente colocado, puesto que más puntos de control podrían causar complicaciones. En algunos hornos de calcinar cerámica se instalan dos pirómetros conectados en serie, la combinación controla la temperatura media.

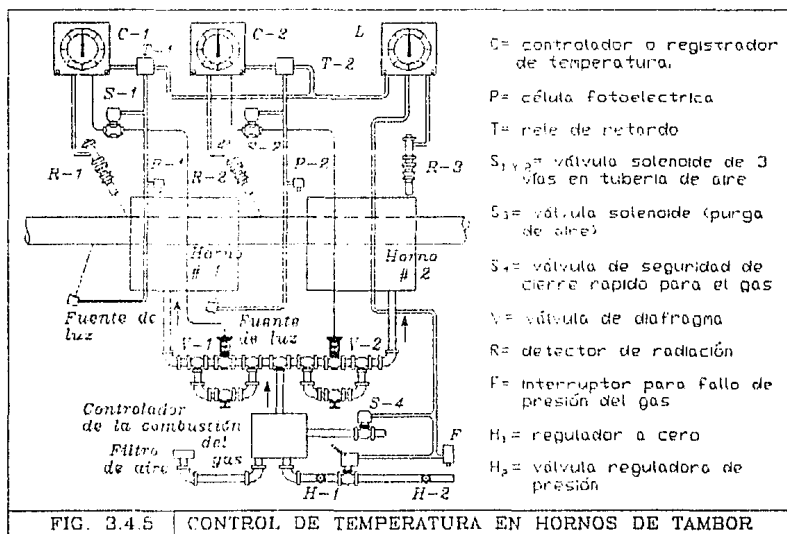
Los grandes hornos continuos de solera recta o giratoria (ver clasificación en apartado 4.1.1., páginas 148-151) se dividen, por lo menos, en dos zonas de calentamiento y homogenización. Cada zona se controla por un pirómetro independiente. Por razones metalúrgicas o por exigencias de fabricación, algunos de estos hornos se dividen en cinco zonas, cada una de las cuales está equipada con un control de temperatura independiente. Las zonas de control independiente son convenientes por razones metalúrgicas, pero frecuentemente producen dificultades en los hornos de elevada temperatura con soleras giratorias.

Muchos hornos continuos de gran longitud para tratamientos térmicos tienen zonas diferentes con el fin de obtener un patrón determinado de calentamiento y refrigeración. Por ello, están equipados con un cierto número de puntos consecutivos de control de la temperatura. No obstante, existen comparativamente pocos hornos continuos para calentar acero a 1205 °C o más, para conformación que estén equipados con más de tres puntos de control. Se emplean muchos controles consecutivos cuando su instalación es requerida por un diseño o funcionamiento especial.

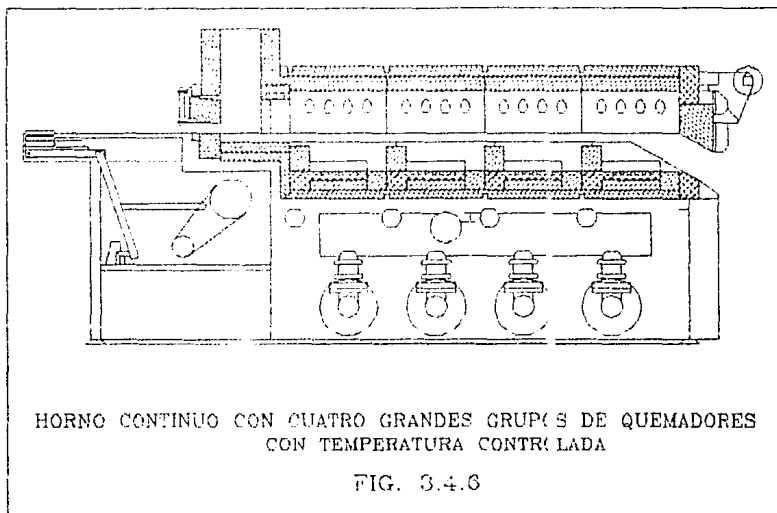
A continuación se describen dos ejemplos de control de puntos múltiples, con suficiente descripción de los hornos para comprender la razón del control múltiple.

Horno de tambor giratorio, que consiste en un cierto número de hornos cortos, a través de los cuales se mueve longitudinalmente la carga. La longitud total de los tubores se determina por la velocidad a la que la carga debe ser alimentada al equipo de fabricación, y por el tiempo necesario para poner la carga a la temperatura deseada. Las temperaturas se controlan de forma que se ajustan al ritmo de calentamiento de las barras o desbastes de diferente espesor y composición. Se acorta el tiempo de calentamiento y se reduce la formación de cascarrilla sobrecalentando ligeramente la superficie y realizando posteriormente una homogenización. En los hornos de tambor, puede medirse continuamente la temperatura de la carga, ya que esto se hace de cada horno con un pirómetro de radiación sobre la barra o el desbaste. Si queda un espacio libre entre dos barras consecutivas, el pirómetro de radiación se ajusta para el máximo suministro de calor. Entonces debe efectuarse otro control.

Este control puede efectuarse de varias maneras, tal como se muestra en el esquema de la figura 3.4.5, que ilustra la instrumentación para parte de un conjunto de trece hornos. Para funcionar ininterrumpidamente es necesario disponer de un instrumentista competente en electrónica.



En la figura 3.4.6 se expone el segundo ejemplo de control, realizado en puntos múltiples. Este horno se asemeja a los del ejemplo anterior, en que como ellos, es circular y tiene dos series de quemadores diametralmente opuestos que se calientan tangencialmente. Se diferencia en que este es un largo cilindro y la carga se impulsa mediante raspadores tubulares. Con este fin, los quemadores se disponen en cuatro grupos, cada uno de los cuales comprende cinco quemadores en cada lado. En situaciones se determina la mejor distribución posible de la temperatura del horno. Las cuatro temperaturas son los puntos de regulación, que se controlan automáticamente.



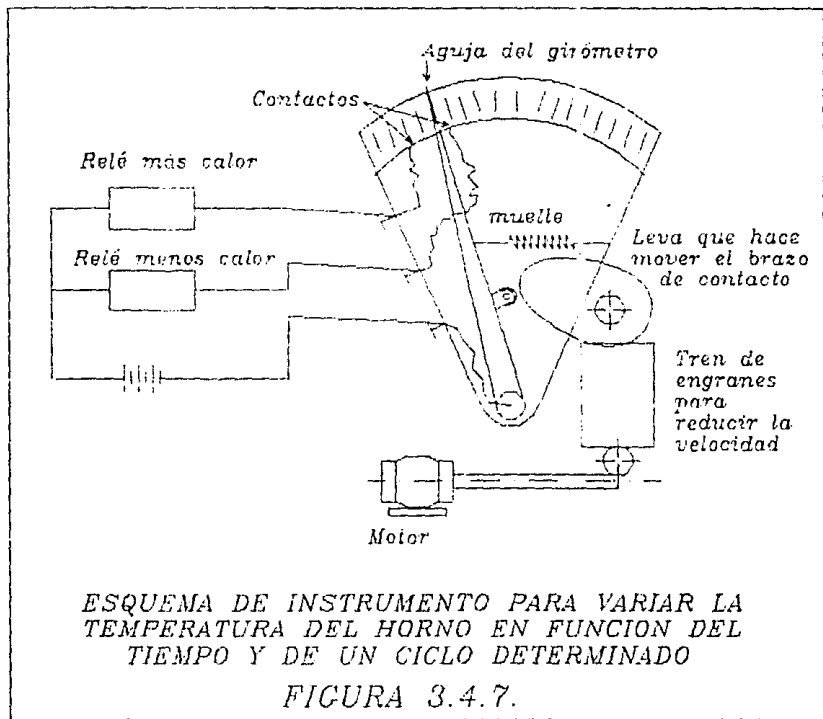
3.4.3. CONTROL PROGRAMADO.

Después de haber hallado una solución del problema de poner la superficie de la carga a una temperatura determinada y mantenerla constante, el problema de la variación automática de la temperatura, que siga una ley o un ciclo, no ofrece dificultades.

Debe recordarse que en el control automático de la temperatura, el galvanómetro o el potenciómetro tienen un ajuste manual para la temperatura (punto de regulación o punto de control) que debe alcanzarse y mantenerse. Todo lo que debe hacerse para conseguir que la temperatura siga un ciclo determinado es hacer que una leva accionada por un motor o un reloj, a través de reductores de velocidad apropiados, mueva el ajuste de control de la temperatura del modo deseado. En el esquema de la figura 3.4.2 se muestra dicho dispositivo en este instrumento. En este instrumento puede emplearse idénticamente una relación de transmisión y una variar la duración de un ciclo o puede emplearse una nueva leva para cambiar las relaciones de temperatura dentro del ciclo. En lugar de la leva puede emplearse un interruptor automático de tiempo, que desconecta el suministro del combustible y aire o de energía eléctrica después de un cierto tiempo, paralizando de este modo la refrigeración de la carga. Los engranes y las levas no pueden seleccionarse y diseñarse al azar. Debe adaptarse al tamaño y al material de las piezas que van a calentarse.

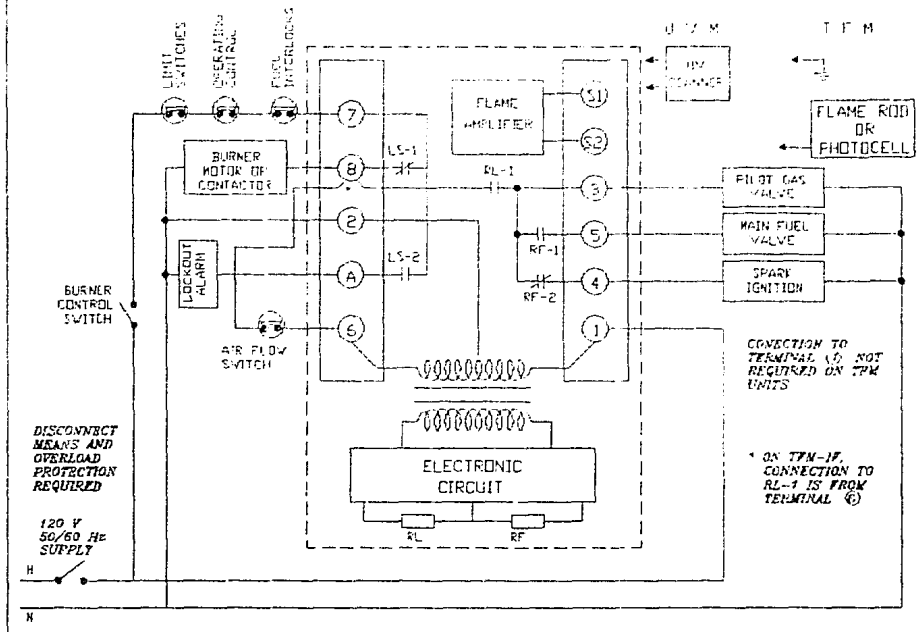
Los instrumentos y aparatos empleados para medir y controlar la temperatura son alcanzado un alto grado de perfección, pero la instalación de instrumentos perfectos no garantiza necesariamente un control perfecto. La colocación del pirómetro y el factor tiempo con el calentamiento de piezas de gran espesor debe tenerse en cuenta en el proyecto. Los dispositivos de control son rara vez (casi nunca) un sustituto de un sirviente del horno, pero son de gran utilidad en su operación.

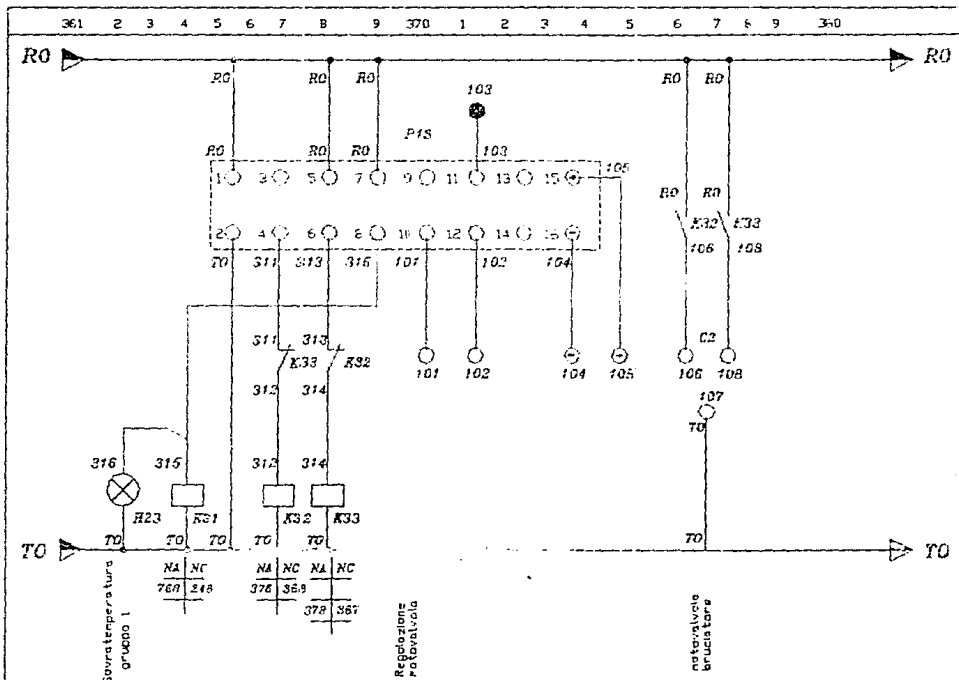
En las siguientes páginas se muestran algunos diagramas de sistemas programados de control de temperatura y sistemas de ignición.



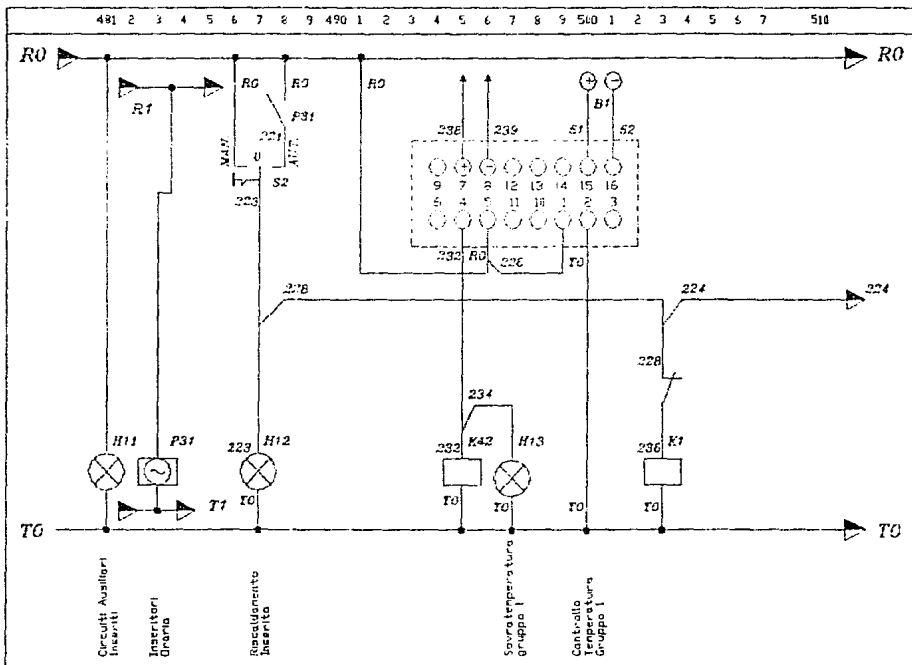
ARREGLO TÍPICO DE CABLEADO PARA QUEMADORES CON IGNICIÓN EN PILOTO
DE CONTROLES DE FLAMA

FIG. 3.4.8.





	PROFF SERVICE TECNICA			DENOMINAZIONE SCHEMA COLLEGAMENTO ATTUATORE PRECAMERA GRUPPO 1			11
	NUMERO DATA TEMA	SPED. DISCIPLINA LAVORI VERBALE	DATA FINE	CODICE 85011100-01	MOD. DEPOSITO 011004DD	PAG. N° 02520300	



PROFF
SISTEMI PERIODICI

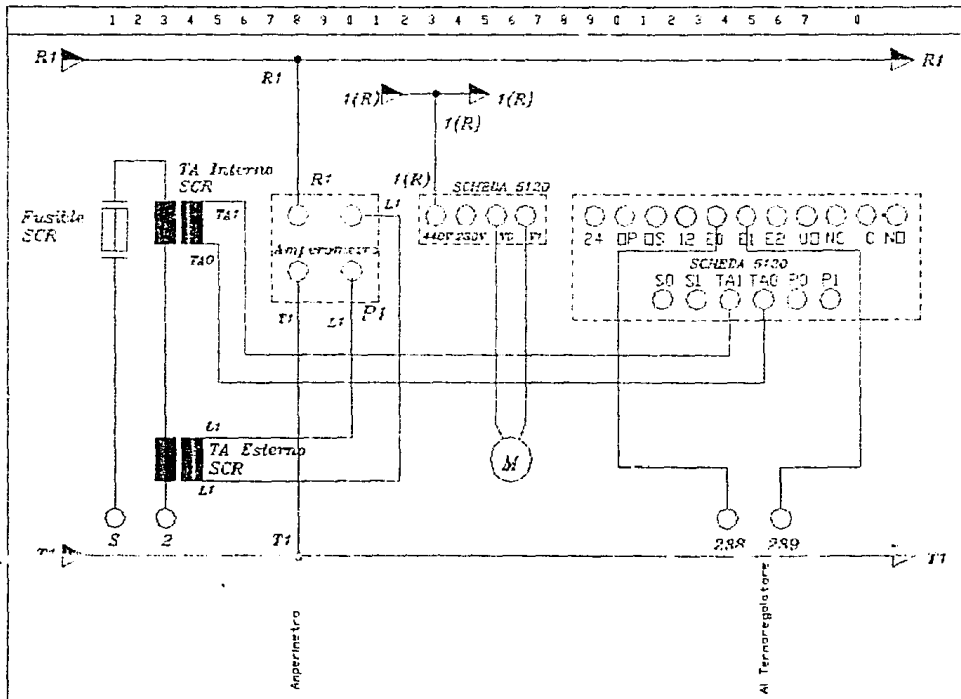
DETERMINAZIONE

SCHEMA CONTROLLO TEMPERATURA

14

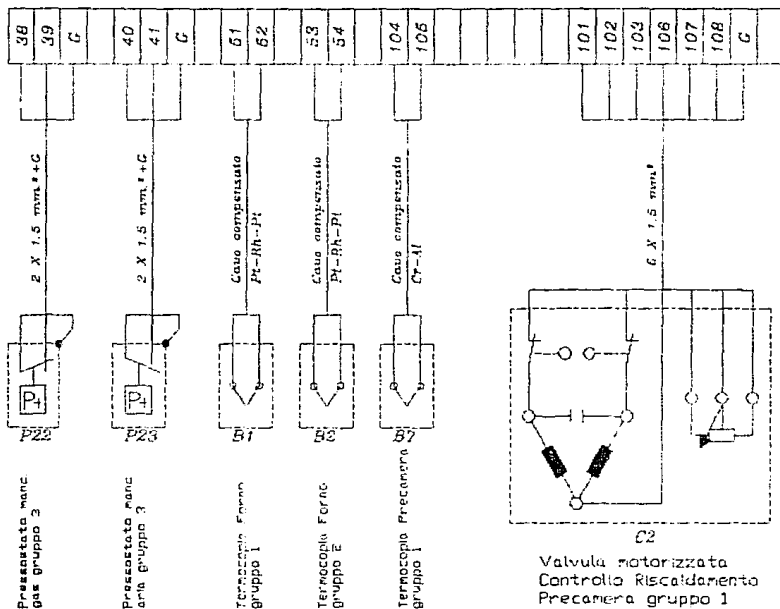
VERSIONE	DATA	VERBA	IPM	DATA	VERBA

CODICE	INT. DESIGNO	INT. N.
B3011190-01	G11064DD	02500800



120

	PROFF <small>SEGNALI TECNICI</small>		DENOMINAZIONE SCHEMA COLLEGAMENTO SCR GRUPPO 1		18
	<small>DESCRIZIONE</small> <small>DATA</small> <small>FOCUS</small>	<small>1984</small> <small>DATA</small> <small>1984</small>	<small>DESCRIZIONE</small> <small>DATA</small> <small>1984</small>	<small>CARICATA</small> 83011100-01	


ELSI
PROIT
 S.p.A.

DENOMINAZIONE

COLLEGAMENTO MORSETTIERA

DESCRIZIONE	QUANTITÀ	UNITÀ	REVISIONE
PROIT			
DESCRIZIONE			
QUANTITÀ			
REVISIONE			

 CODICE
 B30:1100-01

 NUM. IDENTIFICATIVO
 01100400

DE X

02591100

33

3.5. ESTABILIDAD DE COMBUSTION.

Un quemador estable es aquel que se mantiene encendido estando frio (al inicio del periodo de operacion) y a las presiones y relaciones de combustible ordinarias. Ningun quemador se considera estable rigurosamente, debido a que están equipados con un piloto.

Muchos quemadores funcionarán satisfactoramente bajo condiciones adversas (particularmente en contornos frios) solo si la mezcla es rica y si la flama está quemando aire libre. Con quemadores de este tipo, es necesario dejar los registros del horno abiertos durante el periodo de arranque. Si las puertas no se dejan abiertas, el aire libre en el horno será consumido después de unos pocos segundos de operacion, produciendo una flama inestable en el quemador, que se extinguirá enseguida.

Es bajo estas condiciones que la presencia de un piloto puede ser una fuente potencial de peligro, debido a que los gases combustibles se juntan rápidamente después de que la flama se ha extinguido y pueden explotar por la presencia del piloto.

3.5.1. FORMA Y LONGITUD DE LA FLAMA.

Para un quemador dado, cambios en la presión de mezcla o en la cantidad de aire primario, afectará la forma de la flama. Para la mayoría de los tipos de quemadores, un incremento en la presencia de mezcla hará ancha la flama

y un incremento en el porcentaje de aire primario acortará la flama (permaneciendo la capacidad constante)

El diseño del quemador tiene muchos más efectos sobre la flama (forma y longitud) que las variables de operación citadas anteriormente.

Un buen mezclado, producido por un alto grado de turbulencia y altas velocidades da una flama corta, mientras que un mezclado (mezcla retardada) y bajas velocidades, da una flama larga y delgada. En quemadores de petróleo, una alta presión de atomización tiende a arrojar el combustible lejos de la boquilla, antes de que pueda ser calentado a su temperatura de encendido y, de este modo, alarga la flama. La turbulencia y buen mezclado se pueden lograr usando deflectores sobre la corriente del aire de combustión y atomización para impartir un giro al aire.

Existen algunos métodos para calcular la longitud de flama en un quemador determinado, pero todos ellas son muy pobres y no se apegan a la realidad, ya que cada fabricante utiliza diseños particulares que no se ajustan a estos métodos. Por lo anterior, el cálculo teórico de la longitud de flama inferior a un quemador de mezclado en boquillas y que la longitud de flama está ligada íntimamente a la turbulencia que tengan los gases por quemarse. Cuando tenemos un quemador que sus gases salen de forma laminar, tendremos una longitud de flama mucho más superior a cuando estos gases se desprenden del quemador en forma turbulenta.

3.5.2. VOLUMEN DE CAMARAS DE COMBUSTION.

El espacio ocupado por el combustible y los productos intermedios de combustión, mientras se queman varían considerablemente con el diseño del quemador, el combustible y la aplicación.

En algunos casos la aplicación misma puede limitar la relación de calor liberado

En aplicaciones donde se requiere una flama larga y luminosa libere 40×10^3 BTU/hr-ft². En hogares de calderas, donde la operación continúa, rara vez permite para reemplazar el refractario y flama. La cantidad de calor liberado se limita generalmente de 20×10^3 a 40×10^3 BTU/hr-ft².

3.5.3. RETENCION DE FLAMA.

Los métodos para obtener una buena retención de flama tienen muchas diferencias de acuerdo al diseño del quemador; el objetivo es localizar la flama en la boquilla y prevenir que ésta se separe del mismo y eventualmente sea diluida por el aire o por los productos de la combustión y se extinga. Esto se logra por medio de dos caminos generalmente en quemadores abiertos, el camino más común es por medio de un anillo de ignición, el cual está protegido de los efectos de la velocidad de la mezcla o gases del orificio principal del quemador y continuamente actúa para encender estos gases.

En quemadores cerrados, la flama es encerrada en un túnel de combustión y la ignición es mantenida continuamente por la turbulencia, alrededor del flujo principal y por el contacto continuo con las paredes del refractario caliente. El anillo de ignición nunca se usa en quemadores cerrados ya que éste tendería a sobrecalentar la boquilla, si no se aplica un periodo de entramiento adecuado.

RETENCION DE FLAMA EN QUEMADORES ABIERTOS.

El anillo de combustión piloto alrededor de la boquilla principal es alimentada por la misma corriente de mezcla gas aire a través de una serie de pequeños orificios alrededor de ésta; la mezcla pasa a través de estos orificios y pierde velocidad a la salida, formando un anillo continuo de flama de baja velocidad; esta flama está protegida de la acción del aire secundario por un anillo exterior del quemador. El efecto de la velocidad en el flujo principal del aire en el quemador se rompe al existir un piloto constante, formado por ese anillo de flama a través de los pequeños orificios.

El diseño adecuado de una boquilla abierta deberá mantener la flama cuando la presión de mezcla sea tan alta como 1 (10-pulg" como máximo. En general, las boquillas abiertas operan mejor cuando la mezcla es ligeramente rica, utilizando el aire secundario para enriquecerla y que ésta no se sobrecaliente.

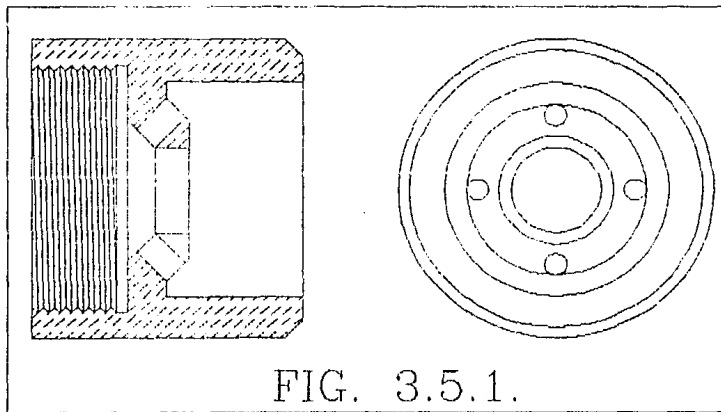


FIG. 3.5.1.

RETENCION DE FLAMA EN QUEMADORES CERRADOS.

Aquí la retención es mantenida por un anillo de mezcla de bajo movimiento, el cual se separa del flujo principal después de que éste entra en el túnel de la combustión. Esta separación es causada por la pequeña succión formada cerca de la boquilla por la acción del venturi. El refractario que forma el túnel de combustión se pone incandescente y actúa posteriormente para incrementar la velocidad de combustión por la rápida expansión de los gases quemados.

Generalmente la forma del túnel de combustión debe de ser tal que permita libremente la expansión de los gases por efecto de la temperatura; la longitud del túnel debe permitir la completa combustión. Si los túneles son demasiado cortos, no permiten la formación del anillo de ignición. Los resultados que se derivan son flamas inestables y con tendencia a que la combustión sea extinguida o la flama se pierda más allá del túnel de combustión y se desarrolle en el horno.

En mezcla de aire-gas, en el rango de inflamabilidad, debe quemarse rápidamente en el quemador si el túnel de combustión está diseñado apropiadamente y si el piloto o flama de ignición está presente. Esto desde luego es real si se trabaja dentro del rango de operación del quemador. Sin embargo, es recomendado generalmente para estos quemadores, que sean encendidos a fuego bajo para prevenir que la flama piloto sea desprendida del quemador.

3.5.4. SISTEMAS DE CONTROL DE MEZCLA.

Los sistemas que existen para control o formación de una mezcla aire-combustible, que cumpla con las características necesarias para que la

combustión de la misma se realice en forma completa, eficiente y establemente en el quemador, se puede reducir en los siguientes:

- A) Introduciendo el aire necesario por medio de la energía cinética de una corriente de gas saliendo de un orificio en un mezclador venturi (atmosférico).
- B) Introduciendo el gas necesario por medio de la energía cinética de una corriente de aire saliendo de un orificio en un dispositivo mezclador.
- C) Suministrando toda la energía por medio de una bomba, compresor o ventilador, omitiendo completamente la energía cinética del gas y del aire.
- D) Usando la energía cinética tanto del flujo de gas como del aire.

Los mezcladores más comunes son los que usan métodos enumerados en los puntos A) y B), por lo que a continuación se realiza una breve descripción de éstos.

MEZCLADORES ATMOSFÉRICOS.

Los así llamados mezcladores atmosféricos (venturis) reciben su nombre del hecho de que toman el aire necesario para efectuar la mezcla aire-gas de la atmósfera que los rodea.

El mecanismo se ve claramente en la figura 3.5.2.; el gas sale por un orificio reducido, produciendo una corriente de alta velocidad (alta energía cinética); esta acción provoca la formación de una "vena contracta", la cual a su vez realiza un vacío a su alrededor, que succiona el aire atmosférico y realiza el proceso de mezclado que perseguimos.

La cantidad del fluido (aire) que puede ser introducido por el chorro del fluido dado (gas) depende de la presión en el orificio, la eficiencia de entrada en el mezclador y la resistencia en la salida de éste. Idealmente, los mezcladores de chorro de gas deben ser diseñados individualmente para cada instalación, para así asegurar la misma presión de mezcla.

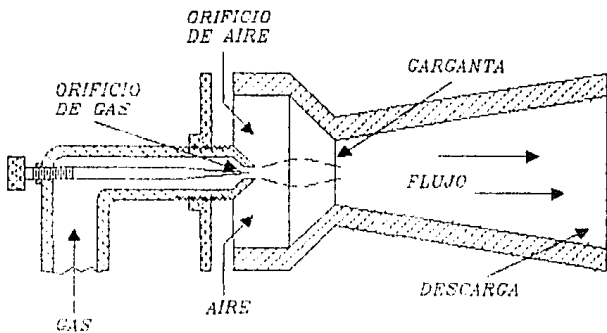
Prácticamente la sección de descarga del mezclador debe concordar con tamaños de tubos comerciales y el diámetro de la garganta puede ser variado ligeramente para cada tamaño de mezclador.

Para mezcladores de baja presión, los cuales generalmente sólo introducen una proporción del aire total requerido, el área de la garganta varía del 35 al 50% del área del tubo de descarga. Para alta presión, en donde los mezcladores se diseñan para introducir todo el aire requerido para la combustión, el área de la garganta varía del 20 al 30% del área de descarga.

MEZCLADORES PROPORCIONALES.

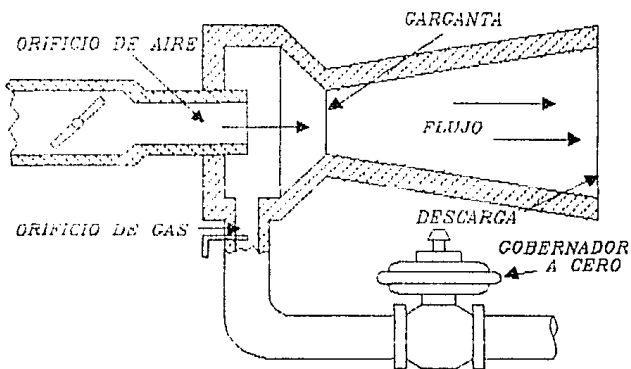
Un mezclador proporcional de chorro de aire mantiene la relación descada aire gas si el chorro y la garganta del venturi están cuidadosamente maquinados y alineados. El gas entra a la cámara de mezclado a través de un orificio ajustable, el cual, después del ajuste deseado, puede ser fijado en esa posición. La presión del gas en el orificio ajustable se mantiene a "presión cero" por medio de un regulador sensitivo (gobernador a cero) el cual reduce la presión de suministro a cero, sin importar el flujo de g. s.

El flujo de aire al pasar por la garganta restringida, da origen al mismo fenómeno estudiado en los mezcladores atmosféricos, únicamente que aquí el fluido motor es el aire y el fluido succionado es el gas.



INYECTOR ATMOSFERICO

FIG. 3.5.2.



MEZCLADOR

FIG. 3.5.3.

La relación aire-gas deseada se ajusta con el paso del gas y, una vez ajustado, la relación se mantiene constante a diversos flujos de aire y la capacidad puede ser incrementada o disminuida, sin afectar la relación aire-gas.

El flujo de aire se controla, ya sea manual o automáticamente, por medio de una válvula en línea de éste. Esta válvula es el único control que se debe de operar ya que el gas fluye automáticamente en proporción todas la veces, como se ha explicado antes.

Como se puede ver los dos sistemas estudiados en los puntos A) y B), se podrán emplear para proporcionar la mezcla aire-gas adecuada y controlada, a cualquier quemador de premezcla, siempre y cuando se cumpla con el valor de la presión de mezcla requerida por el quemador y la capacidad y rango de operación del mismo.

Para controlar los flujos de aire y gas², que posteriormente se mezclarán en la boquilla de un quemador de "mezcla o boquilla" existen dos sistemas comúnmente usados y que a continuación se describen.

VALVULAS CON ENLABONAMIENTO MECÁNICO.

Este sistema de control de mezcla también se conoce como sistema de mezclado de presión constante. El mecanismo de trabajo es el siguiente: tanto el gas como el aire se mantienen a presión constante antes de las válvulas de control, que se encuentran encadenadas o manejadas por el mismo mecanismo, como se ve claramente en la figura que ilustra este sistema.

El aire se mantiene a presión constante gracias al uso de un turboventilador, cuya curva de funcionamiento nos proporciona esta característica; por otro lado, se suministra gas regulado mediante un regulador de presión.

teniendo ya estas características, el movimiento proporcional de las válvulas de aire y gas regula y asegura que, para cualquier cambio de flujo en el aire, corresponderá un cambio de igual proporción en el gas o viceversa. Esto es, si el aire aumenta a un 10%, el gas tiene que encontrar el mismo 10%.

VALVULAS DE ENLABONAMIENTO NEUMÁTICO.

Este sistema de mezclado, o mejor dicho, de proporcionar las cantidades de aire y gas adecuadas para la formación de una mezcla lo más cercano a la estequiometría de la reacción de combustión, también recibe el nombre de sistema de mezclado a presión variable.

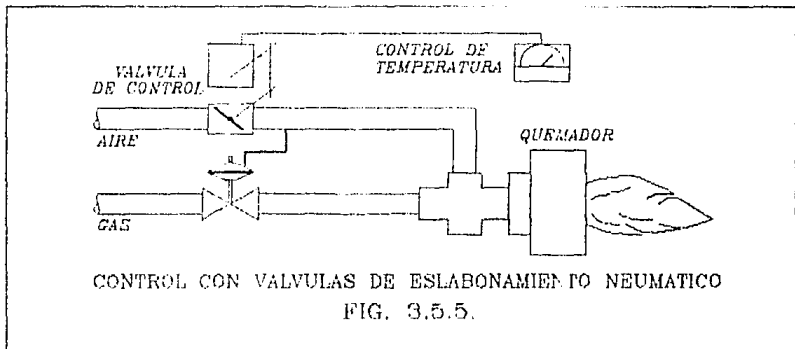
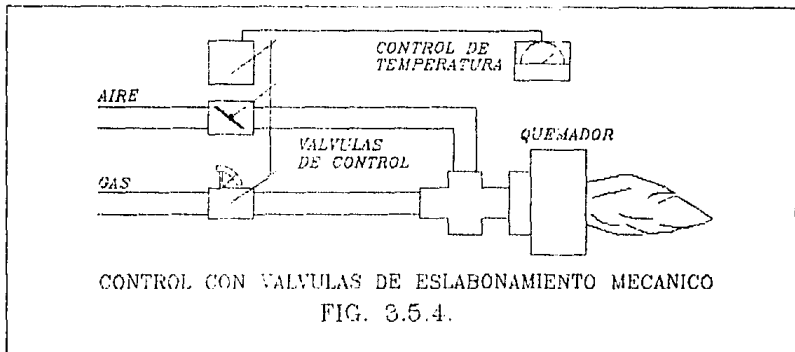
En este sistema el orificio del gas y del aire permanecen constantes, una vez que han sido regulados para la capacidad máxima del quemador; al calibrar por vez primera el sistema, el orificio del gas se fija para obtener la mezcla aire-gas apropiada y se sella en esta calibración, y no se cambiará a menos que se desee.

Una válvula proporcional deberá instalarse en la línea del aire antes del orificio del gas; esta válvula recibe una señal neumática por medio de una conexión con la línea de aire, localizada después de la válvula de control manual o automático. De esta manera, cuando la presión en la línea del aire varía porque se abre o se cierra la válvula de control, esta misma variación es transmitida a la válvula proporcional por medio de la línea de impulso y así a cualquier variación en la capacidad de aire, también corresponderá una variación proporcional en la capacidad del gas.

La línea de impulso está conectada a la parte superior del diafragma de la válvula proporcional, de esta manera, cuando la presión del aire aumenta y por lo tanto el flujo del mismo, el diafragma es empujado y éste a su vez abre la válvula del gas, ocasionando que fluya mayor cantidad de gas y se mantenga en todo momento la proporción o relación aire-gas, cambiando únicamente la cantidad total de la mezcla o capacidad. Cuando se requiere menor capacidad

del proceso es igual pero con una disminución de la presión en el aire y en la línea de impulso.

cuando la presión en la línea del gas es menor antes de la válvula proporcional a la máxima en el aire, se reduce la presión en la línea de impulso mediante una fuga o sangrado con una válvula colocada en la línea para este fin.



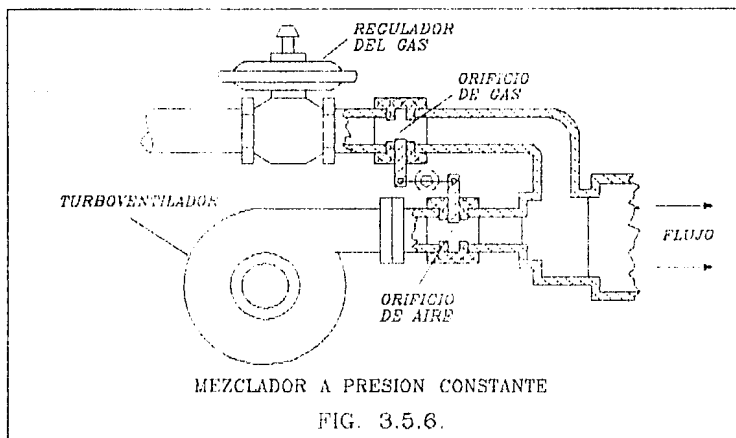


FIG. 3.5.6.

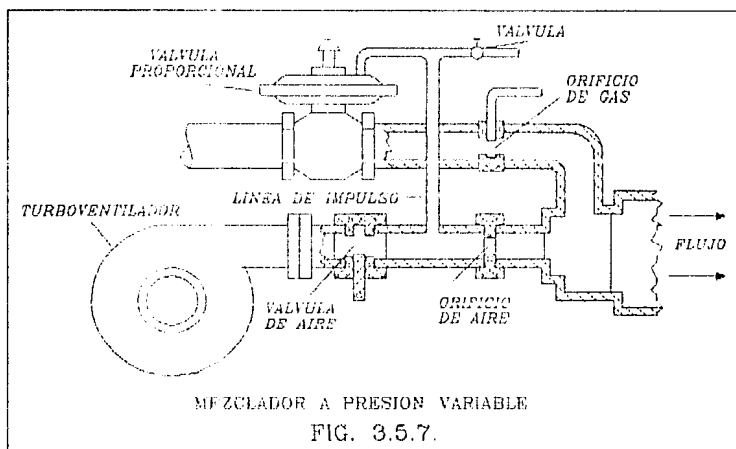


FIG. 3.5.7.

4. MANTENIMIENTO Y OPERACION DEL HORNO DE GAS .

El mantenimiento de equipo e instalaciones es la conservación, vigilancia y cuidados requeridos para evitar los paros imprevistos y averías o, en su caso, reparar éstas con la mayor brevedad posible.

Sin embargo, al mantenimiento no se le concede aún la importancia que en realidad tiene, considerándose inclusive como un gasto y actividad inútil, y en algunos casos, como un mal necesario.

Dada la importancia que implícitamente tiene y en virtud de que el CIOESI (Centro de Investigación y Desarrollo Industria) actualmente no cuenta con un programa específico de mantenimiento para hornos de gas, se pretende que mediante este desarrollo nos permita coadyuvar al desarrollo de dicho programa para alcanzar los objetivos fijados a corto, mediano y largo plazo.

Se deberá contar con el apoyo pleno, tanto de la dirección del Centro, como de las áreas involucradas en el desarrollo de dicho programa (fundición, forja y tratamientos térmicos), ya que cualquier avería por sencilla que sea, genera graves trastornos y retrasos en el cumplimiento de los objetivos por alcanzar.

4.1. OPERACION DEL HORNO DE GAS.

Para lograr una segura y eficiente operación de los hornos de gas, se debe mantener tanto el equipo, como sus accesorios en condiciones óptimas de funcionamiento.

La operación de los diferentes tipos de hornos de gas se puede generalizar en los tipos más comunes como son los hornos rotatorios y los hornos de hogar abierto.

OPERACION DEL HORNO DE GAS ABIERTO (SIN REGENERADORES).

Para evitar accidentes al operario y preservar el equipo en buenas condiciones, se debe seguir la siguiente secuencia de operación en el encendido de hornos de piso móvil, de nalla y de los hornos de calentamiento con que cuenta el CIPSA:

- 1) Energizar el equipo por medio del tablero general del área, situado en el lado oeste del departamento de tratamientos térmicos y fundición, accionando el apagador número 1.*
- 2) Verificar que todas las llaves de piso del suministro de gas, situadas en la parte posterior del horno, se encuentren cerradas.*
- 3) Encender el premetro del equipo (horno), asegurando el encendido por medio del foco piloto (verde). Simultáneamente se debe encender el ventilador del horno con el interruptor*

localizado a un costado del horno, dejándolo funcionar de 2 a 3 minutos para la extracción de gases residuales.

- 4) cerrar todas las llaves de paso de los quemadores.
- 5) Abrir gradualmente las llaves de gas, situadas en la parte posterior del horno encender una antorcha, empleando para ello, una varilla de preferencia larga, presentarla a la salida de cada quemador, iniciando por encender los del fondo y todos los de un costado, para posteriormente encender los del lado opuesto.
- 6) Seleccionar la temperatura en el panel, por medio de las agujas dorada y roja, fijando un mínimo y un máximo.
- 7) Para apagar el horno, primero se cierran las llaves de paso del suministro de gas, colocadas en la parte posterior dejando el horno funcionar durante 5 ó 10 minutos.
- 8) Finalmente, se apagará en sentido inverso al encendido, verificando no perjudicar el funcionamiento de otro equipo.

OPERACION DEL HORNO ROTATIVO DE GAS.

Inicialmente, el horno se debe precalentar solamente cuando tenga más de 24 horas sin fundir, siendo esta observación importante para aumentar la vida del refractario. Una vez precalentado el horno, se desplaza el carro del recuperador de calor y se inicia la carga al horno teniendo la carga dentro del horno, se encienden los quemadores a toda flama, sin girar el horno hasta completar 15 minutos. En ese momento se gira el horno 180°. Esta secuencia continúa hasta completar 45 minutos, es decir, girar el horno media vuelta en tres ocasiones. Una vez alcanzado este momento, se agrega el fundente a emplear durante el proceso específico de que se trata.

Terminado la adición del fundente, se enciende nuevamente el quemador a toda flama y se inicia la rotación continua hasta completar el tiempo de fusión (45 minutos). Completando este lapso, se procede a vaciar una probeta para la verificación del análisis químico; si la temperatura no es lo

suficientemente alta se continúa girando el horno con toda la intensidad de la flama del quemador, teniendo la composición química y la temperatura del metal bajo control, se inicia el vaciado del horno.

El horno rotatorio se calienta principalmente por:

- a) La radiación de la flama.*
- b) La conducción del calor dentro del horno a través de los gases calientes.*
- c) La convección del calor al torro refractario.*

Con estas tres características, se logra una alta eficiencia térmica, la característica principal es la energía calorífica producida por la radiación de la flama, y depende básicamente del tipo de combustible y del equipo de combustión.

FASES DEL CALENTAMIENTO

PRIMERA: *Inicialmente, la energía calorífica es transmitida a la carga fría por la radiación de la flama, y por la convección del calor de manera intermitente, debido a la rotación del horno.*

SEGUNDA: *Cuando parte de la carga se encuentra en estado pastoso, la rotación del horno es de 350°, con lo cual la energía calorífica es transferida a la carga por la radiación de la flama, así como la conducción tanto del calor del refractario como de la parte líquida de la carga.*

TERCERA: *Cuando la carga se encuentra totalmente fundida y se ha formado escoria sobre la superficie del baño, hay un cambio en la transmisión del calor, el porcentaje de energía calorífica transferida a la superficie del baño es mínima. La capa de escoria actúa como aislante, impidiendo a los gases de la combustión mezclarse con el baño de metal fundido. En estas condiciones, la mayor cantidad de calor se*

transfiere a causa de la rotación continua del horno, transmitiéndose del retractario al baño de metal.

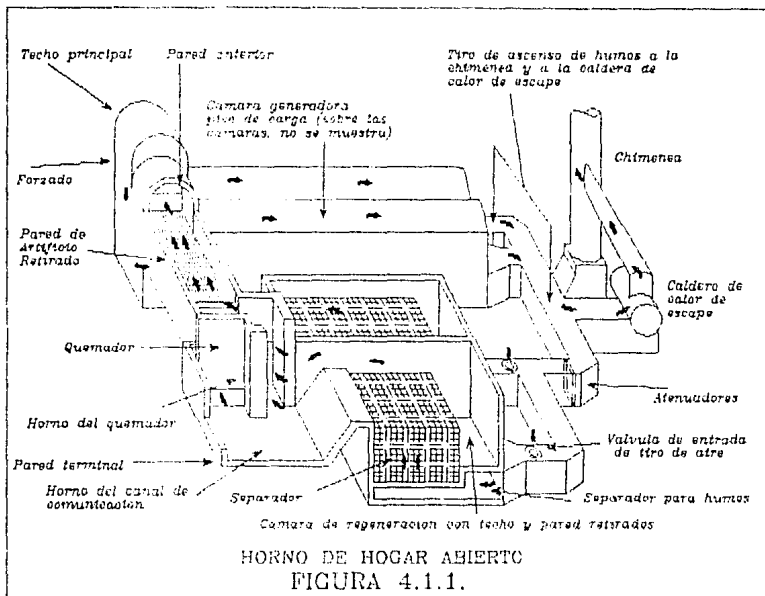
OPERACION DEL HORNO DE HOGAR ABIERTO MARTIN-SIEMENS.

La diferencia de este tipo de horno estriba en la utilización de regeneradores para el precalentamiento y aprovechamiento de los gases de la combustión. Los hornos Martin-Siemens tienen una longitud hasta de 25 metros, y una anchura de hasta 7 metros. La capacidad oscila entre los límites 20-500 toneladas.

En la figura 4.11 se muestra el horno Martin-Siemens en el momento en que el gas y el aire se inyectan por el lado derecho del mismo, pasando por las boquillas previamente calentadas de los regeneradores, el gas y el aire se calientan a 1000-1200 °C y penetran al horno por la parte superior. Al quemar el combustible se forma la flama cuya temperatura es de 1800 a 1900 °C. Despues de atravesar la cabeza situada en el lado opuesto del horno, los productos de la combustión calientes penetran en otro par de boquillas de los regeneradores y por el sistema de conductos se van a la chimenea. Durante este tiempo, las boquillas de los regeneradores se calientan.

Con tal funcionamiento, las boquillas de los regeneradores del lado derecho se van enfriando gradualmente, en tanto que las de los regeneradores del lado izquierdo se calientan. En el momento en que los regeneradores por los que el aire y el gas entran al horno, ya no estén en condiciones de calentarlo a la temperatura necesaria. Los regeneradores por los que el horno abandona el horno se sobrecalientan, se efectúa el cambio de dirección del movimiento de los gases en el horno.

Para cambiar la dirección del movimiento de los gases, se emplean las válvulas de conmutación, mostradas en la figura 4.11. El aire y el gas frios, se dirigen a través de los regeneradores izquierdos bien calentados, mientras que los productos de combustión se van por el lado derecho del horno, calentando paulatinamente los regeneradores derechos enfriados, luego el ciclo se repite sucesivamente.



4.1.1. TIPOS DE HORNOS PARA CALENTAMIENTO INDUSTRIAL.

Los hornos para calentamiento se clasifican ordinariamente según:

- 1) El objetivo para el cual se calienta el material.
- 2) La naturaleza de la transmisión de calor al material.
- 3) El modo como se calienta el horno.
- 4) El método de manipulación del material a través del horno.

OBJETIVO DEL CALENTAMIENTO.

Primordialmente se da una clasificación metalúrgica según el trabajo proyectado para: revenido, recocido, carbonizado, cianurado, cementado, forjado, calentado para conformación o laminado, esmalado o para algún otro fin.

TRANSFERENCIA DE CALOR.

Las variedades principales son:

a) Los hornos de reverbero, en los cuales el calor de los productos de la combustión es transmitido al material calentado, con el que está en contacto directo, por convección y radiación directa.

b) Hornos de mufla, en los cuales el calor se transmite por conducción a través de una mufla metálica o refractaria que protege el material calentado de su contacto con los gases, y es luego trasmitido por radiación del interior de la mufla al material calentado, el cual es rodado, a veces, por gases inertes para impedir que tenga contacto con el aire.

c) Hornos de baños líquidos, en los cuales se calienta una sartina metálica por su parte inferior o por inmersión, conteniendo esta un medio líquido para calentamiento o para conseguir algún proceso, que transmite el calor al material quemado en él. Este tipo incluye los hornos de revenido a baja temperatura que usan aceite como medio de calentamiento, los hornos de templeado que utilizan un baño de plomo, los hornos de templeado y cianuración con un baño de sales especiales y los hornos de galvanizado o estaño para recubrir el material calentado con zinc o estaño. La forma comúnmente aceptada de los hornos de mufla, es el horno calentado por tubo radiante, en el cual el combustible se quema en tubos, metálicos o refractarios que transmiten el calor a la carga por radiación. Una forma importante de horno para temperaturas de 200 °C (400 °F) es el tipo de recirculación, en el cual el combustible es quemado en una cámara de combustión externa y el producto de dicha combustión, mezclada con aire, se hace recircular rápidamente a través de la cámara de calentamiento. Un desarrollo reciente es el calentamiento de convección forzada por medio de un gran número de chorros a alta velocidad en el calentamiento de alta velocidad (combustión moderada), se disponen los quemadores de la mezcla previa para

obtener una película de óxido del calor y con una cubierta alta de temperatura, se realiza un recubrimiento más rápido.

METODO DE CALENTAR EL HORNO.

Esta clasificación se aplica sobre todo a los hornos de reverbero, e indica si el horno se calienta con fuego directo, por arriba, por abajo o por tubos radiantes. Los métodos de calentamiento directo se utilizan cada vez más, debido a los cambios en el diseño y control de los quemadores de gas, especialmente para temperaturas mayores de 850 °C (1000 °F) a 1000 °C (1800 °F), debido a que el material calentado queda protegido de las elevadas temperaturas del combustible ardiendo. La temperatura y la atmósfera pueden ser controladas fácilmente, pero la temperatura se encuentra limitada por la vida de los materiales refractarios a un valor aproximado de 1000 °C (1800 °F). En la actualidad, muchos hornos se diseñan para emplearse con atmósferas protectoras especiales y requieren tubos radiantes para evitar todo contacto con los gases de la combustión. Estos tubos quemadores de combustible, fabricados con aleaciones resistentes al calor, pueden colocarse en forma horizontal, a través del horno, por encima y por debajo del material que se va a calentar, o en forma vertical, sobre las paredes del horno.

METODO DE MANIPULACION DEL MATERIAL (CARGA).

En los del tipo de funcionamiento infernalmente o por hornadas, el material que se va a calentar, se carga dentro del horno y permanece en la misma posición durante todo el proceso de calentamiento. En un horno continuo, el material se mueve a lo largo del el por medios mecánicos que incluyen espárragos, transportadores de cadena, hogares con movimiento alternativo, hogares circulares rotatorios, vagonetas, vigas viajeras, canastillas y hogares con rodillo. Los hornos continuos son dispositivos que ahorran principalmente mano de obra y pueden o no consumir combustible.

En las tablas siguientes se da una clasificación, según el método de manipulación de la carga, además se especifica el grupo y designación del horno en particular, así como sus características más significativas:

TABLA 4.1.1.
HORNOS PARA TRATAMIENTO TERMICO CON LA CARGA INMOVIL
Y EN ATMOSFERA.

GRUPO	NO.	DESIGNACION	CARACTERISTICAS
I Atmósfera en repose o movida por los gases de salida	1	Horno de una cámara	Planta, por lo general rectangular; Puerta Vertical hogar liso, con ranuras de carga, con rodillos fijos; los dardos de llama no dañan el material que se trabaja.
	2	Horno de dos cámaras	Como 1; con precaldeo de una cámara por los gases de escape de la otra.
	3	Horno de varias cámaras	Como 1; aprovechamiento más amplio de los gases de escape.
	4	Horno de mufla	Horno de cámara de mufla incluida, con lo que los gases no entran en contacto con el material que se trabaja.
	5	Horno de cuba	Cuba cilíndrica o cuadrada, tapa horizontal levantara, con rodiza, basculante.
	6	Horno de tapa	Solera abierta y fija; tapa o caperuzo levantara como 5; ca deo eléctricamente.
	7	Horno de antesa	Fija fija en forma de antesa, cubierta levantara con grúa basculante, móvil sobre rodiles.
	8	Horno de vagonetas	Horno túnel o de cámara; con carga y descarga por vagonetas.
	9	Horno de pisos	Buen aprovechamiento del calor por la solera superpuesta; aplicación a metales ligeros.
II Atmósfera del horno, movida mecánicamente	10	Horno de tubo con circulante	Formas de horno como en 1 y 5 a 9, pero con ventilador incluido, para temperaturas por debajo de 200 grados centígrados; rapidez y uniformidad en la transmisión de temperaturas y en el caldeo.
III Atmósfera del horno graduada	11	Horno de recondo brillante sin gas protector	Por ejemplo: cajas con cierre hermético al vacío (o la cubierta en los hornos de tapa) manejado con grúa.
		Horno de recondo brillante con gas protector	Diversas construcciones; gas del alumbreado semiquemado, hidrógeno o nitrógeno, que deben enviarse al horno con ligera sobrepresión.

TABLA 4.1.2.
HORNOS CONTINUOS CON CARGA CIRCULANTE
EN ATMOSFERA.

GRUPO	NO.	DESIGNACION	CARACTERISTICAS
I Horno túnel con mecanismo de transporte (medios de carga) Hornos de trabajo continuo	1	Horno de empuje	El material a tratar suaviza el horno sobre soportes móviles convenientemente dispuestos, siendo de desplazamiento.
	2	Horno de cinta	Mecanismo Conductor de la cinta dentro o fuera del horno; cinta de apoyo; guías de rodillos; rodillos; tambores.
	3	Horno de cadenas	Mecanismo Conductor de la cadena dentro o fuera del horno; tambores tensores; cariles de desbrazamiento; cadenas.
	4	Horno tractor	Cadenas de Transporte en la boveda del horno.
	5	Horno con plaza de rodillos	Rodillos fuera de la zona más caliente, movidos por cadena o ruedas dentadas.
	6	Horno de vaivén	Empujado oscilado.
	7	H. de impulsión	Piezas, muelles, levas, amortiguadas.
	8	Horno de plaza giratoria	Horno vertical de tapa con solera giratoria.
	9	H. de vagonetas	Horno recorrido por la carga en vagonetas pequeñas.
II Horno túnel con mecanismo de transporte en el horno.	10	Horno de rodadura	Para piezas de forma cilíndrica, que ruedan, sin mecanismo auxiliar, por la fuerza de gravedad y la placa inclinada.
	11	Horno para alambres.	Transporte independiente del horno, que solo tiene que suministrar energía terminal al material que se trata, caldeo inductivo o eléctrico, con tracción horizontal o vertical para cintas y alambres.
III Horno de tambor giratorio con o sin poleas de transporte	12	Horno de rosca	Tambor giratorio con rosca interior para el avance de la carga.
	13	Horno de doble rosca	Con trayectos de ida y vuelta, utilización en contracorriente de los gases de combustión.
	14	Horno de Tambor	Tambor giratorio, basculante; por lo general, calefacción por gas.

TABLA 4.1.3.

HORNOS CON CARGA MOVIL EN BAÑO.

GRUPO	NO.	DESIGNACION	CARACTERISTICAS
I Horno con caldeo eléctrico o por combustibles	1	Horno de crisoles (baño de metal, aceite o agua)	Crisoles o cubetas de hierro puro o de acero resistente al calor, calentados externamente con mecheros de aceite o gas, o con arrolamientos de calefacción. También se emplea el caldeo eléctrico interior.
	2	Horno de cubetas, (baño de metal, aceite o agua)	
II Hornos Eléctricos	3	Horno de electrodos con baño salino	La cámara del horno, revestida de chamota, lleva tres electrodos laterales. Calefacción por la resistencia del propio baño salino fundido. Las cubetas o crisoles metálicos llevan los electrodos adosados a su interior.
	4	Horno de electrodos con baño salino y crisoles o cubetas.	Aislamiento de electrodos. Calefacción por la resistencia del baño.

HORNOS CONTINUOS CON BAÑO SALINO

GRUPO	NO.	DESIGNACION	CARACTERISTICAS
I Horno con calefacción eléctrica o por combustible.	1	Horno continuo de crisoles con baño salino (baño de metal, de aceite o agua).	Servicio continuo por sumersión de las piezas a tratar en los crisoles sucesivos o en las cubetas. horno tractor
	2	Horno continuo de cubetas con baño salino (baño de metal, aceite o agua).	Horno de cinta. Horno de vaivén. horno de rosca con elevador de cangilones. horno doble rosca con elevador de enjas. horno de rosario.
II Hornos Eléctricos.	3	Horno continuo de electrodos con baño salino.	
	4	Horno continuo de electrodos, etc	

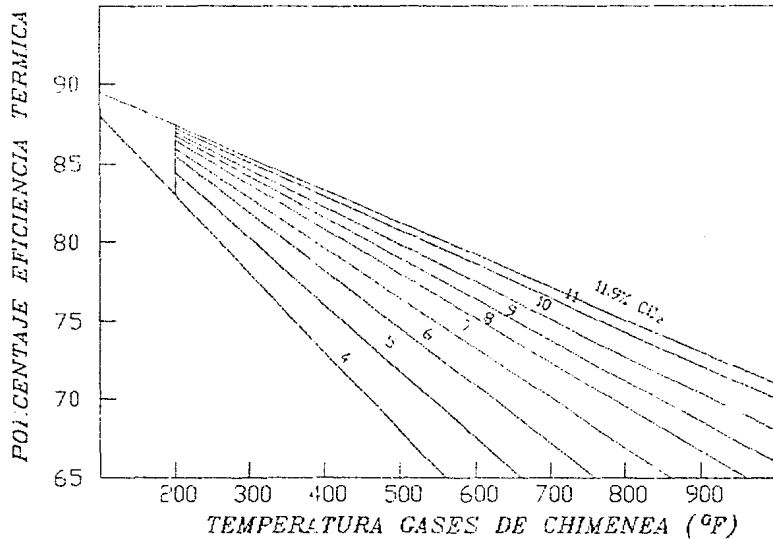
4.1.2. CALIBRACION ADECUADA DEL QUEMADOR.

Para que la calibración del quemador sea adecuada y éste trabaje con la máxima eficiencia es necesario efectuar un análisis de los gases de combustión que sirve para determinar si hay exceso de aire, de combustible o la mezcla es apropiada.

Como ya puede ver en las reacciones del capítulo 2, si la mezcla aire-combustible es correcta, tendremos en los gases de combustión una concentración determinada de CO_2 y ninguna O_2 , CO o los gases de combustión, tendremos un indicio inequívoco de que la combustión es correcta y, por lo tanto, la eficiencia del combustible se reduce, ya que cuando se tiene exceso de aire parte del calor se utiliza para calentar ese exceso; por otro lado, si se tiene exceso de combustible la combustión no es completa y el calor obtenido es menor.

El método para medir la eficiencia de un quemador es mediante un análisis de los gases de combustión, para determinar el % de CO_2 , y además, la presencia de los mismos. De esta manera encontramos en la gráfica siguiente el valor de la eficiencia de combustión del gas natural.

EFICIENCIA DE COMBUSTION DEL GAS NATURAL



GRAFICA 4.1.1.

4.2. MANTENIMIENTO AL HORNO DE GAS.

La automatización de las plantas y los procesos cada día más encadenados y continuos, obligan a una organización científica y calificada del mantenimiento.

Entre los factores, como es sabido, que intervienen en la consecución de un empleo racional, eficaz y económico de las instalaciones, equipo y maquinaria de los laboratorios y talleres del centro de trabajo (específicamente forja, fundición y tratamientos térmicos), está el de mantener dichas instalaciones, equipo y maquinaria.

El mantenimiento deberá garantizar que todos los cambios e intervenciones que deban efectuarse en el equipo e instalaciones se realicen en un tiempo determinado tal, que afecte al mínimo el ritmo de trabajo y que los riesgos de averías imprevistas sean también mínimos.

Para lograr un uso racional y eficaz, el equipo e instalaciones han de hallarse en condiciones ideales de funcionamiento. Lo anterior en ocasiones no es posible por diversas razones, las cuales no son imputables a actividades del mantenimiento.

La maquinaria, equipo e instalaciones suelen tener defectos importantes de proyecto, construcción y montaje, lo que trae como consecuencia un bajo índice de utilización.

Antes de entrar en detalles del plan propuesto, será necesario definir los términos a utilizar durante el proyecto del plan de mantenimiento.

"Podemos definir al mantenimiento como la aplicación de un conjunto de recursos humanos y materiales que protegen la inversión de capital, aumentan la productividad bajo límites y especificaciones, así como el reducir al máximo el costo de fabricación del producto"

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Es el mantenimiento más económico y que rinde mayores dividendos a la empresa.

Procura adelantarse a las averías y paralizaciones de la producción antes de que éstas ocurran, es decir, tenerlas bajo control con procedimientos planeados y programados de antemano

La experiencia demuestra que la inspección regular de la máquina permite descubrir el grado de obsolescencia y la probabilidad de avería, información que representa una economía en el costo de mantenimiento. Por otro lado, el recambio de partes desgastadas o dañadas evita averías de mayores dimensiones en los sistemas de trabajo, previniendo un paro o disminución de la velocidad de trabajo

MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Es el mantenimiento que primitivamente reparaba lo que se rompía cuando la máquina dejaba de funcionar. Las principales causas de que ello ocurran son:

- (1) Indiferencia marcada en los programas en general y en cuanto al mantenimiento en particular*
- (2) No se ha justificado debidamente en lo económico la conveniencia de optar por un mantenimiento ordenado y sistemático.*
- (3) Cuando se da mayor importancia a la producción que al cuidado de los equipos e instalaciones.*

Este tipo de mantenimiento tiene dos subdivisiones diferenciadas perfectamente una de otra: el mantenimiento correctivo en sí, y el mantenimiento emergente; asientra que en el primero, la máquina aun cuando esté fallando, puede seguir produciendo, hasta llevarla a un tiempo en que la máquina este fuera del ritmo normal de producción (a veces, produciendo a una velocidad menor a la acostumbrada), tiempo en el cual se le hará una reparación de mayor calidad y con mejores resultados; y en el segundo caso, el mantenimiento emergente se da a un equipo que debido a la gravedad de la falla, no puede seguir produciendo, ya sea porque esta afectando las condiciones de diseño y calidad que el producto requiere, o porque simplemente el equipo no está en condiciones de continuar trabajando.

El mantenimiento correctivo tiene como aspectos negativos las siguientes aspectos:

- A)olestias al operador que se le cambia de tareas constantemente ("orden", "contra-orden", "desorden").
- B) Costos de mantenimiento mayores (material más dañado, material con tiempo menor de entrega, costo de mano de obra, daños irreparables, etc.).
- C) incumplimiento de las ordenes de fabricación y retraso de la entrega de pedidos de producción.
- D) Bajo de obra de producción ociosa.
- E) Falta de seguridad.
- F) Productos que no cumplen las condiciones de calidad y características de diseño que satisfacen al cliente.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

Es aquel que se ocupa de predecir la falla que se producirá, por métodos técnicos de determinación:

- (1) Mediciones, controles y tests.

(1) Pronósticos del comportamiento futuro.

(2) Métodos, medición y sensores de vibración, ultrasónicos, rayos X, magnetos, etc

Se hace notar que esta es una fase del mantenimiento futuro y que aún falta mucho camino por descubrir. Es una práctica basada en métodos eminentemente técnicos y de investigación aplicable a equipos de real importancia operativa o máquinas críticas

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO.

Cada día son más las empresas que se incorporan a esta sencilla técnica japonesa, que ha sido adoptada por las empresas que buscan la apertura del mercado para su producto en el ámbito internacional.

Este tipo de mantenimiento se basa en el sencillo principio de que el servicio de conservación de la maquinaria debe empezar con el mismo operador, el cual mantendrá la máquina en condiciones adecuadas de trabajo, con operaciones sencillas (que no le distraigan de su normal función de producción) y planeadas, que permitan, a su vez, a los departamentos que proporcionan los servicios a la maquinaria (mantenimiento, taller de herramientas, instrumentistas, etc) tengan la facilidad de brindar una atención más especializada al equipo, maquinaria, herramienta e instalaciones

Esta idea relativamente nueva (aún cuando nació en Japón en 1971, sólo hasta 1980 se incorporó a los sistemas de trabajo de Estados Unidos y Europa, y en 1984 a América Latina, principalmente Brasil y Argentina) y que se basa en el Sistema Justo a Tiempo, se ha desarrollado a tal punto, que se ha conjuntado en algunas empresas las labores del operario y del reparador en una sola persona

Como pudimos constatar, lo que se pretende es evitar al mínimo el mantenimiento correctivo, claro está, logrando una adecuada planeación y programación del mantenimiento preventivo, y es por lo que se extenderá más en el desarrollo del mismo, hasta lo que la tecnología actualmente ofrece.

4.2.1. INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO.

Actualmente ha alcanzado gran impulso este concepto, que tiende a expresar la probabilidad de que una parte de un equipo cumpla con la función para la cual fue diseñado, cuando sobre el mismo se haya hecho el mantenimiento especificado.

tal como se expresara, pasamos a desarrollar la idea de esta modalidad de mantenimiento.

OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- 1) Proteger el capital invertido.
- 2) Reducir el costo del proceso.
- 3) Aumentar la productividad.
- 4) Incrementar la eficiencia, tanto del proceso como del equipo.
- 5) Prever adecuadamente la disponibilidad.
- 6) Reducir la posibilidad de un accidente.
- 7) Determinar "puntos débiles" del equipo y aconsejar para su corrección.
- 8) Conservar los equipos e instalaciones.
- 9) Planificar a largo alcance la carga de tareas.
- 10) Mejorar el ambiente físico, psicológico y sociológico del personal, tanto de mantenimiento como de los operarios.
- 11) Mejorar las relaciones entre producción y mantenimiento.

PUNTO DE PARTIDA:

- a) *Formar el historial de cada equipo.*
- b) *determinar estadísticamente los desgastes y estimar la vida útil de cada horno y su equipo auxiliar.*
- c) *Determinar los tiempos y procesos estándares de mantenimiento.*
- d) *Contar con un equipo de personal capacitado y bien entrenado.*
- e) *Contar con herramienta y equipo adecuados.*

Para lograr lo anterior, las tareas de mantenimiento deben ser fundamentalmente programadas.

Solamente la planificación garantiza calidad y tiempo de ejecución, permitiendo determinar el momento y el tiempo convenientes para suspender la producción.

Se deberá considerar una ley fundamental en mantenimiento preventivo, que el trabajo programado se cumpla, analizando exhaustivamente los casos de incumplimiento, en especial aquellos en los cuales falta coordinación, repuestos o se produce una emergencia.

Al llevar a cabo la operación de mantenimiento preventivo de hornos, es básicamente primordial el conocimiento de los principios fundamentales del proceso, de la constitución y forma de horno, características generales del taller y su equipo, para dar un mantenimiento adecuado al horno (si se requiere también en operación).

4.2.2. RUTINAS GENERALES DEL MANTENIMIENTO AL HORNO.

Estas generalmente se aplicarán tanto a procesos continuos, como a procesos intermitentes, considerándolo que la diferencia será la periodicidad con que se practican al horno.

- 1) *Calibración y limpieza de quemadores.*
- 2) *Calibración y ajuste de instrumentos de medición y control (manómetro, pirómetros, fluxómetros, etc.).*
- 3) *Reparación y cambio de material refractario, según exigencias del horno.*
- 4) *Reparación y cambio de material aislante, verificando que se logre un aislamiento térmico aceptable para el proceso de operación.*
- 5) *Limpieza general de ductos y cámaras de combustión del horno.*
- 6) *Lubricación, limpieza, ajuste y calibración del grupo motor-ventilador.*
- 7) *Verificación de fases y asperaje por fase del motor del grupo. Prueba de aislamiento eléctrico del sistema y protección a tierra.*
- 8) *Probar que el sistema de protección funcione.*
- 9) *Reparación del crisol o de la mufla del horno.*
- 10) *Operiete y verificación de fugas en ductos, accesorios y equipo auxiliar (codos, reducciones, válvulas, reguladores, etc.).*
- 11) *Mantenimiento a líneas de escoria.*

- 12) mantenimiento a cabezeras y bancos.
- 13) tapado del agujero de vaciado.
- 14) Limpiar escoria del piso y paredes del horno.
- 15) levantamiento de muros y paredes de horno.
- 16) Lubricación y limpieza de grúa, y cadenas para el accionamiento de puertas.
- 17) Limpieza de la superficie del arco exterior para quitar el polvo y hollín que se acumula

4.2.3. PUNTOS A INSPECCIONAR AL EFECTUAR UN "MANTENIMIENTO PLANEADO" AL HORNO DE GAS.

La periodicidad de dichas actividades estará supeditada a las exigencias del horno y a la disponibilidad del equipo por parte de producción.

Generalmente, se recomienda llevar a cabo en un plazo mínimo de tres meses y como máximo a seis meses.

- 1) Calibración y limpieza del equipo de combustión (quemadores), para evitar pérdidas debidas a una combustión defectuosa.
- 2) Verificar que no existan fugas en conexiones, válvulas y reguladores de la instalación del horno.
- 3) Probar el sistema de protección con ra ignición y falla de flama para evitar riesgos al persona que opera el horno
- 4) Asegurarse de que los ductos y chimenea no están obstruidos por la acumulación de polvo u hollín o materias extrañas.

- 50) Calibrar instrumentos de medición, como son: pirómetros, termopares, anémómetros y medidor de flujo para evitar transtornos a la operación del horno.
- 51) Realizar purga o prearrido para extraer todos los gases residuales existentes en ductos y cámara de combustión, evitando posibles explosiones.
- 52) Verificar porcentajes del contenido de gases que salen del horno para lograr una combustión óptima de la relación aire/gas.
- 80) Verificación de la buena operación de controles eléctricos para evitar desperfectos posteriores al funcionamiento del horno.
- 90) Adición de material refractario, perdido en la operación por desgaste a: bóveda, paredes, cabeceras y bancos del horno.
- 100) Verificación del flujo de gas al horno para eliminar pérdidas por exceso de combustible o combustión incompleta.
- 110) Limpieza de la superficie exterior del arco de la bóveda para eliminar polvo y hollín acumulado, debido al ambiente natural de la operación del horno.
- 120) Checar que los muros y paredes del horno no muestren una incineración muy pronunciada hacia la cámara del horno.
- 130) Recubrimiento de la bóveda, paredes y aros del horno con el material aislante que sea necesario para evitar pérdidas de calor del mismo.
- 140) Lubricación y limpieza de cadenas, grúas y rodillos del equipo empleado para la adición de la carga al horno.
- 150) Revisar la banda del grupo motor-ventilador, así como verificar capacidad del ventilador y lubricación de flecha y baleros del grupo.
- 160) Limpieza de cámara de combustión para evitar acumulación de polvo u hollín que afecten la operación del horno.

- 17) Limpieza del tablero de control, así como de sus componentes, además de corregir cualquier anomalía de los accesorios.
- 18) Revisar y adicionar material refractario al crisol, además de quitar escoria del mismo.
- 19) Inspección y limpieza del piso del horno, quitando la escoria acumulada y limpiando los ductos para la salida de los gases de la combustión.
- 20) Verificar que las soleras del horno tengan el amarre o tensión adecuados para lograr una hermeticidad total del horno.
- 21) Checar hermeticidad en puertas de carga y descarga del horno, verificando que al cerrarlas no existan pérdidas de calor.
- 22) Observar registros de cámara de recuperación de calor para captar la magnitud de la acumulación de la escoria o desprendimiento de polvo o material refractario.
- 23) Limpieza general del horno y sus accesorios para lograr una operación funcional y segura del mismo.

4.3 PLANEACION DE PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.

La planeación adecuada es uno de los objetivos primordiales del mantenimiento, además de lograr la conservación plena del equipo e instalaciones, mediante la información sistematizada que permite obtener un rendimiento óptimo y una vida útil del equipo.

4.3.1. ORGANIZACION DEL MANTENIMIENTO.

La organización del mantenimiento de una industria se desenvuelve en forma gradual y a lo largo de cierto periodo; esta organización se establece como resultado de dicho desenvolvimiento, sea siguiendo un plan o por el azar mismo. Se trata de una estructura de relaciones prácticas, para ayudar a la conservación de los objetivos de la empresa, y ésta es irremediable porque el mantenimiento es parte de una entidad compleja, en movimiento con la cual debe coordinarse.

RESPONSABILIDADES DEL MANTENIMIENTO.

La obligación primordial de la función de mantenimiento es proponer por la obtención de los objetivos de la empresa de la cual es parte integrante. Para conseguirlo, las metas de esa función deben figurar dentro del cuadro de los propósitos generales de la compañía. Por consiguiente, todo trabajador que tome parte de la actividad de mantenimiento tiene la

responsabilidad de contribuir a la consecución de los fines generales de la empresa

OBJETIVOS DE LA FUNCION DE MANTENIMIENTO.

- (1) Maximizar la disponibilidad de maquinaria y equipo para la producción.
- (2) Preservar el valor de las instalaciones, minimizando el uso y el deterioro.
- (3) Conseguir las metas anteriores en la forma más económica posible y a largo plazo.

También habrá otra clase de finalidades adicionales, aun siendo los objetivos estáticos, puede ocurrir cambios en algunos de ellos, según las circunstancias

Para el departamento de mantenimiento, el propósito primario y último es impulsar y cooperar a la generación de utilidades por la empresa. De hecho, toda operación en el departamento de Mantenimiento tiene que estar sujeta a controles. Si éstos son pasados por alto, o no se efectúan como debe ser, tanto el mantenimiento como la empresa sufrirán pérdidas computables en dinero.

LA FUNCION DEL DEPARTAMENTO.

Resulta indudable que lo más importante es que los deberes, objetivos, responsabilidades y resultados que se esperan de la función del mantenimiento estén descritos con todo detalle.

También es necesario establecer las especificaciones de puesto en las tareas administrativas, a efecto de que pueda acomodarse la persona adecuada al trabajo, y a fin de que ésta sepa bien que es lo que se espera de ella y las áreas de trabajo en que irá a desenvolverse. Las distintas actividades y

funciones de los unidades de mantenimiento deberán ser delineadas con toda precisión y consignadas por escrito, a fin de que puedan alcanzar sus objetivos.

ORGANIGRAMA DEL MANTENIMIENTO.

Tienen gran importancia los organigramas de la empresa y del departamento de mantenimiento, no sólo para apreciar con claridad la organización establecida, sino también para analizarla y mejorar la comunicación y vinculación del personal. Esta clase de gráficas son descripciones no orales que determinan las líneas de autoridad. Además, capacitan al personal de mantenimiento para formarse una relación clara de su vinculación individual y de la función misma, con el resto de la organización.

En la figura 4.3.1 se encuentra la ubicación del grupo que se encarga directamente de todos los detalles del mantenimiento preventivo, mientras que en la figura 4.3.2, se detalla dicho grupo según los cuadros que la integran.

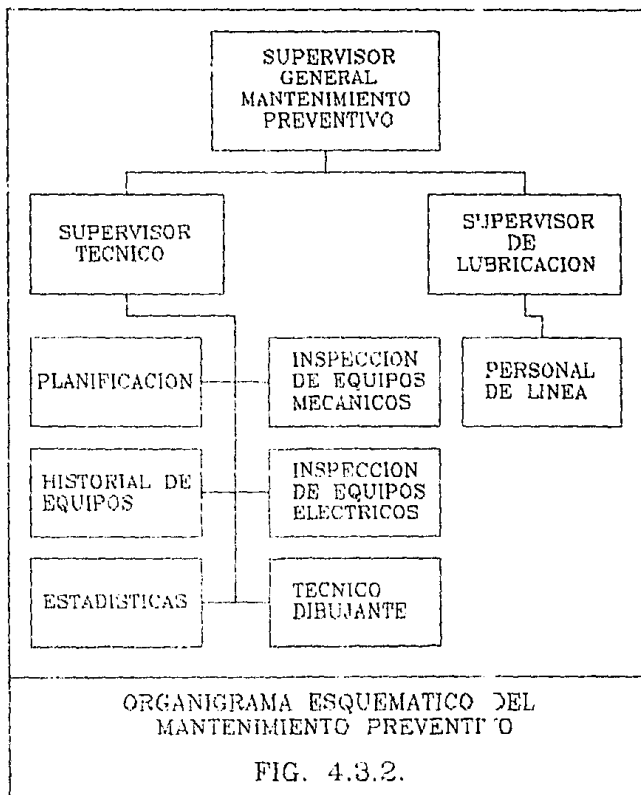
Los conceptos a continuación descritos, se refieren al organigrama sobre la organización.

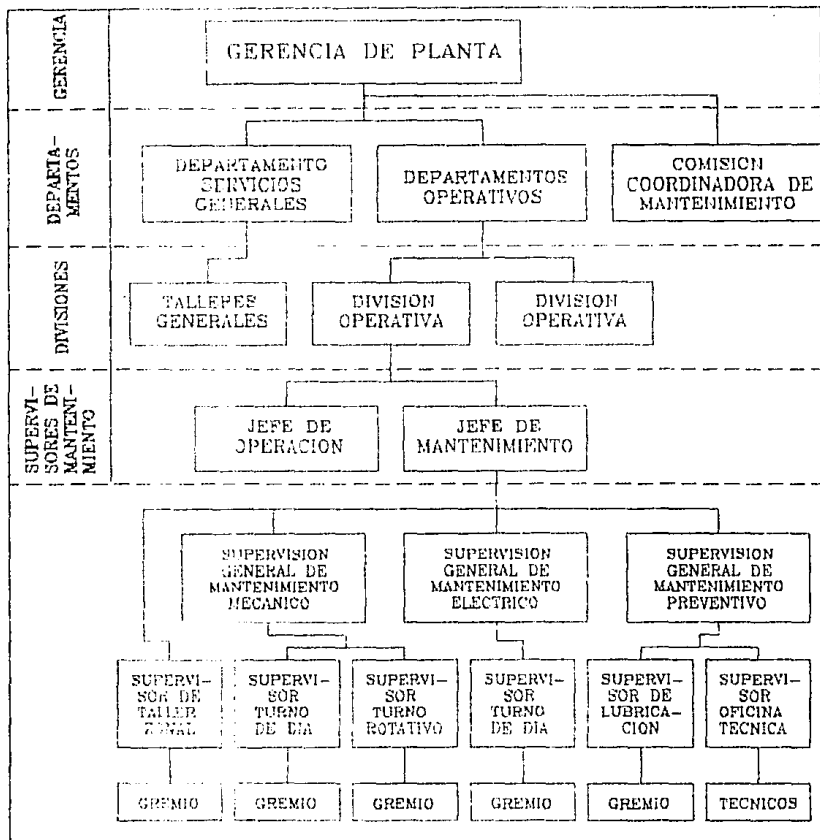
A) Dependencia del grupo de Mantenimiento Preventivo: Tiene dependencia directa del jefe de mantenimiento de cada área operativa.

B) Funciones que lo componen: Dos supervisores principales, lubricación y oficina técnica.

Del segundo grupo depende el grupo que se ordena, planifica y controla el trabajo de mantenimiento preventivo, propiamente dicho de un área operativa.

De las funciones que componen este equipo de trabajo se definen dos de ellas.





ORGANIGRAMA DEL MANTENIMIENTO CON REFERENCIA A LOS NIVELES DE SUPERVISION

FIG. 4.3.1.

4.3.2. PLANEACION DEL MANTENIMIENTO.

PLANEACION PRELIMINAR.

Antes de emprender un programa de Mantenimiento preventivo, es indispensable trazar un plan general y despertar el interés de quienes participan en el mismo e, inclusive, de quienes le sean ajenos

Con objeto de establecer la base para apreciar los adelantos, hay que elaborar tan pronto como sea posible, un registro de tiempo de paro del equipo, causado por deficiencia de mantenimiento: No sólo se identificara el equipo y maquinaria, sino que se anotará en breve el motivo. Al principio se incluirá el tiempo de paro debido a defectos de diseño; En caso de ser posible, el costo de mantenimiento se acumulará con anterioridad o simultáneamente, con el principio del programa.

Desde luego, habrá que dedicar gente a la iniciación y operación de un programa de mantenimiento preventivo. Las necesidades varían de acuerdo con el tipo y tamaño de la fábrica. Es un axioma que el programa debiera adaptarse a las exigencias de la fábrica de que se trate: tendrá que implantarse poco a poco, paso a paso, más bien que de golpe.

Todo programa que reporte buenos resultados, requerirá varios meses o años para quedar bien establecido. En la planeación preliminar deberán tomarse en cuenta los objetivos del programa en un itario preciso, a efecto de poder evaluar e informar los beneficios.

Es de suma importancia establecer que son tres las áreas básicas de planeación para el mantenimiento. La primera de ellas abarca la "planeación a largo plazo" de las necesidades del mantenimiento y encuentra íntimamente

ligada con los pronósticos de las ventas y la producción, dependiendo también de ellos. Los planes a largo plazo abarcan la administración total y los que afectan la fabricación, influyen en la planeación de ingeniería de fabricación, de la dirección, del control de calidad y de la dirección del control de producción y parte de otros departamentos más.

Por consiguiente, aún cuando el nivel inicial de la planeación a largo plazo es alto, al efecto de los planes elaborados es experimentando en toda la organización.

Los planes a corto plazo, que integran la segunda área, comprenden lapsos de aproximadamente un año y se preparan bajo supervisión directa de los directores de las diversas funciones. El presupuesto anual de mantenimiento elaborado por el Ingeniero de Fábrica corresponde a esta categoría.

La tercera Área comprende planes inmediatos de la función de mantenimiento y viene a ser una planeación específica de trabajos de mantenimiento. Esta clase de previsión se elabora por técnicos del grupo de control de mantenimiento o por sobretécnicos.

Es significativo que las tres áreas de planeación difieren mucho en cuanto a tipo y lugar de desarrollo, mientras más penetran los planes en el futuro, mayor es el nivel de responsabilidad.

PLANEACION A LARGO PLAZO.

El propósito principal de una planeación a largo plazo es conservar al día los objetivos, políticas y procedimientos de mantenimiento a efecto de que todos éstos se hallen de acuerdo con los fines de la compañía. Para ello, se necesita un conocimiento de los pronósticos de ventas y producción y tomar en cuenta todos los factores comprendidos en una planeación a largo plazo de la producción.

Además, una planeación del mantenimiento requiere una proyección de dos factores específicos que son de suma importancia para la organización de dicha actividad, ellos son:

- 1) Los cambios en el equipo de mantenimiento y las necesidades de instalaciones.
- 2) Los cambios en el equipo de producción por caducidad, un creciente mecanización, automatización, mayores velocidades de la maquinaria y otros perfeccionamientos tecnológicos.

PLANEACION A CORTO PLAZO.

Por lo general, la planeación a corto plazo se asocia íntimamente al presupuesto anual. Hay tres funciones básicas de esa planeación, a saber: instalación de equipo nuevo, trabajo de carácter cíclico y labor de mantenimiento preventivo. Además hay procedimientos que mejoran la calidad de esa clase de planes.

Instalación de Equipo Nuevo

Cuando se tiene proyectada la instalación de equipos nuevos, corresponderá al departamento de mantenimiento colocarlos, ponerlos en condiciones de funcionamiento y preservarlos. En muchos casos, será necesario encarar problemas totalmente desconocidos en relación con la instalación y mantenimiento de equipo nuevo.

La instalación del equipo nuevo marchará con muchísimo menos tropiezos cuando se cuenta con planes elaborados con antelación. Sin embargo, gran parte de esa planeación ocupará meses de trabajo.

Trabajo cíclico.

Tal como la pintura, composuras mayores en máquinas, calderas y equipos en general, pueden programarse algunos meses antes o después, a efecto de reducir al mínimo la posibilidad de interferir otros programas. Esta planeación suministrará una base apropiada para incorporar el trabajo que se hace al finalizar una campaña o durante el periodo de vacaciones.

Cada uno de los distintos niveles de la organización participa en el plan cíclico, así como cualquier otro que se elabore.

Mantenimiento Preventivo.

Gran parte del trabajo de mantenimiento preventivo, inclusive lubricación e inspecciones se llevan a cabo mensual, trimestral, semestral o anualente.

Esta clase de planeación proporciona flexibilidad a proyectos programáticos, tales como los de instalaciones de equipo nuevo, trabajos de carácter cíclico y obras de mantenimiento preventivo, para hacerlos compatibles con las funciones cotidianas de mantenimiento que son precisos para conservar las máquinas e instalaciones en buen estado de servicio.

4.3.3. PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO.

La función del mantenimiento moderno puede expresarse como el empleo de las mejores técnicas de administración, cuya eficacia ha sido comprobada en el trabajo de producción. En ningún campo tiene una más eficaz aplicación este concepto que en el de la planeación y programación.

Los principios de la programación de producción, que sirven también para la de mantenimiento, son las siguientes:

- 1) Los programas deben basarse en lo que es más posible que ocurra, más bien que en lo que quisiéramos que ocurriese. Si se pretende usar el programa como meta, es casi seguro que no se cumplirán las fechas de entrega, y que debido a ello, se pierda la confianza en el método.*
- 2) Hay que tener presente que puede presentarse la necesidad de hacer cambios al programa. Toda desviación apreciable de los planes tendrá que hacerse constar en el proyecto.*
- 3) El programa es un medio para conseguir un fin y no es un fin en sí mismo. El verdadero objetivo es servir al cliente a un costo razonable. Si se prevén necesidades de urgencia, planteadas por el cliente y que hay que atenderlas, habrá que reservar cierta capacidad destinada a este fin. Esto requiere que el programa básico pueda cumplirse, salvo en circunstancias extremas y asegura que las fechas de entrega y terminación no se dejen de cumplir.*
- 4) Los plazos de entrega prometidos deben incluir un margen de tiempo para conseguir material, efectuar trámites y planear, así como máquinas y mano de obra. Los apresuramientos para abreviar los plazos deberán limitarse a un pequeño porcentaje del volumen total.*
- 5) Los registros de carga de trabajo o acumulación de órdenes pendientes correspondientes a máquinas, departamentos o grupos de personal, tienen que comprender el mínimo de detalles necesarios para predecir entregas y suministrar un plan de acción.*
- 6) Materiales, herramientas, personal y accesorios tienen que hallarse oportunamente en cada uno de los puntos de control. El trabajo debe llegar a determinado estado de adelanto en cada punto de control, a efecto de que puede terminarse a tiempo.*

- 7) Todo programa debe fundarse en un estudio del costo más bajo y de la fecha de entrega.

PRERREQUISITOS A LA PROGRAMACION DEL MANTENIMIENTO.

A fin de conservar en forma apropiada estas reglas, se necesita seguir determinados procedimientos y condiciones, entre otras, una previsión de las ventas y el rendimiento, precisar las limitaciones en capacidad provechosa, definir autoridad y responsabilidad y el funcionamiento de los procedimientos de control, todo esto es fundamental.

El alcance y eficiencia de una programación del mantenimiento quedan limitados por el acierto de la orden de trabajo y los procedimientos de control, y de manera muy especial, por el grado y exactitud de la planeación hecha. Los programadores dependen por completo de los planeadores para tener una información precisa. Si ambos, planeadores y estimadores cuentan con una buena información, los programas resultarán acertados, de lo contrario resultará inútil el programa.

La importancia de contar con una información que sirva de base, contribuye a la tendencia natural de identificar el control de producción o programación del mantenimiento con el sistema.

Los mejoramientos son el resultado de cambios en la forma de pensar de la dirección y de las estipulaciones de política administrativa; el sistema no es más que un instrumento para llevar a la práctica y cumplir lo que la dirección se propone. En cuanto a los programas de mantenimiento, al igual que los de producción, es de máxima importancia percatarse de que los procedimientos deben ser el resultado de considerar los fines específicos y no de la simple y supuesta necesidad de contar con ellos.

El suministro de información a los programadores, deberá simplificarse lo más que pueda, para que el tiempo empleado para preparar y analizar los informes sean el menor posible. Los programadores son a menudo

maestros adiestrados para combinar y ajustar los distintos aspectos del trabajo planeado, en un todo programado. Se les destina a la función de control de mantenimiento y su número dependerá del tipo y magnitud de la fábrica, cantidad de trabajadores para los cuales se preparan los programas y complejidad de la tarea de mantenimiento que se va a efectuar.

METODO DE PROGRAMACION.

Estudio de cargas de trabajo y órdenes pendientes.

Al preparar sus programas, el programador buscará hacerlo con dos o tres semanas de anticipación y enumerando el trabajo de rutina, como son: las inspecciones y reparaciones de mantenimiento preventivo, así como los trabajos repetitivos autorizados por órdenes permanentes de trabajo para un determinado periodo, así como las órdenes pendientes de las tareas no rutinarias de importancia, las cuales se consignan en el programa de acuerdo a su prioridad y disponibilidad de materiales.

Una vez fijado el programa de los principales trabajos a realizar en la semana, no deberá interrumpirse, salvo en casos de emergencia. Cualquier cambio en el trabajo o adiciones posteriores a la necesidad de mano de obra por virtud de cambios de prioridad debe ser a expensas del trabajo no programado.

Preparación de Programas.

Para preparar el programa, habrá de considerarse la disponibilidad de oficiales de las varias especialidades, materiales y equipo, la mejor secuencia de operaciones y de los oficios requeridos para ejecutarlas, número necesario de obreros para completar el trabajo y disponibilidad del sitio de la obra. De ordinario sólo se programa 25% de los recursos humanos, reservándose el 25% restante para tareas menores y emergencias.

Conviene hacer notar, además que aun cuando corresponde al personal de control de mantenimiento preparar el proyecto, los supervisores de taller y Área deberán participar de una manera activa en su toques finales, pues con ello se asegura su colaboración, ya que entonces se tratará de "nuestro programa" y no de "su programa".

El programa final y definitivo numerará las órdenes de trabajo mayores en que las Áreas y talleres trabajarán durante la semana siguiente, así como el número de horas de oficios estimados para llevar a término la tarea. El supervisor de Área o taller cubre el 25% del programa (con órdenes menores pendientes). Preparará un programa para cada día de jornada laborable de la siguiente semana, manteniendo una proporción de 25% a 25% entre los trabajos mayores y menores.

Los programas se entregan o se fijan en cada Área y taller, con objeto de que los trabajadores se enteren en que grupo trabajarán la semana siguiente.

Todos los días el supervisor de taller o Área asigna a cada uno de los trabajadores su labor para el día siguiente; de esta manera sabrán por adelantado que es lo que van a hacer, el tiempo calculado para llevar a cabo la tarea, así como los materiales, herramientas especiales y equipo que necesitarán.

Actualmente existen diversos paquetes computacionales para la administración del mantenimiento. Para su selección deberá tenerse en cuenta que sea cual sea el seleccionado, este deberá adaptarse a las necesidades y características de la planta y no al contrario, además de contemplar la posibilidad de que el programa sea compatible con otros programas afines (mantenimiento predictivo, manejo de almacenes, impresión de órdenes de trabajo y reportes, etc.).

4.4 **INSTALACION Y VERIFICACION PERIODICA DE INSTRUMENTOS Y DEL EQUIPO AUXILIAR.**

Para lograr una eficiente operación del equipo de caldeo, se debe observar que se cumplan satisfactoriamente inspecciones y verificación del equipo auxiliar del horno, así como de sus instrumentos y accesorios.

Dichas tareas deberán efectuarse con una periodicidad programada por el personal a cargo del equipo de hornos y comprenderá actividades tales como: verificación de conexiones, válvulas, reguladores, para detectar cualquier fuga de combustible; calibración y limpieza de instrumentos de medición tanto de presión como de temperatura; probar el sistema de protección contra ignición y seguridad de flama; Verificación de ductos, quemadores; chimeneas para detectar cualquier obstrucción debido al polvo y hollín o de cualquier materia extraña; asegurarse del buen funcionamiento de aparatos y controles eléctricos para la buena operación del horno. etc.

De ser posible se deberá contar con normas o reglamentos, en cuanto a las rutinas a realizar para lograr el mayor rendimiento del equipo o instalaciones de los hornos de combustión.

Se deberá considerar tanto rutinas para hornos continuos como para hornos de operación intermitente, contemplando tiempo de realización diario, semanales, trimestrales y de mantenimiento pesado o correctivo cada semestre.

Como ya se dijo anteriormente, la base para la obtención de una eficiencia óptima del horno consiste en la realización de dichas tareas o rutinas que protegen y preservan la vida útil del horno.

El buen desarrollo de estas actividades permitirán, además de mejorar las condiciones de operación, controlar debidamente el equipo, y además de lograr anticiparnos en cierta forma a cualquier falla o anomalía en la operación de los hornos de gas.

Además de dichas actividades, nos permitirán contar con un complejo historial de cada equipo (hornos de gas).

Los resultados favorables dependerán:

- (1) De llevar a cabo las hojas de rutina satisfactoriamente.
- (2) De la disponibilidad del equipo, coordinándose con producción.
- (3) Del personal competente para la realización de los trabajos.

4.5. CONSTRUCCION DE HORNO DE GAS.

Las partes refractarias de los hornos están constituidas en gran parte de ladrillos apilantillados estándares, y es conveniente especificar al horno dimensiones tales que pueda construirse con un mínimo de cortes o labrados de dichos materiales. Los conductos horizontales se hacen de una medida múltiplo de 2 1/2" (63,5 mm), en lo que respecta a su altura, y la mayor parte de sus demás dimensiones se hacen de múltiplos de 4 1/2" (114,3 mm) para que correspondan al ancho y a la longitud de los ladrillos estándares comerciales. La sección de los conductos de humo debe ser lo suficientemente grande para evitar que haya presiones excesivas a las intensidades máximas de combustión. Los conductos deben situarse de tal manera que promuevan la circulación de los gases por todas las partes del horno. Las velocidades medias admisibles en los conductos para hornos sin chimenea son:

Temperatura del horno		Velocidades Admisibles de gases calientes	
°f	°c	ft/seg	m/seg
100	38	9	2.74
1000	538	13	3.96
1500	816	15	4.57
2000	1093	17	5.18

Las secciones totales en conductos necesarias en centímetros cuadrados por metro cúbico de combustible gaseoso y por hora a temperaturas de los productos de la combustión comprendidas entre 500 y 1000 °C son las siguientes:

Temperatura °f (°C)	Acete combustible	Gas Natural	Gas artificial	Gas de horno o coque	Gas crudo de gasógeno
1000 (538)	14.0	0.11	0.06	0.05	0.02
2000 (1093)	12.0	0.15	0.08	0.06	0.02

Las partes metálicas de un horno consisten en el armazón de acero y fundición de sus aleaciones en las partes expuestas al calor directo al horno. Las aleaciones son de níquel o cromo y deben hacerse lo bastante fuertes para compensar su pérdida de resistencia a temperaturas elevadas. Son resistentes a la oxidación a temperaturas inferiores a 1082 °C.

MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE HORNOS.

En la actualidad se han logrado notables mejoras en las instalaciones de tratamiento térmico por el desarrollo y empleo de materiales metálicos resistentes a la corrosión por el calor, para la construcción de hornos. Se trata de aceros que contienen principalmente cromo (Cr), con contenidos adicionales de silicio (Si) y aluminio (Al) o de níquel (Ni) o magnesio (Mg). La resistencia al calor de dichos aceros depende de su composición, abarca de 200 a 1200 °C. Los aceros al cromo-magnesio y al cromo-níquel se caracterizan además por una alta resistencia térmica en comparación con los aceros al cromo-silicio y al cromo-aluminio. En la elección de los aceros, no sólo debe tenerse en cuenta su estabilidad y resistencia al calor, sino también la influencia que sobre los mismos puede ejercer la atmósfera del horno, pues, por ejemplo, los aceros con alto contenido de níquel son sensibles al hidrógeno sulfurado y al gas sulfuroso.

Composición:

Aceros al Cr-Si o al Cr-Ni:

3 a 20% Cr + 2 a 4 % Si ó 0,5 a 2% Al

Aceros al Cr-Ni:

10 a 20% Cr + 4 a 30% Ni + 0,5% Si.

Los hornos mecanizados y automáticos deben su existencia a estos aceros resistentes al calor. El servicio resulta más económica y pulcro, aunque los costos de adquisición sean más elevados.

5. COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO DE HORNOS DE GAS .

Para la determinación de los costos que intervienen tanto en la operación como en el mantenimiento del horno de gas, es primordial contar con datos históricos de reparaciones realizadas al horno desde su instalación hasta el momento de la estimación de las mismas. Debido a que actualmente la fluctuación en los costos, tanto materiales como de mano de obra, hace más difícil su determinación y, por consiguiente, las cantidades determinadas dependerán en gran medida, de encuestas y experiencia prácticas realizadas a industrias de la rama de procesos de manufactura, y de estimaciones realizadas en base promedio a los costos que prevalecen actualmente en el mercado.

Por lo que se refiere a los costos de operación, los cuales incluyen el consumo promedio de combustible empleado para alcanzar una temperatura específica, así como el combustible empleado para calentar cierta cantidad de carga, la amortización del equipo y accesorios, además del desgaste producido de los mismos, no serán contemplados en este estudio, ya que resulta antieconómico calcular o determinar los costos de operación del horno de gas, debido a que estos costos arrojarían información de poca utilidad y con un alto grado de incertidumbre, por lo que es más satisfactorio evaluar el costo requerido por material producido o calentado.

ESTUDIO COMPARATIVO DE COSTOS DE FUNDICION DEL HORNO DE GAS.

Estudio comparativo de los costos de fundir una tonelada de hierro gris, empleando un horno de cubilote, un horno rotatorio de combustión y un horno de resistencia.

Análisis descuido: (2)

C	Si	Mn	P	S
0.40	2.00	0.50	0.12	0.10

I. HORNO DE CUBILOTE.

Kgs	%	MATERIALES	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
100	10	Arrabio	143.75	14,375.00
200	20	Retorno de hierro gris	97.75	19,550.00
300	30	Chatarra	92.00	27,600.00
100	10	Chatarra de Acero	57.50	5,750.00
150	15	Coque	143.75	21,562.50
10	1	FoS (45%)	510.32	5,103.20
15	1.5	Piedra Caliza	6.90	103.50
		Total		<u>\$121,644.20</u>

II. HORNO ROTATORIO.

Kgs	%	MATERIALES	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
100	10	Arrabio	143.75	14,375.00
200	20	Retorno de hierro gris	97.75	19,550.00
100	10	Resaca de hierro gris	17.25	1,725.00
300	30	Chatarra de Acero	57.50	17,250.00
300	30	Chatarra de hierro gris	92.00	27,600.00
30	3	Gratado	138.00	4,140.00
20	2	FoS (45%)	510.32	10,206.40
15	1.5	Piedra Caliza	6.90	103.50
240	16.	Gas L.P.	24.84	5,961.60
		Total		<u>\$100,911.50</u>

III. HORNO ELECTRICO.

Ags	S	MATERIALES	COSTO UNITARIO \$)	COSTO TOTAL (\$)
100	10	Acrabio	143.5	14,375.00
200	20	Setorno de hierro gris	97.5	19,550.00
100	10	Chatarra de Acero	57.7	5,750.00
600	60	Chatarra de hierro gris	92.00	55,200.00
10	1	FeS: (45%)	510.22	5,103.20
15	1.5	Piedra Caliza	6.93	103.50
52	Kwhs.	Energia electrica	9.60	2,369.20
		Total		102,450.90

COMPARACION DE LOS COSTOS:

HORNO	COSTO/TON (\$)	AHORRO
CUBILOTE	121,644.20	
ROTATORIO	100,911.50	20,732.70
electrico	102,450.90	18,193.30

COSTO DEL REFRACTARIO:

HORNO	REFRACTARIO	COSTO
CUBILOTE	Ladrillo	6,586.00
ROTATORIO	Caucita	3,304.00
ELECTRICO	Silice	5,380.00

Dichos costos son aproximados por tonelada de hierro fundido y para la obtención de estos datos se tomo en cuenta el analisis anteriormente citado y una temperatura de 1450 °C.

5.1. FACTORES QUE DETERMINAN LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL HORNO DE GAS.

El conseguir y mantener en óptimas condiciones la operación del horno de gas, implica contar con los requisitos siguientes:

- a) Disponer de personal altamente capacitado, que conozca a la perfección el funcionamiento y los componentes del equipo.
- b) Contar con un completo taller de mantenimiento, en herramientas como en equipo especial para satisfacer las reparaciones del horno.
- c) Tener en existencias un adecuado stock de refacciones, que permitan realizar el mantenimiento del horno, con un mínimo de tiempos muertos.
- d) Disponer de una amplia comunicación entre mantenimiento y producción para coordinar adecuadamente la aplicación del mantenimiento al equipo, con la mínima pérdida para la producción.

ESTIMACION DE COSTOS DE REFRACTARIO POR TONELADA DE ACERO PRODUCIDO.

Debido a que la aplicación de una reparación al horno implica el empleo de materiales refractarios en grandes cantidades, por consiguiente, serán analizados los costos de una reparación normal al horno, por concepto del refractario aplicado.

Para la estimación del costo por materiales refractarios utilizados, se tomarán en cuenta los siguientes factores:

- 1) Tonelaje de acero producido en su campaña del horno.*
- 2) Cantidad de materiales refractarios utilizados en la reparación al finalizar su campaña, así como, los materiales refractarios utilizados en su mantenimiento preventivo en dicha campaña; estas últimas se considerarán y, para su análisis, se estiman como si fueran aplicados en la reparación general al horno.*

A continuación se exponen los costos, por concepto del material refractario y material aislante por tonelada de acero producido, y tomando como base una reparación normal, además de considerar un horno de hogar abierto (piso móvil).

<u>DESCRIPCION</u>	<u>CLASE</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>PRECIO UNITARIO</u>	<u>COSTO TOTAL</u>
Ladrillo normal (rojo) de construcción	Dimensiones estándares	216	28.75	6,210.00
PARED O FONDO DEL HORNO				
Arco del fondo CRUZITE-M	Rectangular 9 X 4 1/2 X 2 1/2	88	1,009.70	88,853.60
Parte intermedia CRUZITE-M	Rectangular 9 X 4 1/2 X 2 1/2	40	1,009.70	40,388.00
Parte intermedia EMPIRE-M	Rectangular 9 X 4 1/2 X 2 1/2	30	330.40	9,912.00
Cantos o Inclinación de la pared	Dovela Canto No. 1 9 X 4 1/2 X (2 1/2 X 2 1/4)	4	2,501.60	10,006.40
Parte inferior (ladrillo normal)	Estándar de ladrillo rojo	70	28.75	2,012.50
PUERTA DEL HORNO				
Arco de la Puerta	Rectangular KX-99M 9 X 4 1/2 X 2 1/2	32	658.60	21,075.20
Cuerpo de la Puerta	Rectangular KX-99M 9 X 4 1/2 X 2 1/2	94	658.60	61,906.40
PARED O TECHO DEL HORNO				
Arco de la pared 9 X 4 1/2 X 1 1/4	Tejo # 1 CRUZITE-M	558	1,099.70	613,632.60
DUCTO DE LA CHIMENEA				
Costados de la chimenea	Rectangular (EMPIRE-M) 9 X 4 1/2 X 2 1/2	60	330.40	19,824.00
Paredes Superior e inferior	Rectangular (EMPIRE-M) 9 X 4 1/2 X 2 1/2	87	330.40	28,744.80
Materiales adicionales				
Mortero tipo 1	SATANITE M	295	173.10	51,064.50
Placa de aislante (lana mineral)	Colchoneta espesor 2 1/2 "	2	6,650.00	13,300.00
Revoque en seco	GRENCOTE M	90	165.00	14,922.00
Cemento para construcción	Portland Tipo Normal	40	30.00	1,200.00
			<u>COSTO TOTAL</u>	<u>\$983,054.00</u>

5.2. OBJETIVOS DE COSTO PARA EL CONTROL DEL MANTENIMIENTO.

Es factible lograr un estrecho control del costo de mano de obra de mantenimiento, recurriendo a la aplicación de normas de trabajo, para las distintas operaciones de dicha función

Ahora bien, el control del costo de la mano de obra de mantenimiento, al igual que el de materia prima y accesorios, puede desarrollarse con base a los costos históricos, haciendo un desembolso mínimo de restauración y mantenimiento; Pero estos controles se fincan en una base más amplia, más general y, por ende, no pueden reflejar con exactitud las muchas variables relacionadas con la medición del mantenimiento

Aún cuando un programa con objetivo de costo puede ser de utilidad para una sola industria, su principal ventaja es cuando se establece en varias plantas iguales.

La finalidad básica del programa es estimular la reducción del costo de mano de obra de mantenimiento y materias primas, comparando el precio real con el que se sabe es posible obtener. Se puede conseguir un cierto equilibrio entre el beneficio potencial y el costo de restauración y mantenimiento, mediante un programa de objetivos de costo. Por consiguiente, los objetivos de costo no son normas de costo, ya que estas últimas representan un nivel esperado que puede haber sido alcanzado o no en el futuro.

El objetivo de costo consiste en precisar lo que cuesta la función de mantenimiento. El objetivo debe constituir un reto y habrá de ser realizable sólo por medio de un esfuerzo adicional. Por ésto mismo, el objetivo tiene que

ser realista, pues de otro modo será menospreciado como impracticable o imposible.

Un objetivo de costo proporciona un fin realista a que apuntar, y el grado hasta el cual se ha visto realizado, y puede medirse para mostrar los niveles de desempeño conseguidos en un lapso determinado.

La finalidad de un programa de objetivos de costos tiene por propósito reducir la mano de obra de mantenimiento y el costo del material hasta un nivel mínimo, compatible con buena producción, alta calidad y buen estado de las instalaciones.

Esto puede conseguirse estimulando al personal de mantenimiento y producción para que saquen mejor partido de su tiempo, material y accesorios, y no abusen o deterioren las instalaciones del equipo.

5.2.1. OBJETIVOS DE COSTO EN EL EQUIPO.

Los objetivos de costo en maquinaria se expresan en valores monetarios de mano de obra o material para el mantenimiento, cargable a la maquinaria, equipo auxiliar u horas hombre de mano de obra. Por ejemplo: un objetivo de costo podría expresarse como 0.50 de pesos por horas, por mes o en combinación de una constante que podría ser 10.00 pesos por día de operación, más 2 pesos por 100 lbs. producidos.

La interacción de costo correspondiente a cada unidad de la instalación (tábil, máquina, línea, equipo, grupo, etc.) se modifica hasta una base común para los cambios de costo de mano de obra y material, a partir del período de referencia. El costo unitario por determinante se prepara por mes o período, el mes más bajo o el promedio de los tres a seis meses más bajos, se selecciona como objetivo. Un ejemplo sería 0.75 de pesos, por hora de funcionamiento de maquinaria por pes

Por lo general, los objetivos de costo unitario son función de un solo determinante, pero sin que ello quiera decir que no se puedan combinar para unidades de instalación. Si es que se considera conveniente. El objetivo de costo se expresa en dinero por hora de operación de la línea, o puede expresarse en dinero por peso de un ciento o por millar de unidades producidas.

VENTAJAS DE LOS OBJETIVOS DE COSTO.

- (1) Son fácilmente comprendidos porque se basan en términos familiares.
- (2) Se preparan con facilidad, cuando se cuenta con información de costos históricos.
- (3) Representa las condiciones anteriores reales, en el caso de objetivos intrafábrica.
- (4) Se utilizan fácilmente en comparaciones de desempeño de fábrica en empresas que cuentan con varias fábricas.
- (5) Son unidades comunes que pueden expresarse en la medición de los resultados del departamento de producción, lo mismo que de mantenimiento.
- (6) Proporcionan una base para comparar el costo de mantenimiento a equipo hecho por diferentes fabricantes.
- (7) Se implantan y conservan con un costo relativamente bajo.

DESVENTAJAS DE LOS OBJETIVOS DE COSTO.

- (1) Se basan en registros anteriores, que deben abarcar un período razonable.
- (2) Se obtienen de datos históricos que pueden ser impropios o representar un desempeño muy deficiente.
- (3) No son sensibles a diferencias en distribución, métodos, herramientas, edad del equipo, clase de productos, etc.

- (1) Se aplican por mes o a veces por trimestre, lo cual dá por resultado un intervalo entre el momento en que se tiene lugar un costo y en el que se mide en el informe de control.
- (2) La diferencia de desempeños resulta, a veces, difícil de identificar.

BENEFICIOS DE UN PROGRAMA DE OBJETIVOS.

Muchos beneficios resultan de proporcionar metas de costos de mantenimiento y medir el desempeño real del costo, cotejándolo contra las siguientes metas:

- 1) Pesatir la administración y supervisión de mantenimiento a que mejoren el costo de su función
- 2) Alentar a los directores y supervisores de la producción a que mejoren la supervisión del personal a sus órdenes, y a que lleven a cabo las operaciones en forma que se logre un óptimo deterioro del equipo y se mejore el costo de mantenimiento
- 3) Identificar el empleo de los materiales y accesorios de mantenimiento para un mejor control
- 4) Enfocar la atención de los departamentos y unidades de alto costo. Mediante un esfuerzo sostenido para disminuir el costo de mantenimiento, en diez departamentos o unidades de equipo con costos más altos, el departamento de mantenimiento podrá poner en obra, de una manera constante, un programa de reducción de costos.
- 5) Los objetivos de costo unitario pueden ser particularmente eficaces para sacar a flote las deficiencias mecánicas de ciertas máquinas; el resultado será efectuar cambios o modificaciones de diseño, así como mejoramiento a máquinas, equipo e instalaciones, disminuyendo el costo del mantenimiento y el número de paros, además de mejorar la calidad.

5.2.2. DETERMINACION DEL NIVEL DE MANTENIMIENTO MAS ALTO FACTIBLE, SIN AUMENTAR EL COSTO.

Este nivel se fija mediante un análisis de los informes de producción y tiempo, según se explica enseguida. La fijación debe ser por un período determinado a efecto de que se equiparen las unidades de tiempo.

Primeraente, se establece el número de horas de paro de maquinaria, debido al mantenimiento deficiente. Esto puede hacerse, analizando el informe de paros y determinando la cantidad de los mismos, imputable a un fallo del equipo, y los que son resultado de la actuación personal o de carencias o defectos de material y pueden imputarse a un mal mantenimiento.

El fallo puede ser la consecuencia de:

- a) Una deficiencia de las prácticas de mantenimiento programadas.
- b) Deficiencia en el diseño mismo de la máquina o equipo.
- c) Descuido del trabajador, negligencia, sabotaje, etc.
- d) Accidente, fallo de la energía, incendio, etc.

El tiempo de paro debido a fallas en la maquinaria o equipo también queda incluido. El retiro planeado de un equipo de la línea de producción para efectuar en ella el trabajo de mantenimiento previsto, no se registra como paro por falla mecánica. Al asignar un costo equivalente por hora de paro a cada máquina, equipo o pieza, el controlador debe incluir las operaciones que dejan de hacerse cuando se suspende el funcionamiento de un mecanismo importante.

El siguiente paso a seguir es el determinar la cantidad de desperdicio y las piezas defectuosas que son nuevamente elaboradas.

Quizá esto exija una modificación de los índices de desperdicio o repaso de piezas, para relacionar esas pérdidas en la producción a su causa, como podría ser falta del operador, material, herramienta o defectos en el diseño del equipo.

Luego se precisará el monto de reposición de equipo o depreciación excesiva, causada por un mantenimiento inadecuado. Deberá precisarse la cantidad de depreciación no garantizada, originada por deficiencia de la función de mantenimiento.

Habrá que determinar la pérdida monetaria, causada por los aspectos antes mencionados.

5.2.3. DETERMINACION DEL NIVEL OPTIMO PARA UN FUNCIONAMIENTO ECONOMICO DE LA PLANTA.

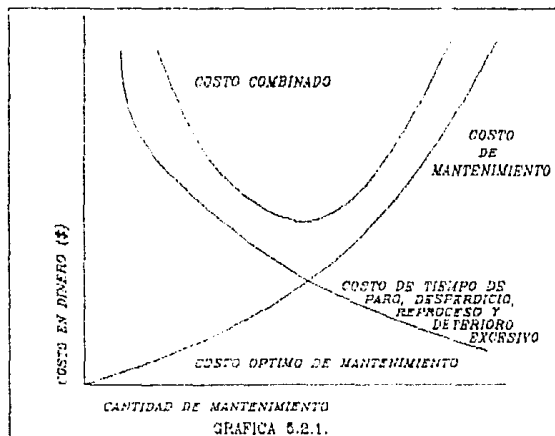
Debe precisarse qué cantidad de mantenimiento debe hacerse durante el tiempo de vida del equipo para prevenir un deterioro y desgaste indebido, así como el tiempo de paro y el desperdicio, incluyendo las reparaciones grandes a intervalos fijos, mantenimiento preventivo y reparaciones, a efecto de que el resultado refleje con exactitud la depreciación normal. Esta determinación es cuestión de análisis o criterio.

Otra técnica consiste en suponer que el equipo se halla en buenas condiciones de funcionamiento, sin mantenimiento diferido y analizar, de acuerdo con ello, las necesidades de sostenimiento. La fuerza de mantenimiento deberá aumentarse, a continuación, para conseguir montos óptimos de tiempo de paro, desperdicio y deterioro. Aquí también el análisis es cosa de criterio acertado.

Ahora bien, el nivel óptimo de mantenimiento para una instalación determinada, es el punto en que los costos combinados de mantenimiento, tiempo de paro, desperdicio, repeticiones y deterioro prematuro son mínimos. La forma de precisar el monto óptimo de mantenimiento se expone en la figura siguiente. Si los costos combinados se encuentran a la izquierda del punto mínimo de la curva, quiere decir que el mantenimiento es insuficiente. Por el contrario, si dichos costos se hallan a la derecha del punto mínimo, es porque el mantenimiento es exagerado.

La posición del punto mínimo de la curva dependerá de la forma de las otras dos. Sin embargo, para fines prácticos, debemos considerar que el mínimo se encuentra en el punto en el que el costo de mantenimiento es igual a los costos de tiempo de paro, desperdicio, etc.

Una vez determinado el nivel óptimo de mantenimiento se hace necesario pasar el siguiente problema, que se relaciona con el nivel real del mantenimiento.



EVALUACION DEL NIVEL DE MANTENIMIENTO.

¿A que nivel de mantenimiento se obtiene un beneficio óptimo?

¿Cómo puede basarse o evaluarse a ese nivel la cantidad de mantenimiento?

La finalidad de la evaluación es detectar cualquier desviación entre el nivel de mantenimiento indispensable para conseguir los objetivos de la producción y el nivel de para real.

El problema a que tenemos que enfrentarnos aquí es el de determinar el costo real de mantenimiento indispensable para conseguir los objetivos de la producción y el nivel real.

El problema a que tenemos que enfrentarnos aquí es el de determinar el costo real de mantenimiento y el óptimo. Es por consiguiente natural que haya que adoptar equipo automático para substituir a la energía humana en muchas tareas.

Esta tendencia hacia un empleo cada vez mayor de equipos complicados acentúa el problema de mantenimiento. Porque ¿Cuánto mantenimiento se necesita si hay demasiado personal empleado en ese función y trabaja eficientemente. Habrá demasiado mantenimiento y con ello un nivel de mantenimiento superfluo, o en caso contrario, si no eficiencia o personal suficiente, el nivel será ineficiente.

5.3. ECONOMIA DE COMBUSTIBLE EN LOS HORNOS.

Los términos "Economía y Rendimiento", al aplicarse a los hornos industriales, se refieren al costo de calentamiento por unidad de peso producido determinado.

El costo de calentamiento incluye no solamente el costo de combustible, sino también el costo de la calefacción y el costo de la explotación del horno, la amortización de este, los costos de mantenimiento, el costo de generación de una atmósfera protectora y el costo de las piezas quemadas, estropeadas o rechazadas por cualquier motivo. Además, incluye el costo de mecanización de aquellas piezas que la inspección encuentra defectuosas a causa de un calentamiento inapropiado. Finalmente, incluye el costo de la manipulación del material dentro y fuera del horno.

Interviniendo tantos factores diferentes en el costo de calentamiento, es muy posible que en algunos casos el combustible u otro material de energía térmica de precio superior pueda resultar el más barato al final, en lo que se refiere al costo total de calentamiento.

En el calentamiento de algunos metales, por ejemplo el acero, se proporciona una parte del calor por combustión de la carga (oxidación), el calor de combustión del hierro o del acero es de 1340 a 1800 Kcal/Kg de hierro, según sea el tipo de óxido formado, siendo la media 1585 Kcal/g. Si se calienta acero a 1204 °C se pierde, por lo general, de 1 a 4% del peso de la carga al formarse la escoria, lo que constituye la "pérdida del horno". En consecuencia de 14350 a 37000 Kcal/ton neta de acero se originan en la combustión de una parte de la carga, esto constituye una fracción mínima del calor, sin embargo, esta fracción es muy costosa, puesto que el acero con 1585 kcal/kg cuesta 10 veces

más que una tonelada de carbón con 3680 a 7200 kcal/kg. En la práctica nos encontramos con muchos hornos en los que el costo del combustible es el factor principal a estudiar, aparte de los otros factores que forman la suma total del costo del calentamiento.

La economía del combustible exige que la tracción del calor total que pasa a la carga sea tan grande como sea compatible con un calentamiento correcto. El primer paso para conseguir esto requiere la solución de dos problemas: el primero, determinación de las pérdidas de calor y de los métodos de reducirlas; y el segundo, determinación de la cantidad de combustible o energía eléctrica que se necesita para calentar una cantidad de metal a una temperatura determinada y en un horno dado.

El calor perdido por el exterior de las paredes del horno constituye uno de los aspectos sobresalientes que afectan a la economía de los hornos y que debe examinarse ampliamente. Las pérdidas por las paredes durante el funcionamiento continuo de un horno no son diferentes de las pérdidas por paredes del mismo horno, si éste funciona de modo intermitente.

La economía de combustible en los hornos se expresa, por lo general, como la cantidad de combustible gastada para calentar un peso unitario de la carga, mientras que el rendimiento térmico de los hornos se expresa por la relación:

$$\text{Rendimiento térmico} = \frac{\text{Calor de la carga}}{\text{Calor en el combustible consumido para calentar la carga}}$$

Del estudio de las pérdidas, resulta evidente que el rendimiento térmico de un horno depende no sólo de su forma sino también de su funcionamiento y de los requisitos de uniformidad de la temperatura. Si por ejemplo, se calientan pocas piezas pequeñas en un horno grande, el consumo de combustible por unidad de material calentado será extremadamente elevado, siendo indiferente que el horno no se caliente especialmente para estas piezas o se mantenga caliente durante todo el tiempo. En el primer caso, se emplea una gran

parte del calor para elevar la temperatura de las paredes del horno, y en el segundo, las pérdidas de calor por radiación y convección, además de las pérdidas continuadas en los gases quemados bajan el rendimiento térmico a un valor extremadamente pequeño.

El método general de cálculo del consumo de combustible de un horno determinado y para calentar un cierto material, incluye las siguientes operaciones:

Primera. debe determinarse la cantidad de calor que va a diversos lugares del horno, haciéndolo para un ciclo de calentamiento completo y teniendo cuidado de no omitir ninguno de ellos.

En segundo lugar, debe encontrarse la tracción de potencial calorífico del combustible que está disponible para el calentamiento del horno. En los hornos de combustible, esta tracción representa la diferencia entre el poder calorífico del combustible y el calor arrastrado por los productos de la combustión. El cociente:

$$\frac{\text{Calor requerido para el horno}}{\text{Calor disponible por unidad de volumen}} = \text{Necesidad de combustible del horno.}$$

Puede expresarse en la cantidad de combustible por hora, por día o por semana, o por toneladas de material calentada, por incluyendo siempre la totalidad del ciclo de calentamiento, es decir, el tiempo de calentamiento y de espera.

A veces, el consumo de combustible se divide en dos partes, una que se denomina "constante del horno" o "consumo de mantenimiento", que es igual al consumo necesario para mantener caliente el horno vacío; la otra es igual al consumo de combustible suplementario necesario para calentar solamente la carga, independientemente del horno.

El ahorro obtenido en el empleo de combustible es la principal razón del uso del material aislante en los revestimientos de hornos industriales. Aunque en muchos procesos de calentamiento industrial, el costo de combustible representa tan sólo una pequeña fracción del costo total de manufactura, existen otros procesos en los que el combustible representa una parte considerable del costo.

A veces, en un mercado de muchos vendedores, la competencia se hace tan acuciosa que la diferencia entre la economía y el consumo de combustible determina frecuentemente la diferencia entre el beneficio y la pérdida. Por tal razón, deberá prestarse atención a los diferentes métodos existentes para la economía del calor, los cuales se citan a continuación:

- a) Reducción de las pérdidas por paredes, incluyendo las pérdidas por almacenamiento.
- b) Aplicación del calor a elevada temperatura, hacia una carga que se encuentra a baja temperatura y sin pérdidas.
- c) Precaalentamiento de la carga por la recuperación del calor de los humos de la combustión.
- d) Precaalentamiento del combustible, aire o ambos por la recuperación del calor de los humos de combustión.
- e) Empleando Calderas de recuperación.

AHORRO DE COMBUSTIBLE POR EL METODO DE PRECALENTAMIENTO DEL AIRE DE LA COMBUSTION.

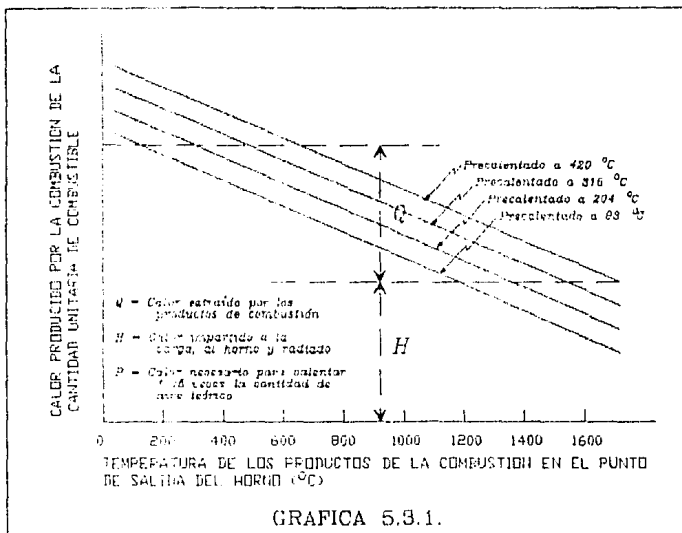
Este método consiste en el empleo del calor de los gases quemados para precalentar el aire de la combustión, el combustible o ambos. En relación con este método, son de interés práctico las siguientes cuestiones:

- 1) *qué tracción de combustible puede ahorrarse, por medio del precalentamiento a una temperatura determinada del combustible o del aire.*
- 2) *qué tipo y qué superficie de calefacción se necesitan para alcanzar el precalentamiento deseado.*
- 3) *en qué condiciones es recomendable utilizar los dispositivos de precalentamiento.*

La tracción de combustible que puede ahorrarse por el precalentamiento del aire de combustión puede calcularse fácilmente por el método siguiente:

Construyendo la siguiente gráfica, en la que "Q + H" es igual al calor producido por la combustión de una cantidad unitaria de combustible; Q = al calor extraído del horno por los productos de combustión, incluyendo un 5% del exceso de aire (por cantidad unitaria de combustible) y H = al calor dejado en el horno por los productos de la combustión (cuanto mayor es la temperatura de los gases quemados, mayor es "Q" y menor "H" Para el precalentamiento de un 10% de la cantidad de aire que se necesita para la combustión de la cantidad unitaria de combustible a una temperatura dada, se necesitan "P" cantidades de calor. Es evidente que H = al calor utilizado, cuando no existe precalentamiento y que "H + P" es el calor empleado cuando existe aquel. En consecuencia, los consumos de combustible son proporcionados a "1/H" y a "1/(H+P)", mientras que la economía del combustible será igual a:

$$\frac{\frac{1}{H} - \frac{1}{H+P}}{\frac{1}{H}} = 1 - \frac{H}{H+P} = \frac{P}{H+P} = \frac{1}{\frac{H}{P} + 1}$$



GRAFICA 5.3.1.

La gráfica anterior (5.3.1.1) así como la ecuación se fundamentan en que el precalentamiento se realiza solamente por los gases quemados y no se incluye el precalentamiento por el paso del aire a lo largo de las partes calientes del horno.

La economía del combustible, indicada por la ecuación, se ha calculado para combustibles ricos, tales como: gas natural, gas propano, gas butano, carbón, etc.

Puede seguirse un razonamiento análogo para el caso de precalentar, tanto el aire como el gas, pero este método se emplea actualmente en raras ocasiones en la práctica de los hornos de calentamiento y recocido.

5.3.1. ECONOMIA EN EL USO DE MATERIAL AISLANTE.

En la operación del horno, el gradiente de temperaturas de la cara interior a la exterior origina un flujo de calor a través de las paredes, que constituye una tracción considerable del calor total requerido para mantener el horno en operación. Mediante el empleo adecuado de refractarios que soporten altas temperaturas, es posible aislar adecuadamente la mayoría de hornos industriales, obteniéndose un ahorro considerable en combustible, debido a la menor tracción de calor a través de las paredes del revestimiento del horno.

Mediante un empleo de material aislante se logra también una economía en tiempo. Para una misma capacidad del quemador, el tiempo necesario para llevar un horno hasta su temperatura de operación normal depende de la capacidad de almacenamiento de calor del refractario, así mismo, la rapidez con que el calor penetra a través de él, y debido al uso del aislante, la cantidad del calor retenido por el revestimiento refractario aislante se disminuye, obteniéndose como consecuencia una disminución en el tiempo requerido para calentar el horno. Dicha disminución es del orden del 30 al 90%, y como consecuencias, reflejándose también en un ahorro en hombre-hora y aumento en productividad.

5.3.2. RENDIMIENTO DEL HORNO DE COMBUSTION.

Al estudiar la economía de combustible de los hornos industriales, es de sorprender en general el bajo rendimiento térmico, mientras que los rendimientos de las calderas son del orden del 80 al 90%, e incluso superiores, los rendimientos de los hornos son algunas veces tan bajos como un 5% en los

hornos de combustible, y no mucho más en los eléctricos si se incluye el rendimiento térmico de la energía eléctrica en esta comparación. En condiciones favorables, con un excelente y costoso proyecto, y con un buen funcionamiento, puede obtenerse rendimientos en los hornos hasta el 60%, e incluso un poco mayores, pero estos valores tan elevados son excepciones de la regla general.

Se entiende aquí por "rendimiento" al cociente de combustible, que es la relación entre el calor aportado a la carga y el calor potencial del combustible, medida en pruebas de larga duración.

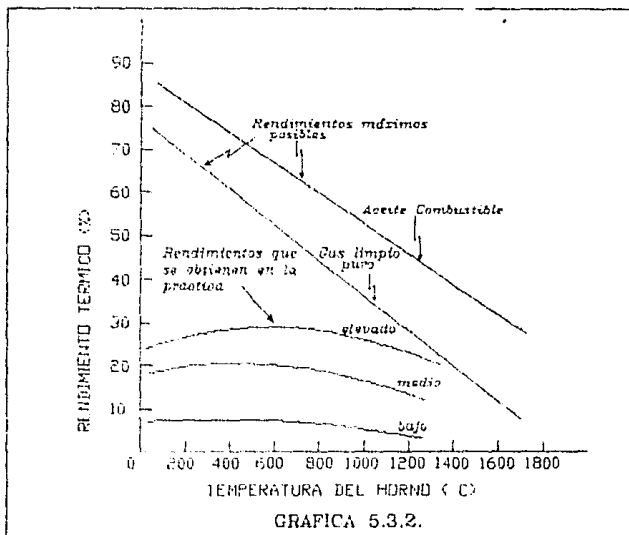
Una razón de la diferencia existente en el rendimiento térmico de las calderas y de los hornos industriales es la temperatura final del material a calentar. Los gases pueden dar calor a la carga tan sólo cuando están muy calientes que, al ser la consecuencia, los gases de combustión deben abandonar el horno a temperatura muy elevada, excepto durante el corto tiempo de arranque del horno frío. Básicamente en que los productos de combustión abandonan un horno industrial a una temperatura que sobrepasa en 200°C la de la carga, se han dibujado dos curvas, casi rectas, en la figura de la página siguiente.

Estas indican el rendimiento térmico máximo posible de los hornos industriales en función de la temperatura de los mismos. En los hornos que queman combustible, el rendimiento térmico no puede ser incrementado, a no ser que se instale un equipo costoso para aprovechar el calor de los productos de combustión salientes. La experiencia ha demostrado que los hornos con un equipo costoso de recuperación de calor deben ser manejados cuidadosamente si se desea mantener un elevado rendimiento térmico.

Las curvas de rendimiento máximo posible que aparecen en la figura se han calculado para hornos simples, sin precalentamiento de la carga, combustible a aire.

En general, el rendimiento térmico de los hornos industriales queda muy por debajo de los valores indicados por las curvas ideales. La divergencia es particularmente notable en los hornos de baja temperatura siendo la razón de esta divergencia el hecho de que los productos de combustión deben

ser entrados antes de permitirles estar en contacto con la carga. En los hornos industriales se consigue el entriamiento de los productos de combustión por un exceso de aire o por contacto con superficies frías, o ambos métodos a la vez, siendo los dos costosos.



5.3.3. MÉTODOS PARA ECONOMIZAR CALOR.

Los métodos para economizar calor comprenden el uso de recuperadores o regeneradores, calderas calentadas por calor perdido o de desecho, aislamiento de los refractarios, control automático de la temperatura y la atmósfera y atención especial a la construcción y funcionamiento del horno.

Los recuperadores y regeneradores extraen algo del calor de los productos de la combustión que escapan y retornan al horno, precalentando el aire de combustión o el combustible de alimentación. En los recuperadores, se mantiene una circulación continua de los gases calientes y del aire o el combustible de entrada fríos a través de los conductos metálicos o refractarios que separan las dos corrientes de gases, pero que transmiten calor por conducción en la corriente más caliente a la más fría. Los recuperadores se construyen en forma de grupos de unidades, o elementos, envueltos los unos por los otros, y colocados por encima del suelo o en techos practicados por abajo del nivel del piso. Se hacen de lebrta de arcilla refractaria, de carburo de silicio o de metal resistente al calor. Los coeficientes totales de transmisión de calor en los recuperadores metálicos están comprendidos entre 12 y 19 Btu Cal/cm²h °C, y en los recuperadores de carburo de silicio, son aproximadamente los mismos. En estos el coeficiente para recuperadores de arcilla refractaria es considerablemente menor que esos valores. Las velocidades usuales del aire caliente en los recuperadores no exceden 3.5 m/s, con el fin de mantener la caída de presión en un valor razonable.

Los regeneradores se emplean especialmente en donde se requiere una temperatura alta del aire precalentado para mantener alta la temperatura del horno. Se construyen generalmente de ladrillos refractarios y constan de dos cámaras llenas de un saquellado torcido con ellos. Las circulaciones de los gases producto de la combustión y del aire, o del gas, que va a ser calentado se invierten periódicamente, de manera que pasen alternativamente los gases

calientes y los trillos a través de las dos cámaras. El jaquelado de ladrillos retiene el calor de los gases calientes y lo cede a los trillos en cada inversión. Otro modelo de regenerador emplea placas metálicas. Los regeneradores son más costosos que los recuperadores en la mayoría de los casos y no se emplean frecuentemente en hornos de calentamiento, pero su empleo con hornos Martin-Siemens, o de hogar abierto, es casi universal. El coeficiente total de transmisión de calor en los regeneradores varía de 7.3 a 12.2 Cal/m² de superficie del jaquelado por hora y por grado centígrado de diferencia de temperaturas, y la velocidad usual de la masa de los gases calientes a través de los huecos del jaquelado es de unos 0.17 kg/m² s.

La economía lograda con los recuperadores o regeneradores depende de la temperatura la que sea precalentado el aire o el gas, de entrada. Con una temperatura de los productos de la combustión de 800 °C, la economía teórica en combustible con un precalentamiento de 110 °C del aire de combustión es aproximadamente del 12; con 120 °C, 11%; con 130 °C, 10%; y con 140 °C, 9%. Una instalación de recuperador o de regenerador, para que sea una buena inversión, debe manifestar una economía neta satisfactoria, después de haber deducido todos los costos de reparaciones y del tiempo perdido en paros para realizar tales reparaciones, con el ahorro conseguido en el combustible consumido.

El control automático impide el desperdicio de calor por temperaturas innecesariamente elevadas, períodos fríos evitables, y aire excesivo o combustible sin quemar por combustión defectuosa. De mayor importancia aún es la prevención contra daños al producto calentado ocasionados por sobre calentamiento, oxidación excesiva y reacción química inconveniente entre la atmósfera del horno y el producto (principalmente descarburización y recarburización). Los reguladores automáticos de temperatura son accionados por termopares introducidos dentro del horno. El termopar o par termoelectrónico no debe estar situado en la trayectoria directa de las flamas, las cuales no sólo tienen efectos de gradiente sino que la temperatura del horno, sino que además son de temperatura extremadamente variable y no dan indicación de la temperatura media. La regulación automática de la atmósfera para conservarla adecuada para una buena combustión se lleva a cabo proporcionando apropiadamente el combustible y el aire comburente en sus entradas respectivas al horno. Esto se consigue utilizando alguna de las características de circulación de uno de los

fluidos para regular la circulación del otro. El regulador automático de presión acciona los registros de los conductos de hulla de un horno con el fin de mantener una presión constante predeterminada (ordinariamente alrededor de 0.025 a 0.125 cm de agua) en la cámara de calentamiento, con lo cual se impide que se penetre oxígeno libre de la atmósfera circundante.

El cuidado en la construcción y el funcionamiento del horno es más simple, pero también el más frecuentemente descuidado de todos los procedimientos para economizar calor. Se puede ahorrar una gran cantidad de combustible teniendo cuidado en la construcción de las partes refractarias del horno para hacerlas herméticas, dando la debida atención al cierre de todas las puertas, y cuidando que las demás aberturas del horno se mantengan cerradas cuando no se estén utilizando.

5.4. EFFECTO DEL COMBUSTIBLE SOBRE EL REVESTIMIENTO DEL HORNO.

Se sabe que en el límite metal-revestimiento se crean unas condiciones que favorecen al surgimiento de burbujas de CO. Cualquier revestimiento es de por sí material que tiene una cantidad menor o mayor de poros pequeños o grandes. Las fuerzas de tensión superficial no permiten que el metal llene estos poros, dando como resultado que entre las superficies de los poros del revestimiento siempre haya cavidades llenas de gas, mientras que en la superficie del metal existen elevadas concentraciones de las sustancias tensoactivas. La existencia de las cavidades burbujas de gas preparadas en los poros del revestimiento refractario proporciona la posibilidad de que el límite revestimiento metal transcurre la reacción de oxidación del carbono.

Si después de la colada de la fundición se hace el análisis de la capa de revestimiento que ha estado en contacto con el metal, resulta que contiene una cantidad notable de óxido de hierro. Así, por ejemplo, según los datos experimentales, las capas superficiales de la solera después de la colada contenían del 15 al 25% de FeO y del 1,5 al 3% de Fe₂O₃.

Durante la fusión y efervescencia del metal se produce la reducción de estos óxidos de hierro con el carbono, y antes de la desoxidación, la solera contiene para todos los aceros de alto contenido de carbono del 15% al 21% de FeO y del 2 al 4% de Fe₂O₃ y para los aceros de bajo contenido en carbono del 18 al 28% de FeO y del 2 al 4% de Fe₂O₃. Al reducir los óxidos de hierro mediante el carbono a consecuencia de la formación del monóxido de carbono, en las capas superficiales crean poros de 1 a 2 mm, lo cual estimula complementariamente la efervescencia del metal en el límite de separación metal-revestimiento refractario de la solera del horno. Con la extinción de la

errescencia, empieza a manifestarse la dependencia entre el grado de oxidación del metal y el de la oxidación de la escoria, por lo que durante la fabricación del metal de concentración reducida de carbono, la resistencia del revestimiento del horno puede disminuir.

La intensidad del desgaste del revestimiento durante la marcha de la fusión varía considerablemente en el período inicial del suministro de aire, y en el período final (temperatura alta y elevado grado de oxidación de la escoria). Todas las medidas para la disminución de estos dos períodos conducen al aumento de la resistencia del refractario. Así, al aumentar el suministro de aire, se mezcla más energicamente el metal y la escoria con lo que aumenta el desgaste erosivo de los refractarios, pero al mismo tiempo, el proceso de escorificación se acelera y se reduce la duración de fusión.

La eficiencia de un horno industrial es la relación del calor absoluto por el material calentado al calor de combustión del combustible quemado.

La tabla 5-1 da las condiciones medias de calor que debe dar el combustible de los hornos industriales típicos por calentamiento. Los valores son para hornos sin complementos economizadores de calor, recuperadores, regeneradores, calderas, etc. y excepto cuando se indica lo contrario, y además muestran el rendimiento y las calorías requeridas en el combustible por kilogramo neto de metal caliente calentado. Los valores son para las intensidades medias de calentamiento. La economía del combustible es de poca importancia en relación con la cantidad del producto.

En los hornos calentados a base de gas (L.P. o natural), se asegura un incremento en la eficiencia del mismo, colocando canales regenerativos a ambos lados de la cámara de combustión, permitiendo con ello que el aire y combustible entren al horno para aumentar la temperatura del horno, que en consecuencia permitirá lograr un aumento en la calidad del metal que se trabaja y alta eficiencia del mismo, o calentando el aire suministrado, ya sea por tiro forzado o inducido, logrando en consecuencia obtener mayor eficiencia del horno.

En sí son muchos los factores que intervienen para lograr una eficiencia óptima del horno de gas, considerándose a continuación los más importantes:

- 1) *obtención de una relación óptima de combustión aire-gas que nos permita obtener el aprovechamiento máximo de la energía calorífica generada*
- 2) *El diseño y construcción del horno y sus accesorios (ventilador, medidores, reguladora, etc.), logrando con ello obtener eficiencias bastante altas.*
- 3) *Disposición de los quemadores, diseño y construcción de los mismos, para lograr la combustión perfecta y, en consecuencia, el aprovechamiento del total de calor liberado*
- 4) *La cantidad de combustible y la velocidad en que se administre, podrá lograr obtener temperaturas altas en corto tiempo.*
- 5) *Tamaño y dimensiones de la cámara de combustión, además de una total hermeticidad de la misma*
- 6) *Reducir las pérdidas de calor tanto por aberturas, como por puertas y paredes del horno*

Como se ve, para lograr una buena eficiencia del horno, no es únicamente el llevar el horno a una temperatura determinada, sino mantenerla constante durante un intervalo mínimo de tiempo, sin variaciones marcadas en las condiciones iniciales de operación del horno, que en resumidas cuentas nos permitan suministrar la máxima cantidad de calor al material a trabajar, consiguiéndose en base a la máxima cantidad de calor de combustión de combustible a quemar

TABLA 5.5. 1.

TIPO	TEMPERATURA (GRADOS CENTIGRADOS)	RENDIMIENTO MEDIO (%)	CALOR MEDIO QUE DEBE DAR EL COMBUSTIBLE K CAL/KG (P/ACERO)
Recuperativo para calentamiento de lingotes en fosas de recalentamiento.	220-2400	1100-1300	20
Para calentamiento de techos para conformarlos, intermitente, motor y a gas.	220-2400	1100-1300	20
Continuo	2000-2400	1100-1300	32
Para recocido de alambre para bobinas tipo de campana	1300-1500	700-800	16
Para recocido de torones de alambre conducidos.	1650	900	21
Para recocido antes del estrado en tira de torones.	450	230	20
Para coccion de bobinas de alambre continuo.	1300-1500	700-800	35
Continuo para calentamiento de plancha para tubos soldados o tope.	2900	1600	25
Continuo y recuperativo para calentamiento de losas para recocido de bobinas de tiras	2400	1300	42
Tipo de Campana	1250-1400	680-760	30
Para templado en transportador continuo.	1650	900	21
Para revenado en transportador continuo	900-1100	500-600	20
Continuo de gas para carbonar.	1750	950	19

6. NORMAS DE SEGURIDAD EN HORNOS DE GAS.

La seguridad industrial es el conjunto de técnicas de reconocimiento, evaluación y control de los riesgos, circunstancias y actos que rodean un accidente de trabajo.

La adecuada aplicación de estas técnicas dará como resultado un trabajo más eficaz, más seguro y menos costoso. Para satisfacer sus objetivos, la seguridad industrial se apoya en varias disciplinas como: la administración, medicina de trabajo, química, tecnología, ingeniería de sistemas, estadística, etc.

La seguridad es una parte de la administración moderna, y su función es proteger la integridad física del hombre en su trabajo y mantenerlo como elemento activo, es una garantía para el mantenimiento de los recursos humanos y contribuye a formar el espíritu de grupo, así como alcanzar el bienestar en toda actividad.

EFECTO Y COSTO DE LOS ACCIDENTES CAUSADOS EN HORNOS DE GAS.

Para valorar cuánto cuesta un accidente al operario y hornero del horno de gas, se deben considerar los efectos y daños que pueda ocasionar.

En forma resumida se establecen los siguientes conceptos:

TABLA 6.0.1.
EFEECTO Y COSTO DE LOS ACCIDENTES CAUSADOS EN HORNOS DE GAS

DAÑO	EFEECTO INMEDIATO	EFEECTO TÉCNICO	EFEECTO ECONÓMICO
Al Hombre	Invalidez, Sustitución, Servicios Médicos	Nuevo Adiestramiento en el Trabajo	Aumenta Costo y Retarda Producción
Al Equipo	Deterioro, Reparación o Sustitución	Nuevo Proyecto	Aumenta Costo y Retarda Producción
A Instalaciones	Deterioro, Reparación o Sustitución	Incumplimiento de Objetivos	Aumenta Costo y Retarda Producción
A Materia Prima	Desperdicios	Nuevo Procedimiento	Aumenta Costo y Retarda Producción
Alto índice de Accidentes	Pago de Cuotas más altas al I.M.S.S.	Nuevo Adiestramiento en la Seguridad	Aumenta Costo y Retarda Producción
Efecto sobre el Personal	Pérdida de Tiempo	Programas de Rehabilitación	Aumenta Costo y Baja Productividad
A la Moral del Personal	Disminuye la Producción y baja la Calidad	Programas de Rehabilitación	Disminuye Productividad

IMPORTANCIA DE LA SEGURIDAD EN LA OPERACION Y SERVICIO DE HORNOS DE GAS.

Es de vital importancia, contar con reglamentos, normas y programas de seguridad en todo taller o departamento que cuente con equipo liberador de calor (hornos de gas), ya que son muchas las experiencias amargas que se han suscitado en cuanto a accidentes de trabajo, desde una leve quemadura hasta la imposibilidad o pérdida total de la vida del operario.

La principal barrera a vencer, primeramente, es la de concientizar al personal y directivos de la empresa a darle la importancia y atención que merece la seguridad en el trabajo, ya que es tan fácil demostrar que los accidentes aumentan los costos de operación y reducen la utilidad de la planta.

Se debe hacer énfasis en todo momento del riesgo que se corre, debido a que los hornos de gas están considerados como un equipo de alto riesgo, y en consecuencia, se deberá contar con personal calificado para la operación y mantenimiento del mismo, ajustándose además a un programa de seguridad ya implantado o establecido en el uso adecuado de los hornos de gas.

Las lesiones que sufren los operarios de los hornos de gas tienen diferentes causas; entre estas, las más importantes son:

- a) Explosiones y llamas
- b) Intoxicación e intoxicación
- c) Caída y desplazamiento de cargas

Otras causas no tan importantes son el tomar o caminar sobre objetos calientes que parecen fríos, el mirar por mucho tiempo el interior de los hornos calientes y brillantes, y el agotamiento por el calor.

EXPLOSIONES Y LLAMAS.

Las explosiones con más frecuencia suceden en los hornos con calefacción a gas. Se presentan en muy raras ocasiones en los hornos con temperaturas superiores a los 750 °C; ya que por encima de este valor, cualquier mezcla, combustible o explosiva, que entra al horno se inflama instantáneamente. Las explosiones pueden presentarse en hornos con temperatura inferior a 535 °C; se producen al encenderlos, cuando están inicialmente fríos o después de una parada prolongada. También, pueden producirse durante el funcionamiento aparentemente estable, si se regula los quemadores con una falta considerable de aire y si este penetra en el horno por falta de hermeticidad o por otras causas. Las pruebas han demostrado que cuando el porcentaje de combustible en la combustión es para sí, puede existir este peligro siempre que se presente una infiltración de aire, se han producido serias explosiones en un funcionamiento normal, cuando la potencia calorífica del gas combustible ha variado en un margen considerable.

Si entra gas combustible, o vapor, o una mezcla explosiva en el horno frío, y se aplica un quemador de encendido, puede producirse cualquier fenómeno, desde una ligera ráfaga de encendido hasta una fuerte explosión. El efecto destructivo de la explosión se reduce si las puertas están abiertas. La persona que inicia la llama se quemará gravemente.

Otros riesgos de explosión se presentan en las grandes tuberías de aire, a las que puede llegar gas desde los quemadores cuando se interrumpe la entrada de aire en la válvula de control y en las tuberías que llevan la mezcla de aire y gas, debido a un retorno de llama.

Existe la creencia de que son muchas las causas que propician una explosión y, sin embargo, solo existe un factor primordial que la provoca, y esto es la ignición de una mezcla explosiva acumulada en el interior de una cámara cerrada. Para dar origen a tal situación es necesario la consecución de los siguientes factores:

- 1) Hay una acumulación de aire y combustible
- 2) Esta acumulación propicia la formación de la mezcla explosiva.
- 3) Y por último, se requiere de una fuente de ignición.

La eliminación de cualquiera de estos tres factores impide el que la explosión pueda tener lugar.

Con el fin de poder analizar estos tres factores en los diversos procesos industriales será necesario clasificarlos de acuerdo a las condiciones de trabajo bajo las cuales operan, de la siguiente forma:

- A) Proceso de Alta Temperatura.
- B) Proceso de Baja Temperatura.

En términos generales diremos que bajo el grupo de procesos de alta temperatura, quedarán comprendidos todos aquellos cuyas temperaturas de operación estén cuando menos 200 °C arriba de la temperatura de auto-ignición del combustible que se maneja.

En general se puede decir que cualquier horno que trabaje arriba de 700 °C puede ser clasificado dentro de él. Este grupo abarca la mayoría de los procesos metalúrgicos, ferrosos y no ferrosos, con excepción de los metales

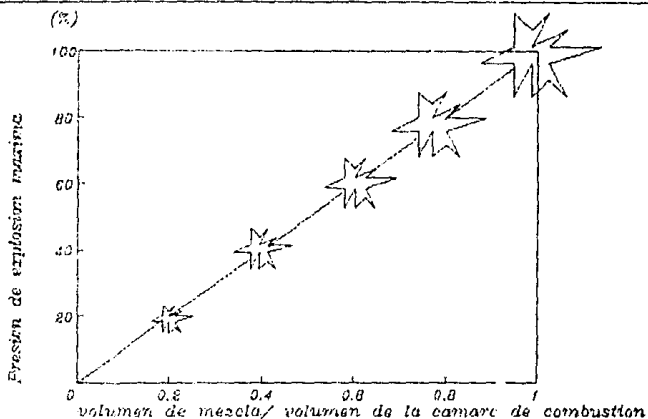
de bajo punto de fusión (plomo, estaño, zinc, etc.), así como la casi totalidad de los procesos cerámicos y de calcinación.

Bajo la segunda clasificación quedarán incluidos todos aquellos equipos que operan a baja de la indicada en la primera.

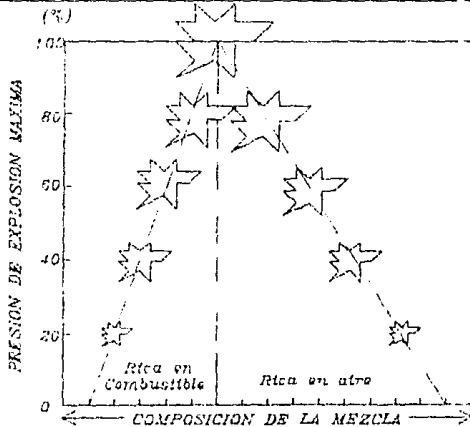
La gráfica o 0.1 muestra que para una mezcla de combustible y aire, la fuerza desarrollada por la explosión es por la magnitud del dato es directamente proporcional a la relación volumen de la mezcla vs. volumen de la cámara de combustión. Si ésta es grande, la fuerza de la explosión será también muy grande y el tiempo del proceso que se trata sufrirá una ruptura violenta.

La gráfica o 0.2 nos muestra la relación que existe entre la composición de la mezcla y la fuerza de la explosión, la cual como se ve es máxima en el punto de estequiometría de la mezcla. Si ella es muy rica ya sea en combustible o en aire, la presión desarrollada por la explosión será muy débil, resultando en leve flama; los quemadores modernos trabajan con mezclas lo más cercanas a la estequiométrica, ya que de esa manera se obtiene la mayor eficiencia.

Lo anterior pone de relieve la conveniencia de adaptar un mecanismo que interrumpa el suministro de combustible en el instante mismo en que se presenta una falla en la flama, a fin de evitar que se acumule una atmósfera explosiva en su interior, conveniencia que se vuelve una imperiosa necesidad. En todos aquellos procesos de alta temperatura el problema no reviste la misma importancia puesto que la temperatura en ellos es lo suficientemente alta para mantener la ignición de cualquier mezcla explosiva.



GRAFICA 6.0.1.
RELACION % DE MEZCLA EN LA CAMARA VS. PRESIO' DE EXPLOSION



GRAFICA 6.0.2.
RELACION DE COMPOSICION DE LA MEZCLA VS. PRESION DE EXPLOSION MAXIMA

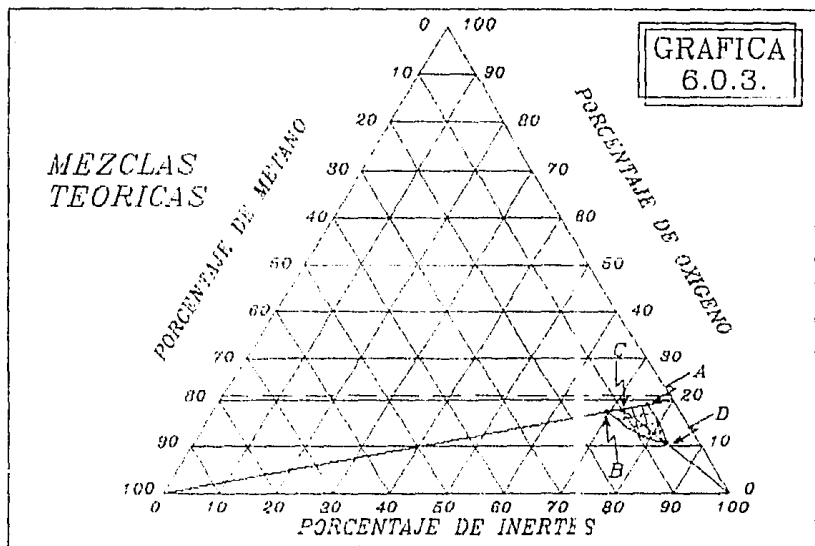
Algunos creen que es peligroso cortar el suministro de combustible si un quemador o un horno ha estado operando a una relación pobre en aire. Ellos piensan que al disminuir éste con los productos de la combustión incompleta, abundante en combustible no quemado o en sub-productos sin inflamables, puede lograrse que la mezcla alcance el rango de explosividad. En este punto es necesario considerar cuáles serán los límites que se deben obtener para la formación de un medio explosivo.

En la práctica S.O.A. se ha trazado de una manera triangular, muy empleada para los análisis de los procesos de combustión. En ella se presentan en la coordenada del lado izquierdo el gas metano, en la coordenada del lado derecho al oxígeno y en la horizontal a los inertes que no intervienen en la combustión (como son el N_2 , el CO_2 , H_2O y cualquier otro componente no combustible que pueda estar presente). El lado sombreado de esta gráfica representará toda la zona en la cual las composiciones de las mezclas que caigan dentro de ellas no son posibles de obtener; cuando se emplea aire para tomarle, sobre la misma zona una línea punteada se marca el contenido de O_2 en el aire; la región más oscura delimita la zona de explosividad, cualquier mezcla que caiga dentro de ella es inflamable y por lo tanto explosiva; la parte no sombreada abarca todas aquellas composiciones no explosivas ni inflamables. La relación de metano y aire comienza a volverse explosiva al intervenir el metano en un porcentaje de 13.5%, el oxígeno en un 20%, y el nitrógeno en un 74.5%; esta proporción que es la marcada por el punto "A", forma el límite inferior. Al aumentar la relación de gas metano se llega al límite superior, arriba del cual una mayor cantidad de metano, disminuye su explosividad hasta hacerla incombustible. Este punto está representado por la letra "B" y su composición es de 13.9% de metano, 19% de oxígeno y 58.2% de nitrógeno.

La mezcla estequiométrica para la cual se desarrolla el máximo poder de explosión es el representado por la letra "C" y cuya composición será 9.5% de metano, 19% de oxígeno y 71.5 de nitrógeno.

Otro límite se tiene cuando cerca de 5% de metano, 11.5% de oxígeno y 82.9% de inertes (que se pueden componer de nitrógeno, dióxido de carbono y agua), el cual está indicado por el punto "D".

La combustión completa de cualquiera de estas mezclas daría como resultado 0% de O_2 y 100% de inertes.



Si el porcentaje de metano es aumentado al doble del señalado en el punto "C" de tal cámara que tengamos 19% de CH_4 , 10% de O_2 y 84.3 de N_2 , que es una mezcla rica en combustible con menos del 50% de la cantidad de aire requerido por la estequiometría de la reacción; suponiendo que al quemarse ésta consumiera el 50% del aire para darnos como productos de reacción H_2O y CO_2 (lo cual no es rigurosamente cierto), los gases finales tendrán una composición aproximadamente de 65% de inertes (N_2 , CO_2 y H_2O) igual al 60%, el cual se encuentra fuera de los límites de explosividad de la gráfica y por lo tanto, aun cuando se caliente arriba de la temperatura de ignición no puede explotar. Al introducir nuevamente aire, la mezcla se diluirá hasta que se encuentre dentro de los límites de explosividad, por lo que si está en la temperatura de ignición podrá explotar, pero si se mantiene lo suficientemente fría el aire podrá seguir siendo mezcla sin ningún problema hasta llegar a eliminarse totalmente el combustible.

A la operación de introducir aire después de un falla de flama se le dá el nombre de purga o barrido de gases y debe tener como condición que se realice siempre con aire a la temperatura ambiente; así asegurará que bajará la temperatura de la cámara de combustión evitando que ésta pueda ser mayor que la de ignición.

De lo anterior podemos concluir que no hay posibilidades de que ocurra una explosión, si se interrumpe el suministro de combustible al presentarse una falla de flama, aun cuando el quemador se trabaje con defecto de aire, y que el barrido o purga sea realizado durante el lapso de tiempo adecuado será la mejor forma de eliminar la acumulación de gases explosivos.

Muy a menudo, después de una explosión, es posible determinar la falla que admitió la acumulación de gases explosivos en la cámara de combustión, o la fuente de ignición que la propaló. Sin embargo, en la mayoría de los casos en los cuales ha sido definitivamente establecida, se encontró que el combustible y el aire habían sido inyectados a través de alguno o todos los quemadores por un período de tiempo definido cuando no había ignición en el quemador.

ENVENENAMIENTOS E INTOXICACIONES.

Los principales venenos que se encuentran en los hornos de gas de baños de sales o en su proximidades son el monóxido de carbono y los cianuros (chufas y sales)

El monóxido de carbono es un constituyente de muchos combustibles gaseosos y las fugas en las tuberías de suministro son peligrosas. El monóxido de carbono es también un constituyente de muchas atmósferas protectoras. Mientras se cargan o vacían los vestíbulos, el operador puede recibir una dosis de gas venenoso. Sin embargo, el peligro de una fuerte intoxicación es inexistente. El operario se mantiene a cierta distancia de la puerta, de manera que el monóxido de carbono sea una fracción de la atmósfera gaseosa; se sabe que el monóxido de carbono no tiene olor.

CAIDA Y DESPLAZAMIENTO DE CARGAS.

Es difícil que pueda caer un peso sobre el operario de un horno, cuando está funcionando. Cuando se está construyendo o reparando el horno, se toman las precauciones normales. Cuando el horno está en marcha, los contrapesos que se desplazan verticalmente pueden caer sobre los pies del operario. La caída o desplazamiento de pesos en el exterior del horno puede accidentar gravemente a los operarios.

6.1. AISLAMIENTO TOTAL O PARCIAL DEL HORNO.

Mediante el uso adecuado de equipos o dispositivos auxiliares de los hornos de gas, se puede evitar en gran medida los accidentes de los operarios y horneros, logrando así trabajar dentro de los límites confiables tanto para la integridad física del operario como el mejor aprovechamiento del horno e instalación. Para evitar riesgos de trabajo y accidentes, se deberá implementar el equipo (hornos de gas) de dichos dispositivos, no importando el costo de la instalación, ya que será compensado con la disminución y prevención de accidentes al operario y al horno en sí.

Para reducir en gran medida los riesgos en la operación del horno, a continuación se describe la forma de conseguirlo:

EXPLOSIONES O LLAMAS.

Los riesgos de explosión se reducen ampliamente si se utilizan llamas piloto, las cuales se encienden una por una y lo mismo se hace con los quemadores.

Las llamas piloto deberán ser siempre del tipo premezcla total para evitar la introducción en el horno de gas combustible en bruto.

En los hornos calentados por gas, las llamas piloto se alimentan desde una red, que se bifurca antes de la válvula principal de control. Si falla la energía eléctrica, la válvula de control de seguridad se cierra automáticamente. Cuando la energía vuelve de nuevo, las llamas piloto se encienden antes de que la válvula de seguridad vuelva a abrirse. Siempre que se

disponga de energía eléctrica puede utilizarse un sistema ingenioso que encienda los quemadores piloto.

Consiste en bujías de encendido que se colocan en el arranque de los quemadores piloto. Saltan las chispas a intervalos regulares, entre 5 y 10 segundos. La seguridad precisa que las bujías de encendido puedan examinarse con regularidad.

Un dispositivo para vigilar total o parcialmente las llamas de los quemadores, se emplea ampliamente en los hornos de baja temperatura, el cual es llamado "protector de llama o protector de combustible".

Está constituido por un dispositivo electrónico de rectificación, que es sensible a la presencia de llama e interrumpe la llegada de la corriente eléctrica a una o varias válvulas para cortar el suministro de combustible en un intervalo de tiempo muy corto. La conductividad de la llama y la respuesta térmica se emplean también en estos dispositivos pero no actúan con tanta rapidez como el electrónico.

Las válvulas de cierre de seguridad constituyen otro dispositivo de seguridad que se emplea en la mayoría de las instalaciones de hornos. Estas válvulas se proyectan para cierres rápidos y gran hermeticidad, y funcionan instantáneamente en el caso de fallo en el suministro de combustible, presión de aire o energía eléctrica.

El equipo de seguridad ha reducido grandemente el número de accidentes, pero no los ha evitado en su totalidad.

Otro dispositivo, que se incluye en la instalación de hornos de tratamiento térmico en lugares muy apañados o peligrosos, es la llave (F-M). El suministro de gas a cada quemador se controla por una de estas llaves, de manera que proyectan al abrir un "by-pass" se cierra la llave. Todas las llaves en el horno se conectan en serie por una pequeña tubería de gas que va desde el suministro de gas hasta el interruptor de presión (presostato) que va conectado con la válvula de cierre de seguridad. Al encender el horno, todas las llaves de

Los quemadores están cerrados, la presión del gas llega al presostato, el cual acciona la válvula de cierre de seguridad de modo que pueda ser abierta por el operador para suministrar el gas al horno. Si cualquiera de las llaves de los quemadores está abierta, no podrá abrirse la válvula de cierre de seguridad.

La figura 6.1.1. muestra la utilización de los dispositivos de seguridad descritos anteriormente, que afectan a cualquier quemador de un horno calentado por gas.

El mejor dispositivo de seguridad es un operador inteligente y bien instruido, que conozca bien el horno, las tuberías y el tablero de control. Para este caso, se emplean aparatos para impedir el retorno de llama y tapas frágiles, las cuales son discos de rotura, que se incorporan a las tuberías y se rompen antes de que pueda desarrollarse una presión destructora.

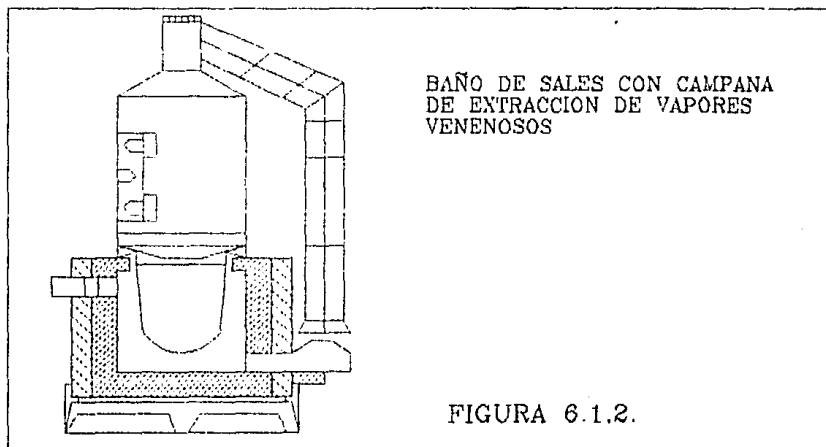
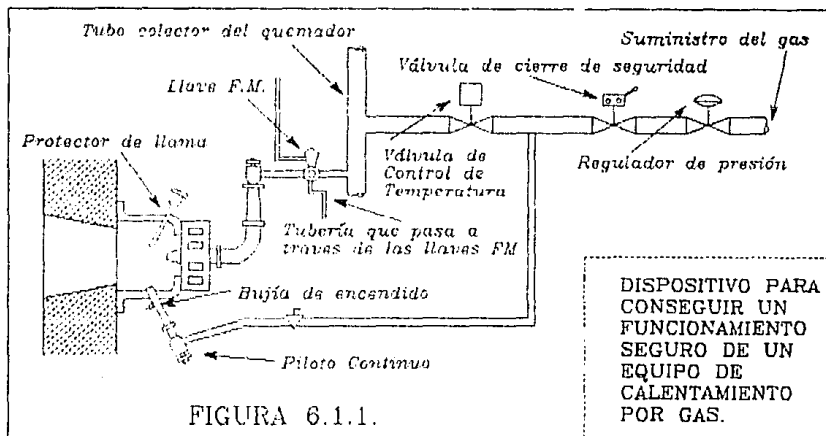
La seguridad precisa que sea expulsado todo el aire del horno antes de que sea expuesto a 760 °C. El aire puede ser expulsado del horno por otro gas que no contenga oxígeno libre.

ENVENENAMIENTO E INTOXICACIONES.

Los hornos de atmósfera con puertas abiertas se equipan con campanas, en las que arde continuamente una llama, con el fin de quemar la mayor parte del hidrógeno y monóxido de carbono, a menos que los gases de escape se envíen a través de conductos al exterior; los operarios de grúas viajeras están más amenazados de envenenamiento por los gases, que los mismos operarios de los hornos.

Los humos de cianuro son extremadamente venenosos. Por esta razón, los baños de sales de cianuro se equipan con campanas que extraen los humos, manteniéndolos apartados de los operarios. Este dispositivo se muestra en la figura 6.1.2. Además, los baños de cianuro se colocan en el piso superior de la factoría. Los operarios deberán ir provistos de guantes, delantales y máscaras

de gas. Muchos baños de cianuro han sido reemplazados por hornos de cianuración seca.



6.2. MÉTODOS PARA MOTIVAR AL PERSONAL AL USO ADECUADO DEL EQUIPO DE SEGURIDAD.

MEDICIÓN DE RIESGOS.

Debe hacerse sobre la medición del trabajo y los peligros que éste presente. Por de los factores que determinan la existencia y la intensidad de riesgo latente son: la actitud humana y la acción humana. La actitud es básicamente subjetiva y la acción es principalmente material, se integro mediante el acto del hombre, el medio con que se hace y el marco circunstancial en que lo hace.

MEDICIÓN DE FRECUENCIA Y GRAVEDAD.

La A. S. A. determinó dos normas correspondientes a las tasa de frecuencia y de gravedad que hacen relación respectivamente de las lesiones registradas y los días perdidos, con la cantidad de horas hombre trabajadas. Estos índices se expresan de forma siguiente:

$$I_f = \frac{\text{No. de lesiones incapacitantes} \times 10^6}{\text{horas-hombre de exposición al riesgo}}$$

$$I_g = \frac{\text{días perdidos} \times 1000}{\text{horas-hombre de exposición al riesgo}}$$

Del mismo, presentamos los índices de frecuencia, gravedad y siniestralidad según:

O.M.S. (Organización Mundial de la Salud)

$$I_r = \frac{n \pm 10^6}{H - H_r} \quad I_G = \frac{e \pm 10^6}{H - H_r} \quad IS = IF \pm IG \pm 10^6$$

I.M.S.S.

$$IF = \frac{1000 \pm n}{90 \pm N} \quad IG = \frac{(e/365) \pm (i/s) \pm (d)}{i}$$

$$IS = IF \pm IG \pm 10^6$$

donde:

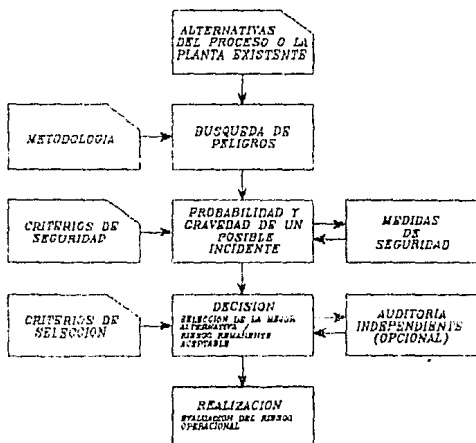
n = número de accidentes en el periodo

N = número de personas promedio

s = días perdidos por accidentes casos cerrados

d = número de detenciones

i = Σ acumulativo de IPP^{MS} otorgadas por el IMSS



ESQUEMA GENERAL PARA EL ANALISIS DE RIESGOS
FIGURA 6.2.1.

6.2.1. REGLAS EN EL USO DEL EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL.

- 1) Se deberá usar adecuadamente el equipo de seguridad personal en todas aquellas actividades que lo requieran, para la mayor seguridad del trabajador.
- 2) Todas las áreas y departamentos del centro, que requieran el uso del equipo de protección personal, deberán contar con el en clase, calidad, tipo y cantidad suficiente y en buen estado. El equipo de seguridad es: Ropa de trabajo, zapatos de seguridad, lentes, mascarillas respiradoras o caretas, guantes de cuero o de algodón y de asbesto, mandiles, goggles para soldar, chamarras, cascos de seguridad, sorderas, etc.

6.2.2. METODOS DE CONVENCIMIENTO PARA EL BUEN USO DEL EQUIPO.

- a) Hacer participe al trabajador, en cuestión de encuestas o estudios realizados por el departamento de seguridad para crear la conciencia de la importancia que guarda la seguridad dentro de las actividades laborales.
- b) Pláticas y conferencias concernientes a la prevención de accidentes de trabajo, así como adiestramiento del operador.
- c) Elaboración de un programa de seguridad, evaluándolo periódicamente y modificándolo en la medida que sea necesario para lograr los objetivos deseados.
- d) Proveer un ambiente de trabajo higiénico y seguro, es decir, control de los riesgos industriales.

- L) Mantenimiento de la salud física de trabajador, mediante un buen sistema de higiene Industrial, primeros auxilios y prevención de incendios.*
- F) El uso de películas, diapositivas e retroproyecciones sobre seguridad industrial, tienen como objetivo comunicar el mensaje al trabajador en forma efectiva y precisa.*
- G) El uso de mensajes o carteles humorísticos, colocados estratégicamente en las diferentes Áreas de trabajo del Centro.*
- H) La realización de cursos para la prevención de accidentes, enfocados a la participación del trabajador, exortándolo a que sienta dentro de su trabajo un ambiente confortable y seguro.*
- I) Otorgar incentivos o alicientes de trabajo al personal que realice su trabajo en forma segura y confiable; estos incentivos pueden ser de varios géneros y abarcan tiempos variables.*

El objetivo primordial es el evitar accidentes de trabajo, estrechando la relación trabajador-empresa y logrando en él una motivación de "patriotismo" hacia su Área o centro de trabajo, además de exhortarlo a que para cualquier actividad por ejemplo que parezca, ante todo debe obrar con seguridad.

Debe tenerse en consideración que para efecto de obtener resultados positivos, debe contarse con la participación del 100% del personal que labore en el centro, además de todo el apoyo que por parte de la dirección, así como por parte de los gerentes departamentales.

6.2.3. SUMARIO PARA LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN DEPARTAMENTOS DE FUNDICIÓN, TRATAMIENTOS TÉRMICOS Y FORJA.

- 1) contar con un reglamento práctico y conciso que se adapte a las necesidades de dichas áreas, para despertar en el personal una conciencia de seguridad.
- 2) Enseñanza de los supervisores o jefes de departamento sobre las técnicas de prevención de accidentes, así como los factores a considerar para obtener resultados positivos con el personal a su cargo.
- 3) La obtención de la buena voluntad hacia el programa de seguridad, por intermedio de su colaboración en comisiones o sugerencias de seguridad.
- 4) Investigaciones completas de cada accidente que cause lesiones con pérdida de tiempo, con informes completos de todos los factores responsables, y recomendaciones de como una accidente similar puede ser prevenido.
- 5) Curso de primeros auxilios para supervisores, jefes de área y personal, tanto operativo como de mantenimiento.
- 6) Prohibición de herramientas en malas condiciones que causarían o pudieran causar accidentes con lesiones.
- 7) Boletín de seguridad para supervisores o jefes de mantenimiento, donde se explicará a la supervisión sobre programas de seguridad en la fábrica.
- 8) Llevar estadísticas exactas del número de accidentes con pérdidas de tiempo, días perdidos, horas trabajadas en cada departamento o sección, para determinar los factores de frecuencia y gravedad.

Ahora bien, las más perfectas estadísticas, los reportes de accidentes más eficaces y todos los sistemas aplicados, serán inútiles si el supervisor en la primera línea de producción no toma un interés personal profundamente humano en cada uno de su operarios, enseñándoles a trabajar con seguridad y protegiéndolos contra los riesgos de trabajo.

6.3. LIMITACION DE LOS TIEMPOS Y FRECUENCIA DE EXPOSICION.

En los últimos tiempos, la mayoría de los accidentes que sufrían los operadores de hornos de gas se debían a la poca importancia que daban a la seguridad, en las deficiencias en cuanto a equipo de seguridad que presentaban en los hornos y a la misma negligencia de los operadores de los hornos.

Algunos de los accidentes más comunes que suceden en el área de fundición y tratamientos térmicos, son los siguientes:

- (1) Tratamientos térmicos. Mala operación de las válvulas, reguladores e instrumentos de medición de las instalaciones del sistema de caldeo, pudiéndose provocar una explosión si no se sigue la secuencia de encendido de éstos.*
- (2) Introducir piezas húmedas en los hornos de gas. Cuando no se tiene la precaución de precalentar previamente las piezas a introducir al horno, la reacción por la humedad y la diferencia de temperatura provoca una explosión en las sales, pudiendo esto provocar quemaduras hasta de tercer grado.*
- (3) No permitir el escurrimiento adecuado de las sales de piezas que han sido trabajadas o que serán templadas. Cuando esto sucede, se presenta una explosión en el agua al reaccionar las sales con ésta, pudiendo producir quemaduras leves.*
- (4) Mal control de la temperatura en el baño de temple de aceite. Cuando la temperatura del baño es demasiado, el aceite se prende, pudiendo ocasionar esto un incendio.*

- 1) *Inhalar gases desprendidos de los hornos de sales. Al trabajar en estos hornos a temperaturas elevadas se desprenden gases sumamente tóxicos que al ser inhalados por tiempo prolongado producen intoxicaciones y pueden ser mortales.*
- 2) *Ingerir sales del horno de temple estas sales, al reaccionar con las sustancias orgánicas del aparato digestivo, provocan una reacción en cadena que, de no provocarse el vómito por cualquier método, puede ser mortal para la persona.*

LIMITACION DEL TIEMPO Y LA FRECUENCIA.

Para evitar estar expuesto a las radiaciones y calores desprendidos por el horno durante largo tiempo, se recomiendan algunas alternativas de solución.

- 1) *Se deberá evitar al máximo la operación y maniobra del horno por varios trabajadores, siendo suficiente con 2 operarios como máximo.*
- 2) *Para la realización de operaciones de carga y descarga deberán dejar que el horno se enfrie durante cierto tiempo, evitando con ello la exposición permanente con el horno.*
- 3) *Utilizar siempre careta protectora, así como guantes y overol, en cualquier actividad dentro del área de trabajo (fundición, forja y tratamientos térmicos).*
- 4) *Implantar un sistema automatizado, para la operación del horno, tanto para la carga y descarga, controlados desde una cabina de controles lo más alejada posible del horno.*
- 5) *Contar con un equipo para la ventilación y extracción de atmósferas dañinas para el operario del horno, manteniendo una atmósfera agradable y confortable.*
- 6) *Eliminar equipo y dispositivos rudimentarios, implantando mejores sistemas para el caldeo, que reúnan las condiciones de seguridad y mayor eficiencia.*

- 2º *En las industrias de proceso o trabajos continuos, es recomendable controlar y maniobrar el horno por medios no manuales, como dispositivos eléctricos, neumáticos o electrónicos.*
- 3º *Mantener siempre una hermeticidad total del horno para evitar pérdidas de calor por infiltraciones en orificios o juntas que faciliten la radiación del calor al exterior.*

Tomando en consideración las anteriores normas, se lograra tanto del cuidado del personal como del equipo e instalaciones, aprovechándolas de una mejor forma, logrando una mayor eficiencia y, en consecuencia, disminuir el costo y aumentar la producción.

6.4. SISTEMA DE PROTECCION PARA EL ENCENDIDO Y SEGURIDAD DE FLAMA.

Cómo se puede ver, son demasiados los factores que intervienen en una falla de flama, cualquier error del operario, o el mal funcionamiento de una sola parte del equipo puede provocarla.

¿Cómo puede evitarse la acumulacion de mezclas explosivas?... Los daños ocasionados por un accidente de esta naturaleza pueden ser cuantiosos y, en ocasiones, irreparables.

Ahora es evidente, que no todos los procesos llevan el mismo sistema de protección; los sistemas de alta temperatura llevan un sistema de protección diferente a los de baja temperatura.

6.4.1. DESCRIPCION Y CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE COMBUSTION.

Todos los quemadores cuya capacidad máxima sea igual o exceda de 400,000 BTU/hr , deben ser controlados por medio de un sistema de seguridad para combustión

Cuando se trata de procesos de alta temperatura, los sistemas de protección contra falla de flama no son necesarios, siempre y cuando el horno permanezca a esa temperatura durante un periodo largo de tiempo, y durante ese tiempo exista una supervisión constante del proceso. Sin embargo, las válvulas

de seguridad, sistemas de ignición, límites y alarmas son necesarios para que el sistema opere satisfactoriamente y con la mínima protección requerida para una máxima seguridad.

El contar con un sistema de protección para el encendido y seguridad de la flama, generará gastos de instalación aparentemente altos, pero a la larga dicha inversión será compensada con menos accidentes y riesgos de trabajo, ampliación de la vida útil del equipo y mayor aprovechamiento de los recursos de fabricación.

La implantación de dicho sistema logrará además obtener una producción con mayor índice de calidad, ya que los dispositivos y sistemas de control permitirán obtener mayores condiciones de operación, además de disminuir las actividades del operario y hornero.

6.4.2. IGNICION Y SEGURIDAD DE FLAMA.

Los quemadores del tipo "PHP" (quemador del horno piloto), pueden ser encendidos por tres diferentes vías.

- 1) Abriendo el piloto y proporcionándole una antorcha manual continua montada sobre el bloque portador bridado.
- 2) Por medio de una chispa directa de ignición del quemador.
- 3) O, de Preferencia, usando el método del tipo soplo de gas al piloto.

El piloto puede ser encendido de igual forma por chispa o por ignición manual.

Los quemadores deben portar un sistema confiable de seguridad de flama, cuando se usen pilotos continuos, interrumpidos o intermitentes. Cuando se usen pilotos interrumpidos, una varilla de fondo puede ser accionada; cuando

se emplee piloto y varilla detectora de flama, se recomienda la seguridad de flama tipo registro.

Si los quemadores usan para su funcionamiento la directa ignición por chispa, es requerida la seguridad de la flama, la cual se logra con el uso de una varilla detectora de flama

Si se requiere una segura y confiable operación del equipo, es vital la instalación de un sistema de protección para el encendido y seguridad de flama, que si bien es costosa su instalación, a la larga dicha inversión será redituada mediante los beneficios siguientes:

- a) Disminución de los accidentes, tanto del personal como daños para el equipo
- b) Reducción de mano de obra, debido a la semi y total automatización del horno
- c) Menores costos de mantenimiento del equipo, debido a la mala operación del horno por parte del operario.
- d) Disminución de fallas de operación y de mantenimiento del horno
- e) Mayor calidad del producto, debido al control automatizado del horno

CAUSAS DE FALLA DE FLAMA.

Siendo que son muy diversas las causas que pueden provocar la extinción de la flama en la operación normal de un quemador, para poderlas comprender mejor, será conveniente analizar la consecución de pasos que anteceden a la combustión.

- 1) Será necesario que el combustible y el aire se mezclen formando una fase homogénea donde estén en íntimo contacto.
- 2) Después de mezcladas, será necesario que alcancen su temperatura de ignición, abajo de la cual no son capaces de reaccionar por sí mismos.

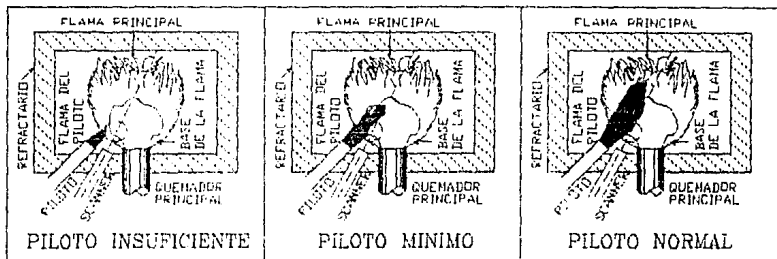
- 3) Cuando se alcanza ésta, la reacción que es fuertemente exotérmica, se inicia, y si el calor generado por ella es suficiente para llevar a la mezcla sin comburir a su temperatura de ignición, la flama se establecerá.
- 4) Como toda reacción química, la combustión se realizará con cierta velocidad, la cual será proporcional a la concentración de aire y gas que existe en el punto donde se inicia, de ella dependerá la velocidad del calor generado, el que se difundirá hacia las capas de mezcla anteriores calentándolas hasta lograr su autoignición, provocando un estado de pulsación continua. A este fenómeno se le llama propagación de la flama.
- 5) Los gases de combustión deberán tener la energía suficiente para vencer la resistencia que pueda presentar a su flujo el lugar donde se encuentren encerrados.

De aquí podemos concluir que será causa de falla de flama las siguientes circunstancias:

- 1) El que el combustible y el aire no pueden formar una fase homogénea; este fenómeno no se presenta en el gas natural, pero es muy común en otros tipos de combustibles, como el napopole y el diesel y aún se observa en el gas L. P. cuando éste no llega a evaporarse, saliendo del quemador en estado líquido.
- 2) Que la fuente de ignición no tenga la energía suficiente para propagar la flama; este caso es muy frecuente cuando sin tener en cuenta el quemador se trata de poner un piloto. Como regla general se ha encontrado que la capacidad más adecuada debe oscilar entre un 5 y 10% de la del quemador; abajo de este límite no propagará la flama y arriba de él puede influir en el control que se tenga sobre el proceso.
- 3) Que la velocidad de flujo sea mayor que la velocidad de propagación, lo cual ocasiona el fenómeno que se denomina "desprendimiento de flama", que puede ser observado cuando al ir aumentando la capacidad de un quemador la flama se va alejando de la boquilla, hasta extinguirse, y se debe a que

el calor generado no es suficiente para calentar las copas anteriores.

- 4) Que la flama sufra un cambio de condiciones tal que se ilaque a entrar abajo de la tope atura de ignición; este tendario es la causa más común de flama. Tenemos como ejemplos: En una caldera, la ruptura de un flujo que produzca un goteo; en un quemador atmosférico de premezclado parcial, la presencia de una fuerte corriente de aire, etc.
- 5) La fluctuación súbita o constante de cualquiera de los flujos, ya sea el de aire o el de gas, por separado o en conjunto. En el primer y segundo caso, la concentración del punto donde se realiza la combustión sufre desbalance que puede provocar una disminución en la velocidad de reacción y, por lo tanto, impedir la propagación de flama; en el tercer caso, provocará el desprendimiento de flama señalado en el punto 3).
- 6) Que se presente un cambio en las condiciones de tiro, ya sea permanente o momentáneo, provocando de inmediato la inestabilidad de flama acompañada en ocasiones por la producción de explosiones.



6.4.3. ADECUACION DE COMPONENTES AL SISTEMA.

Para lograr la adecuada y óptima adaptabilidad de componentes y accesorios es necesario conocer la diversidad que existe en el mercado, así como sus características y aplicaciones específicas según el fabricante que se seleccione.

Es necesario realizar un estudio profundo, acerca de las ventajas y alternativas que ofrecen los diferentes fabricantes de equipos y accesorios para el sistema de protección, para lograr una adaptabilidad que justifique su aplicación industrialmente.

La adecuada adaptabilidad, estará en función de las exigencias y necesidades que se pretendan; a la disponibilidad por parte de la dirección otorgando todas las facilidades para la implantación del sistema de protección.

Dentro de los requerimientos y exigencias a satisfacer para lograr la adaptabilidad de los componentes del sistema podemos mencionar los siguientes elementos, como factores prioritarios a tomar en cuenta en la selección:

- 1) **INTERRUPTORES DE LIMITE DE SEGURIDAD:** Para provocar una interrupción no reciclada en el caso de que las condiciones de funcionamiento se excedan de lo normal, deberán instalar interruptores de límite de seguridad, los que deberán tener una amplia rango eléctrico para el servicio en el que se pretenda utilizarlos, ya sea que se trata de baja o de alta presión de gas, los cuales deberán instalarse en la línea principal de gas, en dirección del flujo, después de la válvula de seguridad, y puestos con exactitud para evitar que el quemador no funcione si la presión del gas está arriba o abajo de los límites de operación segura. Cuando los interruptores de presión tengan orificios de venteo

estos deberán llevar tubería hacia la atmósfera exterior. No se deben de instalar válvulas o pifices en la tubería de venteo de los interruptores de presión. Los interruptores de presión deberán ir conectados de tal manera que desenergicen todo el sistema de seguridad en el caso de que interrumpa su circuito.

B) **INTERBLOCKS DE OPERACION:** debe instalarse un interblock de flujo de aire, el cual debe ir conectado al sistema de control de tal manera que asegure un adecuado flujo de aire para la combustión, mientras que el quemador esté trabajando y, además, compruebe el flujo del aire cuando menos un 15% de la duración del periodo de purga.

C) **IGNICION:** El sistema de ignición deberá ser activado antes del envío del combustible a la zona de ignición y permanecerá activo hasta que se establezca la flama del quemador principal; si por seguridad, la ignición se interrumpe al final de un intento de encendido del quemador (ignición interrumpida), la ignición deberá permanecer interrumpida, mientras dure el ciclo del quemador encendido y se lleve a cabo el periodo de purga necesario.

D) **SISTEMA DE COMBUSTION.**

E) **TUBERIAS DE VENTEO DE GAS A LA ATMOSFERA ENTRE VALVULAS DE SEGURIDAD (SHUT-OFF):** Se necesitan líneas de venteo cuando se instalen 2 válvulas, ya sea en la línea principal o la de los pilotos. Las dimensiones de estas tuberías son las siguientes:

<u>DIAMETRO DE LA TUBERIA DEL GAS</u>	<u>D. METRO DE LA LINEA DE VENTEO</u>
1" - 1 1/2"	3/4"
2"	1"
2 1/2" - 3"	1 1/4"
4"	2"

F) **ALARMAS:** Las alarmas se deben instalar de manera que sean accionadas al ocurrir una interrupción.

G) **VALVULAS DE COMBUSTIBLE:** Se debe instalar una válvula de seguridad (shut-off) de las aprobadas por la U.L. con una

fuerza de cierre adecuada en todos los quemadores cuya capacidad esté entre 400,000 BTU/hr y 2'000,000 BTU/hr. La válvula aprobada deberá localizarse en la dirección del flujo. Los quemadores con una capacidad mayor de 2'000,000 BTU/hr deberá llevar 2 válvulas de seguridad (shutt-off) con adecuada fuerza de cierre.

- H) **VÁLVULAS DE COMBUSTIBLE PARA EL PILOTO:** Se debe instalar una válvula de seguridad (shutt-off) de la lista UL con adecuada fuerza de cierre, en las líneas del piloto. Cuando la capacidad del quemador principal sea mayor de 10'000,000 BTU/hr se deberá instalar 2 válvulas de seguridad en la tubería del piloto.
- I) **VÁLVULAS Y REGULADORES DE PRESIÓN EN GENERAL:** Se debe instalar reguladores de presión adecuados en la tubería principal del gas al igual que en la línea de gas del piloto. Estos reguladores deben ventearse a la atmósfera exterior. La línea de venteo de un regulador de presión no debe conectarse a una línea de purga que venga de un oratrago o de una válvula o de un alivio. Se deben procurar medios adecuados para la revisión de las válvulas, la primera válvula colocada en el sentido del flujo será la única que deberá probarse. La fuerza de cierre para las válvulas de seguridad (shutt-off) deberá ser de 5 lbs/in², excluyendo el peso muerto de los componentes y la presión que ejerce el combustible.
- J) **BUJÍA DE ENCENDIDO**

Cuando se trata de procesos de alta temperatura, los sistemas de protección contra falla de flama no son necesarios, siempre y cuando el horno permanezca a esa temperatura durante un periodo largo de tiempo y que durante ese tiempo exista una supervisión constante del proceso. Sin embargo, las válvulas de seguridad, sistemas de ignición, límites y alarmas son necesarios para que el sistema opere satisfactoriamente y con la mínima protección requerida para una máxima seguridad.

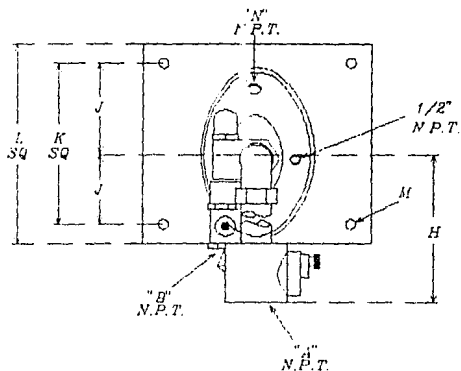
A continuación señalamos algunos elementos seleccionados para un ejemplo determinado.

1. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE COMBUSTION.

TIPO DEL QUEMADOR: Tunel Premezcla
 MODELO: 828 - 27 PMP
 MARCA: ENTERPRISE Q-974

DIMENSIONES
 (PULGADAS)

A	2	H	12 ³ / ₁₆
B	1 ¹ / ₈	J	4 ¹ / ₄
C	12 ³ / ₁₆	K	8 ¹ / ₈
D	10 ⁷ / ₈	L	10
E	6 ⁵ / ₁₆	M	¹¹ / ₁₆
F	9	N	³ / ₄
G	7 ³ / ₁₆		

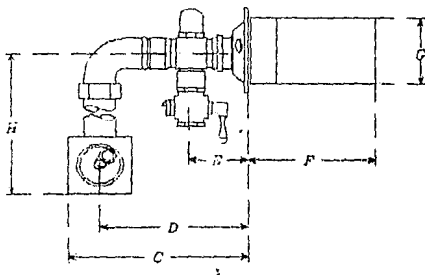


CARACTERISTICAS:

Orificio Ajustable para la relación aire-gas.
 Cualquier cambio en la línea de flujo de aire es acompañado por un cambio proporcional en el flujo de gas.

USO:

Para cualquier tipo de mezclador capaz de suministrar una mezcla de combustible.



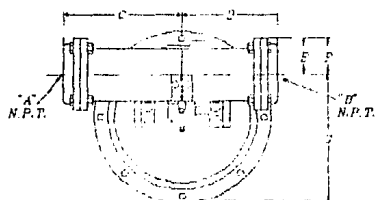
2. VALVULA CONTROL DE TEMPERATURA.

El control de los componentes de la combustión (aire-gas) se vuelve esencial en la obtención de la eficiencia del horno, ya que se ve perjudicada debido a pérdidas de calor por combustión incompleta.

Las válvulas se utilizan para el control del aire en los sistemas de combustión (para gases o altos); el aire aplicado a través de la válvula es controlado por una inexpensiva válvula solenoide, requiriendo solamente una pequeña cantidad de potencia eléctrica.

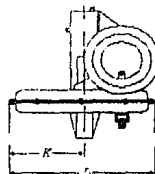
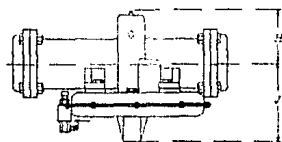
ventajas:

- operación flexible
- ajuste de regulación simple
- fácil instalación
- robusta construcción.



DIMENSIONES (PULGADAS)			
A	2 1/2	G	9 1/8
B	2 1/2	H	5 1/8
C	3 3/4	J	7 1/4
D	7 1/16	K	6 1/8
E	3 1/16	L	12 1/4
F	3 1/8		

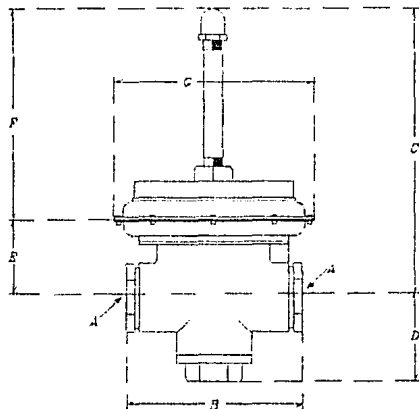
DIAMETRO DEL TUBO: 2 1/2"
CAPACIDAD: 15,000 ft ³ /Hr
PRESION: 3' c. de H ₂ O
PESO APROX. 30 lbs.



3. VALVULA PROPORCIONAL.

Las válvulas proporcionales se utilizan para controlar las válvulas que proveen automáticamente, el control proporcional de la mezcla en la tobera de los quemadores y pueden ser usadas donde la presión del gas excede a la presión del aire o viceversa. Se recomienda que cuando se trabaja a presión alta, la diferencial entre la presión de salida de la válvula y la presión de impulso en el tope de la cámara del diafragma no deberá exceder de 1 lb/in².

OPERACION: La válvula proporcional es instalada en la línea principal del gas a los quemadores, con la punta de la cámara del diafragma de la válvula conectada en cruz por una línea de impulso o la línea principal del aire múltiple del flujo a vencer de la válvula para el control del aire. Como el flujo del aire es regulable, ya sea manual o automáticamente, el cambio es transmitido a la válvula proporcional, la cual regula el flujo de gas directamente proporcional al flujo de aire que suministra.



PULGADAS	
A	1 1/3
B	5 3/4
C	12 7/8
D	3 9/16
E	3 1/2
F	9 3/4
G	9 1/4

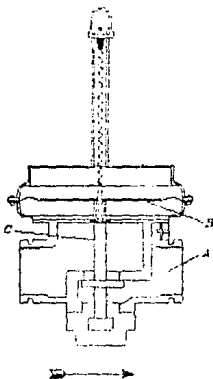
DIAMETRO DE LA TUBERIA: 1/2"
PESO ESPECIFICO: 2.0
CAPACIDAD: 800 ft ³ /Hr
CARG. ADMISIBLE: 5 lbs.

4. GOBERNADOR A CERO PARA EL GAS.

Los gobernadores son diseñados para el control preciso del gas, con presiones suministradas de 4" a 28" columna de agua, y pueden regular "a cero" o a la presión atmosférica. Están provistos de una regulación de flujo exacta y estable y no son afectados por variaciones de presión de entrada.

OPERACION: El gas es lanzado fuera de la cámara de el gobernador "A". La presión que pasa por el diafragma "B" es reducida ligeramente, y la diferencia entre ésta y la presión atmosférica anterior al diafragma "B", empuja contra la válvula "C", venciéndola y abriendo la válvula.

PRECAUCION: El gobernador puede ser instalado en la línea con la concavidad del diafragma en posición horizontal y la válvula empujando hacia arriba verticalmente. No olvidar a pintar sobre el agujero barrenado en el tubo de 1/8" obstruido en el tepe soldado de la concavidad del diafragma y puede ser abierto para la satisfactoria operación del gobernador.



DIAMETRO DEL TUBO: 1 / 8 "
PESO ESPECIFICO (Propano) 2.0 lb/ft
CAPACIDAD: 1095 ft ³ /Hr
CONSTRUCCION: Roscada

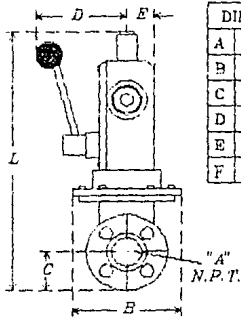
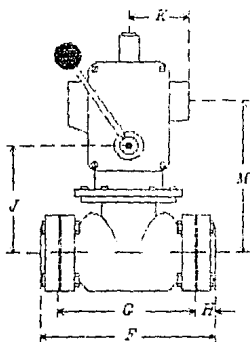
Considerando un peso específico de aproximadamente 2", se tiene que la capacidad del gobernador será, con un rango de presión entre 4" y 28" cmH₂O

5. VALVULA DE RESTABLECIMIENTO MANUAL (CIERRE-ENTRADA).

Este tipo de válvulas son proyectadas para usarse en operación manual, de cierre automático en la tubería del suministro del gas para los sistemas de combustión. Las válvulas de cierre total son diseñadas para prevenir el cierre automático en caso de falla de la electricidad, señal de flama, presión de gas o presión del aire, o alguno de los dos de estos en combinación cuando se pulsa por uno o varios cierres para protección de los aparatos.

Una vez que falla el control de medio, este es detectado, y la válvula tiene que dispararse, invirtiéndose para volverse a abrir, manualmente. Para válvulas instaladas en sitios lejanos, una manivela con extensión unida reemplazará el manejo normal de restablecer.

PRESION MAXIMA 30 lbs/in	CAPACIDAD 2192 ft / hr
-----------------------------	---------------------------



DIMENSIONES (PULGADAS)			
A	1 1/2	G	---
B	5 1/2	H	---
C	2 1/16	J	4 51/64
D	4 1/4	K	3
E	1 7/16	L	10 53/64
F	9	M	7 29/64

6. TURBO VENTILADOR CENTRIFUGO "BN".

En muchos de los sistemas de combustión industrial se requiere un ventilador o en algunos un ventilador puede ser requerido para entregar un volumen constante de aire al sistema a una presión constante; al usar un impulsor para incrementar la presión de la línea del gas o entregar una mezcla aire-gas al sistema bajo presión.

Los ventiladores suministran en forma económica, una baja presión de aire para sistemas de combustión industrial y otras aplicaciones en donde el aire que se succiona no excede los 10% (220 °F).

El modelo "BN" es aplicado en transmisión en "V", se usa cuando no está disponible una corriente de 50 hertz C.A. y la velocidad del motor está abajo de 3600 r.p.m. Hay muchos tamaños disponibles en rangos de presión desde 1" 5 a 211.2 mm. de columna de agua (4 a 40 onzas in²) y con capacidades máximas desde 125 a 15,000 m³ hr. (5000 a 650,000 ft³/hr).

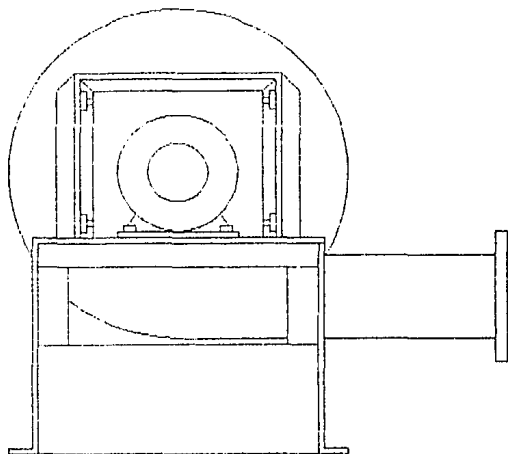
Se recomienda utilizar un filtro a la entrada del ventilador, obteniendo una filtración adecuada de aire.

Cuando se cuenta con aire comprimido entre 1.4 a 7 kg/cm² (20 a 100 Psi) y con requerimientos de aire son relativamente pequeños, resulta más económico utilizar eyectores que comprar un ventilador. Algunas veces es deseable, en una pieza esencial del equipo, suministrar un ejector listo para regular la fuente de baja presión del aire. Esto proporciona una seguridad económica contra el paro debido a una falla de ventilador.

Los eyectores emplean la energía cinética del aire comprimido para dar una entrada adicional de aire atmosférico y entrega un volumen de aire bastante grande al sistema a una presión de 0.035 a 0.140 kg/cm² (0.5 a 2 Psi).

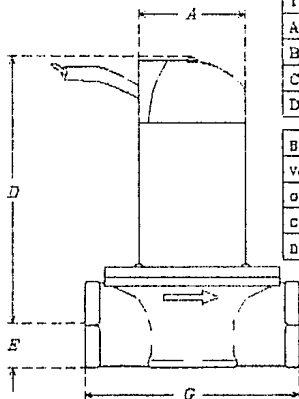
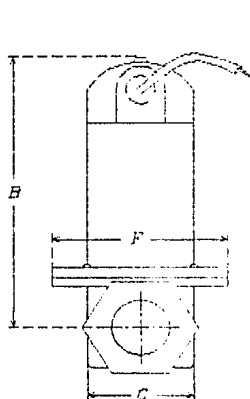
El horno actualmente cuenta con un ventilador centrifugo de las siguientes características.

marca: SIMON	modelo: SM 4622.2	H.P. "2"
motor:	F. S. = 1.0	construccion: STANDAR
Capacidad Nominal:	31.0 "C. H ₂ O"	69,000 pies ³ /hr



7. VALVULAS SOLENOIDES.

Las válvulas solenoides son diseñadas, primeramente para usarse sobre sistemas piloto y pequeñas mezclas aire-gas. Pueden ser usadas con gas natural, gas manufacturado, propano, butano y aceite, gases refrigerantes (Fredn 11, 11, 22) y muchos otros gases no corrosivos. El capuchón del solenoide puede ser rotado hacia 360° y los serpentines del solenoide son intercambiables para todas las válvulas. Para el positivo arranque-para, es provista por un asiento suave, un alzoamiento es voltado proporcionando en todas las válvulas una baja presión del gas, para asegurar el cierre rápido y abriendo el porte con una mínima presión de descenso a través de la válvula. Las válvulas tienen 1" de largo como retención, y que el cuerpo pueda ser barrenado y excéntrico para 1/4" en línea del piloto. Estas válvulas son diseñadas por ser instaladas en tuberías horizontales con la posición del solenoide verticalmente.



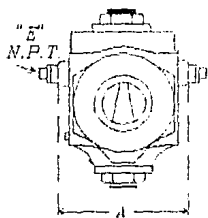
MODELO FM			
SERIE DO			
TIPOS 1, 1 1/4, 1 1/2			
A	1 5/8	E	1 3/16
B	6 7/8	F	3 1/4
C	7 1/4	G	4 1/2
D	6		

Baja Presion:	4" c. H ₂ O
Voltaje:	120 / 220
Gas:	L. P.
Capacidad:	1271.36 ft ³ / Hr
Diametro del tubo:	1"

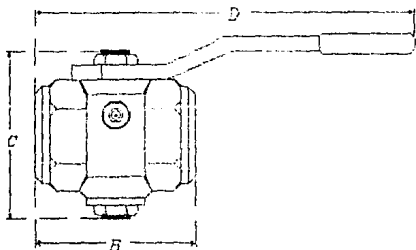
B. LLAVES PARA GAS DE CIERRE RÁPIDO.

Las llaves de "cierre rápido" para gas, son usadas para prevenir explosiones durante el encendido del gas y aplicaciones industriales de quemado. pueden ser usadas con gases; natural, manufacturada o L.P. (Butano-Propano).

Las llaves de cierre rápido son usadas primero que la válvula de arranque-para, como en cada quemador. Cuando la llave es cerrada, un pasaje secundario es abierto en cada llave y la línea de presión es conectada a través del pasaje secundario y ordenado para el cierre del interruptor de presión del final de la línea. este interruptor es interconectado eléctricamente con la línea de gas a la válvula de arranque y para, como la válvula principal no puede ser abierta, hasta que la llave de cierre rápido esté completamente cerrada.



Diámetro del tubo	Dimensiones					Tubería
	A	B	C	D	E	
1	4	5 1/4	5 5/32	12	1/4	GAS
1	2	3 7/16	3 15/32	8	1/2	PILOTO



6.4.4. FUNCIONES DEL SISTEMA DE PROTECCION.

Todos los quemadores cuya capacidad máxima sea igual o exceda de 400,000 Btu/hr. deben ser controlados por medio de un sistema de seguridad para combustión (Listado U. L. -Underwriters' Laboratory-) el cual desempeña las siguientes funciones:

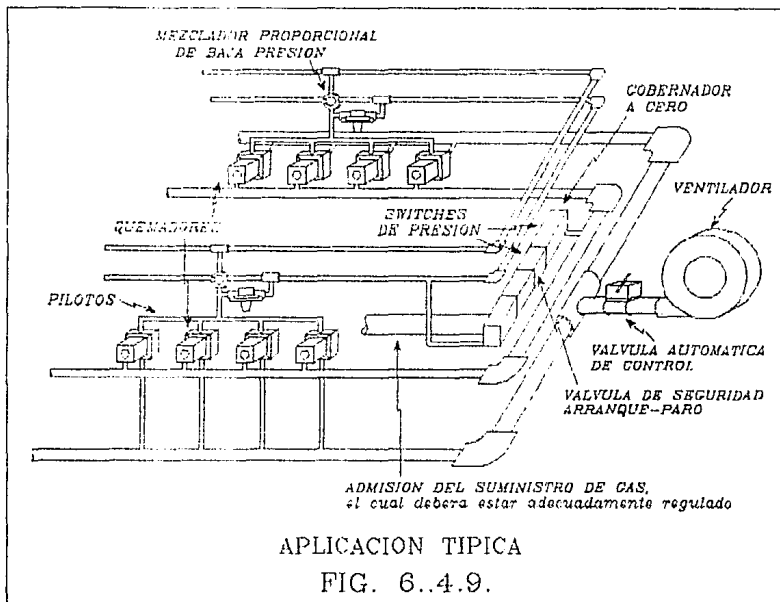
- 1) Detecta una purga pre-ignición al arrancar el equipo llevada a cabo no menos de 4 cambios completos de aire en la cámara de combustión y en los ductos. El fabricante del calentador o quemador deberá determinar la duración del tiempo de purga.
- 2) Si se mezcla aire a presión con el gas en un mezclador y se controla automáticamente, deben procurarse medios efectivos para que el aire pase a la línea del gas, o de que el gas pase a la tubería del aire; el aire y el gas deben controlarse adecuadamente para evitar que el gas llegue a los quemadores, hasta que se disponga del aire suficiente para su combustión, y en el caso de una falla por falta de aire, el suministro de gas debe cerrarse inmediatamente.
- 3) Deben emplearse pilotos de gas, cuya flama deberá ser adecuada para activar el medio que permita abrir las válvulas de la línea principal del gas.
- 4) El período de estabilización de la flama para pilotos intermitentes y para pilotos de lapso interrumpido, no deberá ser mayor de 15 segundos, para quemadores con una capacidad de hasta 12,500,000 Btu/hr y no mayor de 10 segundos. Para quemadores cuyo rango sobrepase las 12,500,000 Btu/hr como capacidad máxima, los mismos periodos se aplican a los quemadores principales; en los quemadores

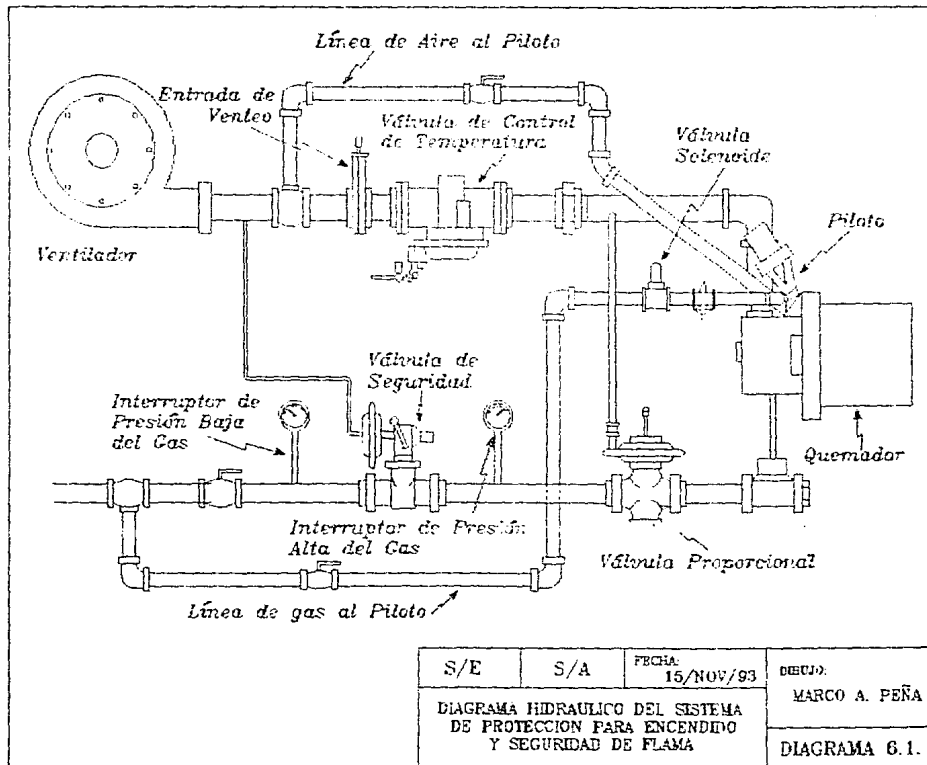
que sobrepasen 5'000,000 BTU-hr deberán emplearse "pilotos de lapso interrumpido"

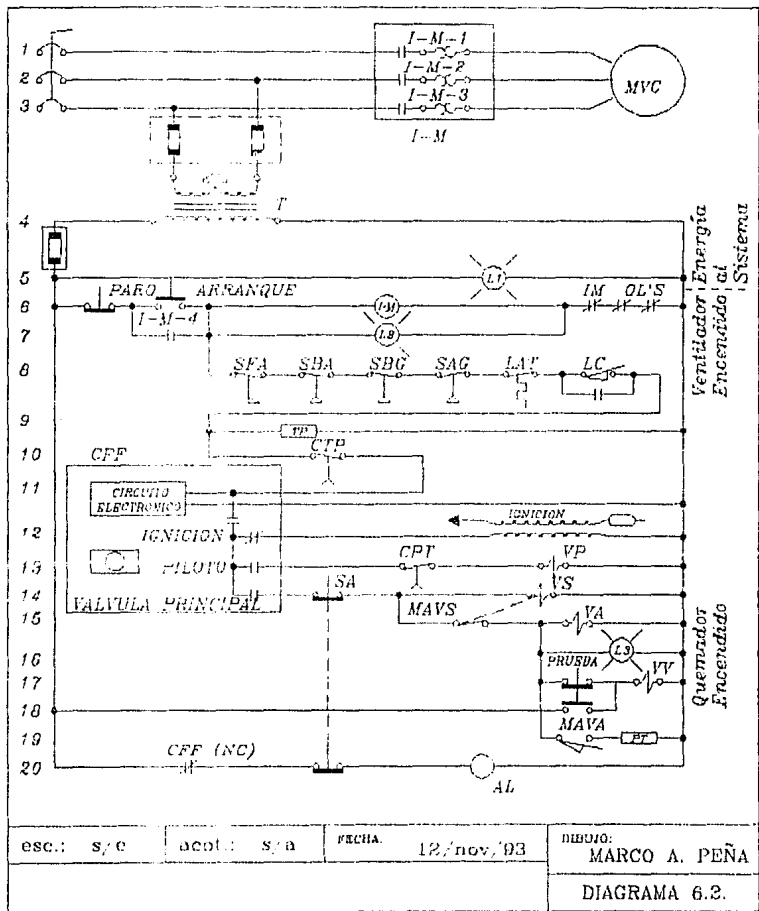
- 5) La revisión y prueba del piloto deberá formar parte de las rutinas de arranque y mantenimiento del equipo
- 6) A los tres segundos de presentarse una falla accidental de flama, el suministro de gas deberá cerrarse. Si el control para falla de flama es de reciclo, el suministro de gas deberá interrumpir y el sistema de ignición se desenergizará en 0,3 segundos después de que la flama se haya apagado. No deberá emplearse un control de flama de reciclo en aquellos quemadores cuya capacidad excede de 2'000,000 BTU/hr.
- 7) El sistema de seguridad deberá volver a poner a funcionar el quemador, después de una falla, pero al mismo tiempo deberá ser posible operarlo manualmente después de una interrupción por falla de flama
- 8) El control de seguridad deberá incorporar un chequeo efectivo de su circuito de arranque

INSTALACION DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO CON MULTIPLES QUEMADORES. ASI COMO SUS ACCESORIOS.

El gas es suministrado a los quemadores a través de un sencillo gobernador a cero. Si se prefiere puede usarse un gobernador individual para cada quemador. La válvula motorizada de mariposa conectada al ventilador proporciona el control modular de los quemadores. Una válvula de mariposa manual en cada quemador, proveerá de una corrección de una corrección de cada quemador.







7. APLICACION INDUSTRIAL.

Los hornos se emplean para producir altas temperaturas y tienen distintos sistemas de funcionamiento y formas en las diferentes industrias, mientras que las estufas son generalmente para temperaturas más bajas que los hornos y consisten en una cámara de material refractario en la cual se utiliza el calor a los niveles más bajos de las temperaturas elevadas (540 °C).

El calentamiento de los metales, cualquiera que sea su objeto, se realiza en hornos, que se denominan comúnmente hornos de calentamiento, hornos de recalentamiento y hornos de tratamiento térmico. La fusión de los metales y del vidrio, el vitrificado de los productos cerámicos, la coqueificación del carbón, la destilación del zinc, el cocido de la harina para elaborar el pan y muchos otros procesos, para los que se aporta calor, se realiza también en hornos utilizados en la industria, pero que no son considerados hornos industriales.

7.1. VENTAJAS DE LA UTILIZACION DEL HORNO DE GAS.

Primamente, mencionaremos las características que debe reunir un equipo de caldeo (horno), para obtener los mejores resultados durante cualquier proceso metalúrgico:

- 1) calentamiento uniforme de la carga. Esto es para evitar la distorsión de los componentes ocasionada por una expansión desigual.
- 2) control preciso de la temperatura. Las temperaturas relativas al tratamiento térmico son críticas. Por tal razón, no solamente deberá operar el horno con un amplio margen de temperaturas, sino que habrá de ser ajustable con facilidad y precisión a la temperatura requerida.
- 3) Estabilidad térmica. No solamente es esencial que la temperatura sea ajustable con precisión, sino que, una vez ajustada, el horno deberá continuar a dicha temperatura. Esto se logra bien sea haciendo la masa del revestimiento interior del horno (refractario) sea mucho mayor que la masa de la carga, o aplicando algún mecanismo de control.
- 4) control de la atmósfera. Si la carga se calienta en presencia del aire, la superficie del metal resulta cubierta con muchas escamas, es decir el oxígeno del aire reacciona con el metal de la carga, formando óxidos en la superficie de los componentes que forman la carga. Para lograr el control atmosférico, el aire del horno se substituye con alguna variante de gas inerte que no reaccione con los materiales del componente.

- 5) *Uso económico del combustible.* Si el horno se puede hacer funcionar en forma continua, con turnos de trabajo consecutivos, se realizan considerables economías. El combustible requerido para calentar el horno cuando se encuentra frío, es mucho mayor que el que se necesita para funcionamiento continuo.
- 6) *Bajos costos de mantenimiento.* El horno está revestido con un material resistente al calor (refractarios). Como el horno debe cesar en su servicio, cada vez que se renueva su revestimiento interior, deberá ser diseñado para que dicho revestimiento dure tanto como sea posible. Por tal motivo no es económico el hacerlo funcionar por ningún motivo a su máxima temperatura de operación o a otra temperatura superior.

7.1.1. VENTAJAS Y LIMITACIONES.

HORNO DE HOGAR ABIERTO.

La figura 7.1.1 muestra un sistema de caldeo de hogar abierto, donde se observa que los quemadores funcionan directamente sobre la carga, la cual recibe el calor reflejado por el revestimiento del horno. las ventajas y limitaciones de este tipo de horno son:

VENTAJAS:

- 1) *Bajo costo Inicial.*
- 2) *Sencillez de uso y mantenimiento.*
- 3) *Economía del combustible.*
- 4) *Calentamiento rápido.*

LIMITACIONES:

- 1) calentamiento desigual.
- 2) Mal control de la temperatura.
- 3) Mala estabilidad térmica.
- 4) Ausencia total de control atmosférico, lo que da como resultado el escamio y la contaminación de la carga.

HORNO DE SEMI-MUELA.

La figura 3 "1.2" muestra una mejoría considerable en relación con el horno de hogar abierto. La llama del quemador no va directamente sobre la carga, sino que pasa por debajo del hogar para producir "calor de fondo". Este calor se suministra por conducción y radiación desde el hogar, obteniéndose un calentamiento suplementario mediante la circulación de los productos de la combustión y por la radiación desde la corona del horno.

Las ventajas y limitaciones de este tipo de horno son:

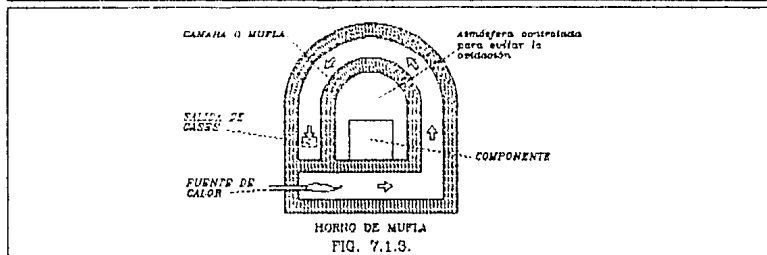
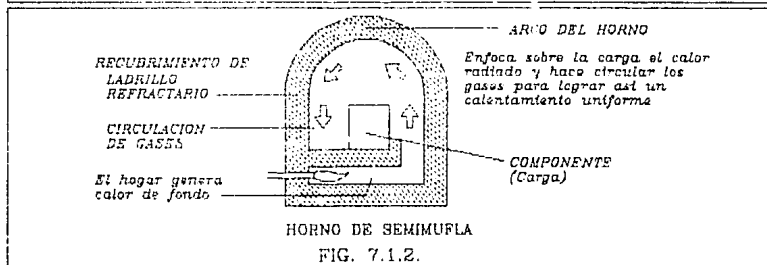
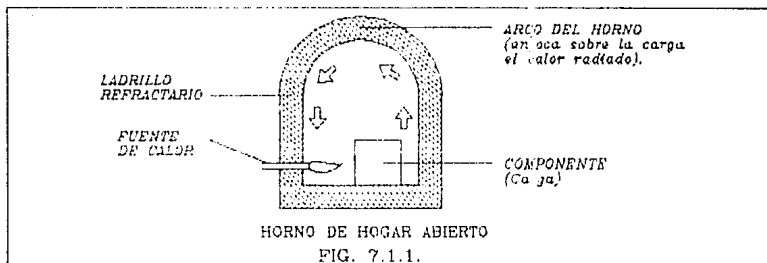
VENTAJAS:

- 1) Costo inicial comparativamente bajo.
- 2) Sencillez de uso y mantenimiento.
- 3) Economía de combustible.
- 4) Calentamiento razonablemente rápido.
- 5) El calentamiento es más uniforme que en el horno del tipo de hogar abierto.
- 6) Control atmosférico limitado, variando la mezcla de gas-aire mediante un sistema de compuertas.

LIMITACIONES:

- 1) El calentamiento es todavía comparativamente desigual, en comparación con tipos de hornos más perfeccionados.

2) *Non cuando la oxidación puede reducirse mediante un cuidadoso control gaseoso, tendrá lugar algún escamamiento, y habrá contaminación de la carga, causado por los gases que circulan por los conductos.*



HORNO DE MUELA.

En la figura 2.13 se observará que la carga se encuentra completamente separada de la cámara de combustión mediante una cámara interior denominada muela. De esta forma pueden obtenerse las condiciones para una máxima economía de combustible en la cámara de combustión, en tanto que podrá introducirse en la muela cualquier atmósfera que se desee. Evidentemente, este tipo de horno no se calentará tan rápidamente como los descritos anteriormente, y puede ser usado eficazmente, únicamente con una producción continua.

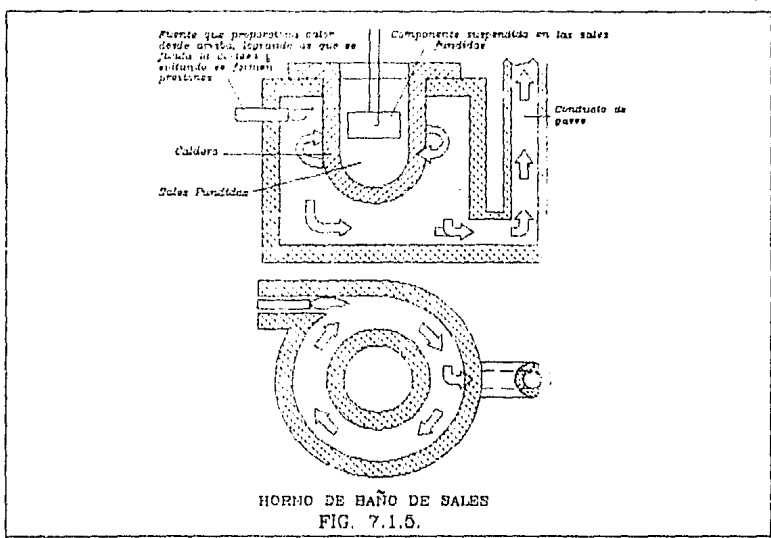
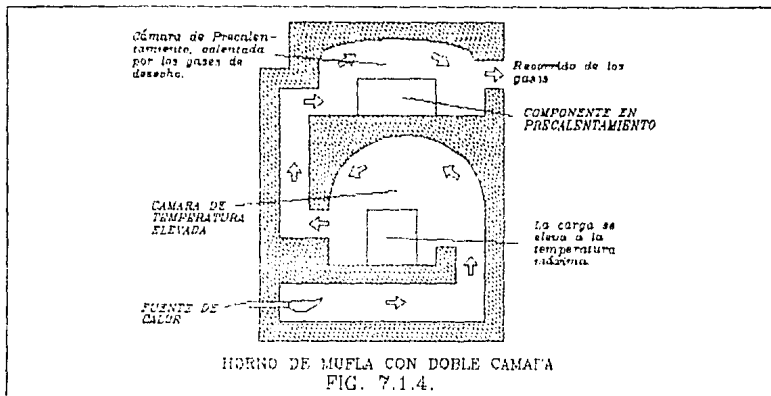
Las ventajas y limitaciones de este tipo de horno son las siguientes:

VENTAJAS:

- 1) calentamiento uniforme.
- 2) control preciso de temperatura.
- 3) Buena estabilidad térmica debida a la gran masa de material refractario que forma tanto la muela como el revestimiento del horno.
- 4) es posible un pleno control atmosférico.

LIMITACIONES:

- 1) Elevado costo inicial.
- 2) Mantenimiento más complejo y costoso.
- 3) Mayor pérdida de calor, lo que ocasiona una mala economía de combustible.
- 4) No es realmente adecuado para uso intermitente, por razón del tiempo que se requiera para calentar la cámara interior.



HORNO CON DOBLE CÁMARA.

En la figura 2.1.4 se observa que este horno está formado por una parte de horno de semiautia, sobre la cual hay una cámara de precalentamiento, el cual se calienta mediante los conductos de los gases de escape de la cámara baja. Este tipo de horno fue utilizado con anterioridad en forma muy amplia para el tratamiento termico de los aceros rápidos y aún sigue siendo utilizado para trabajos especializados. Este tipo de horno ha sido sustituido ampliamente por los hornos de aceros rápidos. Las ventajas y limitaciones de este tipo de hornos son las mismas que las de los hornos de semiautia descritos anteriormente.

HORNO DE BANO DE SALES.

La figura 2.1.5 muestra un horno para baño salino calentado por gas. Los puntos a observar son los siguientes:

- a) Flama tangencial, de forma que la flama no va directamente sobre el crisol.
- b) Calor desde arriba. Por razones de seguridad, las sales deben fundirse desde arriba hacia abajo, ya que si se calientan desde abajo, las sales líquidas en expansión salirían en erupción a través de la corteza sólida, creando una situación muy peligrosa por razón de encontrarse al rojo vivo.
- c) Para evitar la explosión que lance las sales fundidas fuera del crisol, todas las piezas de trabajo y sus recipientes deberán estar secos y precalentados.

Las sales con base de nitrato se utilizan para aplicaciones con bajas temperaturas, tales como el temple de las aleaciones de hierro, el tratamiento por solución de las aleaciones ligeras. Al sobre calentarse pueden dar lugar a una explosión.

Las sales con base de cloruro se utilizan para el endurecimiento rápido a temperaturas de 800 °C o superiores.

Las sales con base de cianuro se utilizan para el endurecimiento de componentes de acero al bajo carbono.

NOTA: Es habitual utilizar un "economizador" que adopta la forma de escamas de mica que flotan sobre la superficie de las sales, para evitar pérdidas por oxidación y humos.

Las ventajas y limitaciones de este tipo de horno son las siguientes:

VENTAJAS:

- 1) Uniformidad absoluta de calentamiento, ya que la carga queda suelta envuelta en sales fundidas a la temperatura del tratamiento.
- 2) Control térmico preciso.
- 3) Alta estabilidad térmica si la masa de sales fundidas es considerablemente mayor que la masa de la carga.
- 4) No se requiere control atmosférico, ya que la carga queda envuelta en las sales de fundición.
- 5) Diseño comparativamente sencillo y bajo costo inicial.

LIMITACIONES:

- 1) Baja economía en combustible, a menos de que se utilice el horno a base de turnos continuos.
- 2) Es necesario un mantenimiento regular.
- 3) Requiere de mano de obra muy bien capacitada para operar el horno.

7.2. USOS INDUSTRIALES.

Debido a las ventajas que presentan los hornos caldeados a base de combustible sólido, son de gran aplicación en procesos tales como:

- (1) La industria siderúrgica
- (2) La industria del vidrio
- (3) La industria del cemento.
- (4) La industria de la azúcar.
- (5) La industria del petróleo.
- (6) La industria petroquímica.
- (7) La industria automotriz.
- (8) La industria del pan.
- (9) La industria ferrosa y no ferrosa.
- (10) La industria metalúrgica y de fundición.
- (11) Etc.

Algunos procesos de la industria metalúrgica, donde se emplean los hornos de gas de diversos tipos son, en su mayoría Procesos de Tratamiento térmico, tales como:

- (1) Endurecido
- (2) Cementado
- (3) Estrurado
- (4) Forja
- (5) Recocido
- (6) Templado
- (7) revenido
- (8) Alivio de esfuerzos
- (9) endurecido
- (10) niterizado
- (11) brazing
- (12) etc

Los hornos empleados en estos procesos abarcarán solo aquellos en los que se imparte el calor a la carga para elevar la temperatura de ésta, sin que se pretenda tenga lugar ninguna reacción química o cambio de estado (fusión o vaporización).

Las operaciones industriales abarcan una amplia gama de temperaturas, las cuales dependen del material a calentar y también del proceso de calentamiento y de las operaciones subsiguientes. La tabla 2.2.1. contiene con cierta aproximación las temperaturas de calentamiento de algunos materiales y procesos. Fue confeccionada partiendo de datos diversos, así como experiencias de gente con muchos años de práctica en los procesos térmicos y metalúrgicos. Se encontraron numerosas discrepancias, las cuales se deben probablemente a:

- (1) Diferencias en el material a calentar;
- (2) Contenido de carbono del material a calentar;
- (3) Diferencia en el sistema de trabajo;
- (4) Y a las dificultades que se encuentran para realizar las medidas de temperaturas elevadas.

En cualquier proceso de calentamiento, la temperatura del horno supera siempre aquella a la que ha de calentarse la carga, ya que primeramente se obtiene la temperatura del horno a que debe tratarse la pieza, la cual no está permanentemente en contacto con la temperatura del horno.

El tipo de horno de combustión se emplea más que el de horno eléctrico; sin embargo, para muchas aplicaciones se prefiere el horno eléctrico, porque ofrece ventajas que no pueden ser medidas por el costo del combustible.

En los hornos que se calientan por combustión existen muchas diferencias a causa de la naturaleza del combustible, por ejemplo: los hornos que queman carbón grueso sobre un hogar de parrilla, han desaparecido prácticamente del mercado. Un pequeño número de hornos industriales queman carbón pulverizado.

La producción total mundial de acero, cerca del 91% es producido por los procesos de solera abierta y proceso Bessemer, el resto se produce por medio de horno eléctrico y horno de inducción.

El carbón fue un combustible común para hornos industriales alimentados en forma manual o mecánicamente. Con la creciente necesidad de controlar la temperatura y la atmósfera en los procesos industriales de calentamiento, el carbón ha sido reemplazado casi por completo, por combustibles líquidos y gaseosos. Debido a que disminuye la disponibilidad del gas natural para propósitos industriales, se espera desarrollar nuevos métodos para producir gas sintético a partir del carbón.

El proceso de hornos de combustión puede ser de naturaleza ácido o básico, dependiendo del tipo de recubrimiento refractario, y una de las ventajas respecto al convertidor de oxígeno es el tiempo empleado; para el proceso de hogar abierto es de 7 a 14 horas por hornada, comparado con 20 minutos que tarda el proceso de oxígeno básico, una marcada diferencia. Es que, aparte de poderse usar con una variedad más amplia de materia prima, el hogar abierto puede sujetarse a un control más preciso que el proceso Bessemer y, por lo tanto, elaborará un producto de mejor calidad.

A diferencia del convertidor, el horno de hogar abierto, de la posibilidad de transformar en acero no sólo el hierro fundido, sino también la chatarra de todo género de metales ferrosos (Scrae).

El hogar abierto ácido se usa principalmente para la producción de acero de alta calidad que se aplican a la fabricación de ejes, cables de alambre, resortes, fundiciones, bielas de embolo y aceros de aleación, mientras que el hogar abierto básico se usa principalmente para la producción de acero en una amplia gama de trabajos a menor costo. Sin embargo, en la práctica moderna, la calidad del acero en hogar básico puede ser muy alta.

El uso del gas como combustible, reduce los costos de servicio e incrementa el ritmo de producción, pero plantea problemas de temperatura del caldeo y de pérdida de material reductor.

APLICACION DEL HORNO DE GAS A PROCESOS INDUSTRIALES

TABLA 7.2.1.

PROCESO DE CALENTAMIENTO U OPERACION SUBSIGUIENTE	TEMPERATURA A QUE SE CALIENTA EL MATERIAL EN GRADOS CENTIGRADOS (TEMPERATURA MAS ELEVADA DURANTE EL PROCESO DE CALENTAMIENTO)	
Secado de alambre de acero	149	
Secado de lacas	149	
Laqueado	82	232
Estufado de machos de piezas moldeadas en hierro fundido	143	232
Pavonado	260	
Estañado en baño caliente	260	
Revenido en aceite	260	
Revenido de aceros rápidos	332	
Recocido de aluminio	398	
Cracking del Petróleo bruto	398	
Calentamiento del aluminio para iluminación	454	
Nitruración del acero	510	
Recocido del latón	530	
Recocido del vidrio	621	
Recocido del colme	621	
Recocido de alpaca	649	
Esmaltado, proceso en húmedo	649	
Normalizada	649	704
Recocido de bandas laminadas en frío	670	760
Aporcelanamiento para decoración	760	
Calentamiento para laminación de latones	787	
Recocido de Chapas y alambres de níquel o monel	799	
Recocido de aceros con elevado contenido en carbono	816	
Tratamiento térmico de acero medio en carbono (0.3%).	843	

PROCESO DE CALENTAMIENTO U OPERACION SUBSIGUIENTE	TEMPERATURA A QUE SE CALIENTA EL MATERIAL, EN GRADOS CENTIGRADOS (TEMPERATURA MAS ELEVADA DURANTE EL PROCESO DE CALENTAMIENTO)
Temple isotérmico (patentado) de alambre	871
Recocido en cajas de chapas finas de acero	871
Esmaltado vitreo de chapa de acero	871
Calentamiento de cobre para laminar	871
Forja de titanio comercialmente puro	871
Recocido de piezas moldeadas de acero	899
Normalizado de tuberías de acero	899
Cementación (impregnación de una superficie metálica con "Al" en polvo)	926
Calentamiento de tiras para chapa fina	926
Normalizado de chapas finas de acero	954
Cementación	954
Calentamiento en paquetes de chapa fina de acero	954
Recocido de ciclo corto de fundición maleable	982
Cianuración	982
Vitrificación de la porcelana	999
Esmaltado vitreo (de piezas fundidas)	1010
Calentamiento de barras y paquetes de acero inoxidable	1037
Normalizado de acero inoxidable	926 1093
Laminación del acero inoxidable	954 1232
Forja de las aleaciones de titanio	871 1066
Recocido de piezas fundidas de acero al manganeso	1037
Calentamiento para témpas de los aceros de herramientas	1037
Calentamiento para estampación de chapa de acero	1049
Calentamiento para laminación del acero para muelles	1093
Cocción de vidriado de la porcelana	1121

7.3. PERSPECTIVAS Y TENDENCIAS A FUTURO EN EL USO DEL HORNO DE GAS.

El uso de hornos de combustión en los diferentes procesos industriales, tiende a lograr una perfección tal que para el manejo del mismo, así como de los procesos que en él se llevan a cabo, solamente se requerirá un tablero o consola de control, intercalado a la computadora, obteniendo con esto, lograr una alta eficiencia y segura operación del equipo.

Aunque el horno eléctrico proporcione mayores ventajas que el horno de gas, no ha podido desplazarlo debido al alto costo de instalación, además del gran consumo de energía eléctrica.

Actualmente, se pretende lograr la aplicación de la energía nuclear como combustible o fuente de energía en diversos procesos industriales.

Las tendencias de los grandes productores de metales (acero, hierro, etc.) está previsto liquidar los hornos de gas, así como sus talleres que son obsoletos, poco mecanizados y de bajo rendimiento. Al mismo tiempo, en los próximos decenios, la producción del acero se realizará en grandes talleres de alto grado de mecanización, organización y automatización, que dará uno de los métodos fundamentales en la fabricación de todos los procesos de manufactura.

Actualmente, el empleo del horno de combustión ha sido reemplazado en cierto grado por el empleo del horno eléctrico o de inducción, debido a su fácil adaptabilidad y alta calidad de los metales que se obtienen en este proceso.

La tendencia del horno a la total automatización es eminente, por lo que ahora será de vital importancia mantener el horno de gas dentro de los límites de costo-beneficio en cuanto a su empleo racional, más que pretender dar batalla a los procesos de oxígeno básico y del horno eléctrico, que indudablemente serán utilizados con mayor frecuencia. Sin embargo, el horno de gas ocupa y seguirá siendo un medio para la obtención de metales de gran calidad, además del empleo de recuperadores (checkers) que permitirán obtener altas temperaturas de calentamiento, así como la obtención de metales de alta calidad. Con esto, permitirá hacer más rentable la utilización del horno de gas.

INNOVACION TECNOLOGICA DEL HORNO DE GAS.

Ahora puede construirse un horno de gas con arreglo a las especificaciones de los usuarios, y que sirve para diversos procesos de secado, endurecimiento y calado, así como también el alojamiento de tensiones y para el esmaltado.

Dicho horno que alcanza temperaturas hasta de 3434 °C (6204 °F), consiste en una fuerte estructura de acero laminado, soldada y empernada, en cuyo diseño se ha procurado disminuir todo contacto posible entre los forros exterior e interior del horno.

El aislamiento estriba en lana mineralizada y tiene en ambos costados un fuerte revestimiento con paneles de chapa galvanizada. El quemador de gas cuenta con su termostato, una esfera indicadora para la temperatura, varilla detectora de flama y un sistema de seguridad para el encendido y para el caso de apagarse la flama.

7.4. TAMAÑO Y ECONOMÍA DEL HORN DE GAS.

El tamaño necesario del horno dependen de la cantidad de material que ha de calentarse por hora, del tipo de calentamiento necesario, del tamaño de las piezas que han de calentarse y de la cantidad de calor que pueda liberarse sin excesivo perjuicio para el horno. El rendimiento y la duración del refractario que se obtengan, dependerá de que el tamaño del horno sea más o menos el correcto.

TIEMPO DE CALENTAMIENTO.

Para la relación general del área del material refractario al área base, el tiempo necesario para calentar placas de acero desde una cara de 3.18 mm de espesor varía de 3 minutos para calentamiento a alta velocidad y de 6 a 12 minutos para calentamiento moderado, utilizando los métodos convencionales, hasta 20 minutos para tratamiento de 3.18 mm. de diámetro término. Las barras cilíndricas de acero serán calentadas en la mitad de estos tiempos, para temperaturas menores de 400 °C, el tiempo necesario para calentamiento puede ser el doble o el triple de los valores indicados. Los tiempos anteriores de calentamiento están basados en una temperatura del horno de 25 a 50 °C más alta que la temperatura final del material calentado. Se supone que el material está completamente expuesto al calor del horno.

El peso del material que está en el horno en cualquier momento es el producto del peso del material que entra por hora, por el tiempo de calentamiento en horas. Si se conocen el peso y los tamaños de las piezas que se calientan, se puede fijar el área del horno. El ancho y la longitud del horno necesarios para obtener dicha superficie de la solera del horno se fijan según

el método de calentamiento que se ha de emplear y por el procedimiento de manipulación del material

La vida de un horno a una temperatura dada, depende de su intensidad de calentamiento, la cual puede expresarse en kilogramos por metro cuadrado de la superficie de la sofera del horno por hora. La intensidad máxima de calentamiento admisible para el acero es aproximadamente de 170 $\text{kg/m}^2\text{hr}$ para tratamiento térmico, 106 para hornos laminadores, 88 para hornos continuos de zona simple y 64 para hornos de zona múltiple. Estos son límites superiores que no deben usarse si se espera una larga vida de los refractarios del horno. Estas intensidades son para calentamiento de acero dulce. Dichas intensidades máximas admisibles sólo deberán utilizarse para comprobar el cálculo del tamaño del horno: si el tamaño calculado del horno corresponde a una intensidad de calentamiento que sea demasiado grande, dicha intensidad deberá reducirse haciendo el horno más grande. Si la intensidad fuera demasiado pequeña, puede a veces aumentarse, cargando el material de manera diferente a un horno más pequeño.

CONCLUSIONES

Recientemente se ha suscitado una apertura comercial en todos los Ambitos de nuestro país. Esto ha originado un cambio de mentalidad en la industria, la que ahora ve primero la comercialización de un producto, mucho antes de la adquisición de la materia prima. La consecuencia lógica de estos cambios se puede resumir en la intención de disminuir el precio de venta de un producto, sin afectar significativamente su calidad. Para esto, se ha puesto especial interés en disminuir los costos de fabricación, pues se ha comprobado que es una de las áreas que más se ha descuidado, logrando que con la disminución de partes de maquinaria, de reproceso y de desperdicio, y con el aumento en la velocidad de producción, se logre una disminución efectiva y significativa de estos costos. Picho de otro lado, la tendencia actual de la industria es la óptima y eficiente operación y mantenimiento del aparato productivo, incluyendo maquinaria y equipo, de los cuales nos interesa, por ser parte de nuestro estudio, los equipos productivos de calor que utilizan gas para su funcionamiento.

La conseguir una eficiente y segura operación de nuestro sistema de calentamiento implica tener un profundo conocimiento de todos los componentes de dicho sistema, así mismo, de disponer de un funcional taller de mantenimiento y un saque de obtención de comercialización. Por tanto, es necesario realizar un estudio descriptivo de cada uno de los componentes del sistema de calentamiento, ya sea el ventilador, refractario, solera, aparatos de control, al igual que el equipo auxiliar y accesorios, sistemas relacionados (tuberías de gas, tableros de control y suministro de energía eléctrica, etc.), etc., logrando con ésto dar pauta para la adecuada selección de cada uno de ellos en un momento dado, ya sea por sustitución o por modificación, permitiéndonos obtener el máximo rendimiento posible de nuestra instalación, y del horno en sí, a un costo aceptable dentro de los límites óptimos de seguridad. Por ejemplo, hecha la selección del refractario y siguiendo las recomendaciones del fabricante al pie de la letra, el trabajo de mantenimiento apenas comienza, ya que será esencial mantener

constantes los factores que danan al material retráctante, como son: el arrastre de sólidos en los gases, la variación de la temperatura en los ciclos repetitivos y el efecto causado por el uso de atmosféricas controladas y, asimismo, sugerir soluciones a problemas que surgieran durante la armoniosa operación del sistema de calentamiento, horno de gas en nuestro caso.

También se efectúa un análisis detallado de las propiedades y características de los combustibles, en particular gas natural y gas L.P., mismo que servirá para elegir el combustible que nos origine una mayor economía en su utilización, además de mostrar ventajas y desventajas que guardan, tanto con los sólidos, como los líquidos y la energía eléctrica, ya que esta última ha ganado terreno actualmente, aplicada para el calentamiento de hornos industriales y, debido al poco avance en cuanto al uso de la energía nuclear logrado, no ha desplazado aún las otras formas de energía empleadas, como combustible para el calentamiento del horno.

Ahora haciendo mención sobre los combustibles gaseosos, se recomienda ampliamente el gas natural transportado por gasoductos, desde su "manantial" de origen hasta el lugar de uso, debido a las especiales propiedades que presenta, a saber, el de ser económico, así como abundante y de fácil transportación, además de algunas otras propiedades físicas y químicas, siendo su único inconveniente, el tener un bajo poder calorífico respecto al gas L.P., donde el empleo de este último gas como combustible para el calentamiento del horno, solo es recomendable en casos de emergencia. Además, conociendo la economía que se obtiene con la realización de un análisis de combustión, se contempla dicho análisis para el gas natural y el gas butano, permitiendo con ello lograr una relación de combustión óptima, disminución en gran medida de las pérdidas debidas a la combustión incompleta y de una mayor economía en el empleo del combustible, asimismo, dicho análisis proporcionará datos tanto críticos como óptimos de las cantidades de los componentes que intervienen en la mezcla explosiva (aire-gas), ya sea como se observó, mediante pruebas realizadas en el equipo de calentamiento con que cuenta el centro (CIENSI), se lograba una mayor velocidad de calentamiento en el horno rotatorio, utilizando una relación de presiones en el rubio de baja de 3.5 gms/cm² de aire y 1.5 gms/cm² de gas, comparada con la obtenida en el horno de solera y el de crisol, empleando aproximadamente la misma relación de presiones. Asimismo, se comprobó que el intervalo para la aplicación del gas, tanto en baja como en alta, oscila entre los valores de 0.02 - 3.5 msec., con rangos de velocidades de mezcla de 2.7-3.5

mseg. Además, se observó que la relación óptima de presiones depende directamente de las cantidades en peso o en volumen de los componentes que forman la mezcla (combustible-comburente).

Por otra parte, para lograr la uniformidad de temperatura y mantenerla constante durante un cierto tiempo en la cámara del horno, es necesario considerar todas las variables que intervienen en la determinación de un valor determinado de la misma, como pueden ser las presiones que intervienen en la relación de combustión o las cantidades que forman la mezcla; en la realidad, para lograr una plena uniformidad de la temperatura, se deberán considerar las dimensiones de los quemadores, así como su colocación en la cámara de combustión, al igual que la cantidad de calor por unidad de tiempo, aplicada al espacio a calentar, además de algunas otras variables menos importantes, ya que la velocidad de calentamiento como se dijo con anterioridad, es función principal de la variación de presiones y, en consecuencia, originan un incremento del volumen aplicado a la mezcla y para que el valor que se obtenga de la velocidad de calentamiento sea confiable, también deberá considerarse las pérdidas de calor del horno, tiempo de operación y la transferencia de calor.

Para lograr un control adecuado y confiable, es necesario disponer de aparatos o dispositivos de gran precisión y, por consiguiente, se hace mención de tales aparatos, tanto para el control de la temperatura, al igual que para el control de presiones y del flujo; de estos dispositivos dependerá el buen funcionamiento y adecuado control de nuestro sistema de calentamiento, debiendo reunir los siguientes requisitos: ser de gran precisión; disponer de un amplio rango para la medición; y ser de fácil calibración para el operador del horno con esto se logrará una óptima eficiencia del equipo de calentamiento y una mayor vida útil de todos los componentes que forman el sistema, ya que, prácticamente se ha demostrado que para obtener buenos índices de funcionamiento del horno, es necesario mantener la relación de temperaturas: temperatura práctica y temperatura calorimétrica en un valor que no exceda de 0.2.

Ahora, como uno de los principales objetivos de este trabajo es el de proporcionar los medios y facilidades para mantener y conservar en óptimas condiciones de funcionamiento al sistema de calentamiento, equipo auxiliar y accesorios, se realiza un estudio profundo y sistematizado sobre la aplicación de un adecuado mantenimiento al horno de gas, además de hacer mención de las

fallas y averías más frecuentes, presentadas en el horno; asimismo, se recomiendan algunas rutinas periódicas, sobre la inspección y el mantenimiento que se deberá aplicar al equipo de calentamiento, ya que actualmente la mayoría de empresas que solucionan sus problemas de mantenimiento, lo hicieron mediante la aplicación de planes y programas de mantenimiento basados en enfoques más técnicos y controlados, así como el auxilio de los sistemas computarizados, contando con el respaldo de una mano de obra calificada y un taller de mantenimiento bien equipado; herramientas y equipo especial, empleado para llevar a efecto las reparaciones al horno, permitiendo con esto lograr una mayor vida útil del sistema de calentamiento y del equipo auxiliar.

Es también recomendable que exista una plena comunicación del departamento de mantenimiento hacia el de producción y viceversa, para facilitar el cumplimiento de los objetivos fijados de antemano, permitiéndonos reducir la frecuencia de las tallas y paros del equipo debidas al mantenimiento, además del tiempo de calentamiento requerido por el horno y el costo total por concepto del mantenimiento. Asimismo, considerando día a día que los equipos y dispositivos son más complejos y sofisticados, será de vital importancia capacitar y preparar al personal encargado del mantenimiento del horno de gas, manteniéndolo actualizado en cuanto a técnicas y normas para la aplicación del plan programado del mantenimiento. Lo anterior se ha visto reflejado en el sistema de trabajo conocido como Mantenimiento Productivo Total, que lleva consigo tanto la especialización del mecánico del área en la maquinaria, para realizar trabajos sofisticados, como la participación del operador en la realización de trabajos de revisión, limpieza y corrección rutinarios como parte de su operación.

Resulta por demás hacer mención de la importancia que representa el mantenimiento adecuado para nuestro sistema de calentamiento, ya que representa el medio idóneo para lograr el menor costo posible en el calentamiento de las piezas a manufacturar. En muchas ocasiones, los usuarios de hornos consideran que resulta más económico el llevar un mantenimiento únicamente cuando se presenta la talla, que implantar un mantenimiento planeado y controlado, que nos prevenga del momento en que sucederá dicha talla, argumentando que la implantación del programa de mantenimiento arrojara gastos de instalación, y no proporcionará resultados a corto plazo. Este abre la siguiente interrogante: ¿se evaluarán los costos por mantenimiento correctivo al horno, hasta el momento en que el plan de mantenimiento preventivo comenzara a dar resultados. Acaso no se llegaría a la conclusión que resulta más económico

La implantación del plan de mantenimiento preventivo, aún de los costos de su instalación, los cuales se compensarán al ser evaluado el plan en un tiempo considerable: un año, cinco años, diez años, etc. Como se ha comprobado en los países con mayor desarrollo tecnológico, que no solo actúan a un determinado tiempo a prevenir una falta, sino que la detectan antes de que realmente se convirtiera en un problema, y si el proceso está adecuadamente organizado se pueden realizar "paros programados por mantenimiento", que afectan un mínimo la producción; lo preferible para un día, con el requerimiento de la producción cubierta, para realizar una reparación efectiva, que perder una hora de producción para corregir un desperfecto.

Aún cuando el mayor ahorro se logra en el uso adecuado del combustible, se pueden obtener ganancias significativas en la aplicación del mantenimiento al horno, y así disminuir al mínimo los gastos del equipo, al igual que mantenerlo y conservarlo en óptimas condiciones le funcionamiento durante mayor tiempo; otra economía que se puede lograr tanto en tiempo como en dinero es la de contar con un eficiente stock de repalciones en inventario, que nos permita llevar a cabo la reparación al horno y reducir los tiempos muertos, así como las desperdas de producción, y considerando que los costos de operación en ciertas ocasiones son impredecibles, aparte de proporcionar poca información de interés para el plan de mantenimiento, estos deberán ser considerados en los costos de producción y no en los de mantenimiento, no considerando los costos de mano de obra, ni los costos de producción, debido a los fines del presente trabajo.

Las perspectivas de avances en sistemas de combustión basados en gas son bajas comparados con los adelantos que han logrado sus alternativas, principalmente el uso de energía eléctrica para producción de calor, siendo estos avances generalmente en el área de los equipos y de los sistemas auxiliares; sin embargo, debido a la creciente industrialización en el orbe, estos sistemas no solo no han perdido importancia, sino que han visto multiplicar sus usos y sus especializaciones, por lo que desde que el hombre utilizó el fuego por primera vez para calentarse hasta la actualidad, la humanidad entera se ha trastornado.

B I B L I O G R A F I A

- 1) BOKROSIO, PRUDENIO.
La minería y la Metalurgia.
Editorial Fondo de Cultura Económico, Segunda Edición, 1984.
- 2) BOKROSIO, P.R. DE C.V.
Catálogo de Equipos Refractarios.
México.
- 3) DAUBERSTEIN, HERBERT AVALONE, EUGENE D.
Manual Manual del Ingeniero Mecánico
Editorial de BROWN HILL, Octava Edición, Mexico 1988.
- 4) BECKER, L. P. DIEGO.
Manual del M. Cálculo de Mas. C.P.
I.C.M., Primera Edición, 1985.
- 5) BIBLIOTECA TEMÁTICA DIEHA.
El Mundo que nos rodea y Conquistas de la Humanidad, Tomos 10 y 11.
Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana, España, 1980.
- 6) CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL.
Manual de Mantenimiento
Junio 1985.
- 7) CENTRO NACIONAL DE ERGONOMÍA TÉCNICA INDUSTRIAL.
Manual de Mantenimiento de Lalleres.
1980
- 8) COOPER, J.
Aceros, Fluoceros y Derivados, Tomo 1.
Editorial COMERCIAL SIDERO METALURGICA, 1988.
- 9) DE GARDIO, F. PAUL.
Materiales y Procesos de Fabricación.
Editorial Hoevert S.A., Segunda Edición, 1978.

- 10) EMERKINSC, S.A. DE C.V.
Manual de Quemadores.
Mexico.
- 11) FIERRO MEXICANA, S.A.
Catálogo de Eslingas y Refractarios.
Mexico.
- 12) HANBLY, WILLIAM.
Manual de Seguridad Industrial
Editorial del BROW HILL, Tercera Edición, 1980.
- 13) HIGGINS, ROYROND A.
Ingeniería Metalúrgica, Tomo I.
Editorial C.I.C.C.S.A., Cuarta edición, 1980.
- 14) INSTITUTO LATINOAMERICANO DEL FIERRO Y EL ACERO
Siderurgia.
Revista Técnica, Julio 1985.
- 15) LUDWIN S.A.
Metalmurgia del Acero.
Editorial PHS, Octava Edición, 1984.
- 16) MUÑOZ SORIO, J. GUILLERMO.
Hornos, Bases y Combustibles.
Editorial KRILLAS, Primera Edición, 1981.
- 17) NEWKIRK E.L.
Administración del Mantenimiento Industrial.
Editorial DIBWA, Tercera edición, 1982.
- 18) OLDS - POLYMEYS
Hornos Industriales, Tomo I y II.
DIBWA, Primera edición, 1973.
- 19) SEVERIS - PUBLER
Energía mediante Vapor, Aire o Gas.
Editorial Reverte, Segunda Edición, 1981.
- 20) SEYDLI - ROSLI.
Técnicas de Metalurgia Experimental.
Editorial LIMSA WILEY, Segunda Edición, 1982.
- 21) SOCIEDAD MEXICANA DE FUNDIDORES, MOLDEO Y FUNDICION.
Revista Técnica, diciembre 1984 y febrero 1985.

BIBLIOGRAFIA

- 22) WATSON, G.H.,
Physics of Engines in Combustion and Applications.
Gas Consultants, Inc., Ohio, EE. UU.
- 23) IMPROBI, G. L.
Lezioni di Moto La Lubrificazione.
Editorial e presentaciones y Servicios de Ingenieria, S.A.,
Mexico 1988.
- 24) Cole, James, Tratado de Metalurgia, Tomo I.
Editorial Reverte, Tercera Edición, 1963.
- 25) Diccionario Enciclopédico Espasa.
Espasa Calpe, S.A., Quinta Edición, España 1979.
- 26) Diccionario Enciclopédico Salvat.
Salvat Editores, S.A., Mexico 1977.
- 27) Diccionario Enciclopédico Universal.
Ediciones y Publicaciones Credsá, España.
- 28) Tecnología de las Ptas para Ingenieros y Arquitectos.
Editorial Reverte.
- 29) Design of Structures and Foundations for Vibrating Machines
- 30) Catálogo e información técnica de proveedores de:
reductores, aislantes, instrumentos de control (manómetros,
pirómetros y medidores de flujo), válvulas, quemadores,
ventiladores y accesorios auxiliares para la instalación de
hornos de calentamiento.

TERMINOS FRECUENTEMENTE UTILIZADOS EN TERMICA

ADIABATICO:

Dícese de los fenómenos (procesos, operaciones de transformación) que afectan a un cuerpo o sistema, en los cuales:

- 1) No se produce transmisión de calor;
- 2) O bien no se da intercambio de calor entre el cuerpo o sistema y el medio externo;
- 3) O si existe este intercambio, es mínimo (caso de las modificaciones de una masa de aire seco en la atmósfera).

Son adiabáticas las transformaciones termodinámicas de un sistema en que no hay intercambio de calor con el medio exterior ($Q=0$). El proceso podría lograrse rodeando el sistema de un envoltura perfectamente aislante del calor; tomando que el sistema o bien se encuentre a la misma temperatura, mediante una expansión o compresión rápida que impida el proceso físico del intercambio de calor.

CALOR:

Energía que pasa de un cuerpo a otro cuando es en contacto y es causa de que se equilibren sus temperaturas. Esta energía se manifiesta elevando la temperatura y dilatando los cuerpos; llega a fundir los sólidos, comunicándose de unos a otros hasta a velar su temperatura. Se supone hoy que el calor es simplemente una forma de energía que se produce por una serie de vibraciones de la materia.

CALOR DE COMBUSTION (CALOR CALORIFICO DEL COMBUSTIBLE):

Ordinariamente, un cambio químico va acompañado por una generación o una absorción de calor. La unión de un combustible con el oxígeno produce calor, y el calor así engendrado cuando 1 mol de combustible es quemado completamente se llama calor de combustión o valor calorífico del combustible, o también valor o poder calorífico del mismo.

CALOR DE FORMACION:

El cambio de entalpía que resulta cuando se forma un compuesto a partir de sus elementos, isotérmicamente y a presión constante es igual, pero de signo contrario.

CALOR (PROPAGACION DEL):

Se realiza desde los cuerpos de temperatura alta a los de temperatura baja. En la conducción del calor intervienen tres procesos: conducción, convección y radiación. El calor se propaga por conducción cuando hay

contacto directo entre el cuerpo caliente o frío, o cuando entre ambos existe un medio material que adquiere temperaturas intermedias entre las de los dos cuerpos, sin que se produzca un movimiento de materia. La conducción calorífica se presenta generalmente en los sólidos. Cantidad de calor Q que atraviesa en el tiempo t una lámina plana de espesor x y superficie de Área S de una sustancia dada, entre cuyas caras se mantiene una diferencia de temperatura T , vale:

$$Q = \lambda \text{ (lambda)} S t T / x$$

λ (lambda) es la constante llamada de conductividad calorífica de la sustancia que constituye la lámina. La convección es exclusiva de líquidos y gases y se basa en el movimiento de las partículas del fluido que van desde los puntos calientes a los fríos y reciprocamente, lo que determina un paso de calor de los primeros a los segundos. Existe un tercer proceso, la radiación: el calor se propaga sin la intervención de partículas materiales. Todo cuerpo caliente emite hacia el espacio ondas electromagnéticas que suponen para el cuerpo una pérdida de calor. La cantidad de calor radiante emitida por un cuerpo es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta.

COMBUSTION:

Oxidación de una sustancia con desprendimiento de calor y a veces de luz. El oxidante puede ser el oxígeno gas directamente, o bien formando parte de un compuesto químico, cual el ácido nítrico o el perclorato amónico. También puede ser otra sustancia; así el fósforo se combina con el hidrógeno del combustible, dando luz y calor. El proceso se inicia calentando las sustancias hasta la temperatura de inflamación, y continúa desarrollándose por sí mismo si la temperatura de combustión no es inferior a la primera.

CONDUCCION:

Procesamiento de propagación de calor en los cuerpos sólidos, que consiste en comunicarse de unas moléculas a otras. Ver también propagación del calor.

CONDUCTIVIDAD CALORIFICA:

Constante λ (lambda) que aparece en la expresión de la cantidad de calor, Q , que atraviesa en el tiempo t una lámina plana de espesor x y superficie de Área S de una sustancia dada, entre cuyas caras se mantiene una diferencia de temperaturas T :

$$Q = \lambda \text{ (lambda)} S t T / x$$

donde λ (lambda) depende de la sustancia

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA:

Cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo, a través de una pared de superficie y espesor de unidad, cuando la diferencia de temperatura entre las caras es también la unidad. Se suele medir en kilocalorías por hora, metro, grado centígrado.

CONVECCION:

Propagación del calor, desde una parte a otra de un fluido, al desplazarse este de una temperatura más caliente a otra más fría. De este modo, si se aplica calor al fondo de un recipiente que contiene un

líquido, éste se elevará, empujado por su menor densidad, y bajará a ocupar su lugar el líquido más frío, que antes estaba en la parte superior. Esta circulación recibe el nombre de corriente de convección y mantiene más uniforme la temperatura que si el líquido permaneciera inmóvil. Ver también propagación del calor.

DISOCIACION:

Proceso químico reversible, en el cual un cuerpo se descompone en elementos más simples por la acción del calor o de un disolvente. Así, el A B, que puede separarse en sus componentes A y B.

ENTALPIA:

Función termodinámica $H = U + pV$, en donde U es la energía interna, p la presión y V el volumen. Esta función permanece constante en la experiencia Joule-Kelvin, en la cual la temperatura de un gas en expansión no queda enmascarada por el calor específico relativamente grande del medio exterior. Los resultados de esta experiencia aportan una valiosa información respecto a las fuerzas intermoleculares. El calor absorbido en cualquier transformación isobárica, reversible es igual a la diferencia entre las entalpías del sistema en los estados extremos de la transformación.

ENTROPIA:

Magnitud termodinámica introducida por Clausius, que evalúa la degradación de la energía. Es una función cuya fórmula matemática es $S = Q/T$ (S, entropía; Q, cantidad de calor; T, temperatura absoluta), que expresa cuantitativamente el segundo principio de la termodinámica o principio de Carnot. La unidad de la entropía más utilizada es: Calorías/grados Kelvin. La variación de la entropía entre dos estados de un sistema, cualquiera que sea el proceso reversible que transforme un estado en otro, sólo depende de los valores, inicial y final.

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

En particular, si una transformación es adiabática, se tiene $dQ=0$. Por lo tanto, si además es reversible, se deduce que la entropía permanece constante (sistema isentrópico). En toda transformación irreversible, la variación de la temperatura será mayor que

$$\int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

Si un sistema es térmicamente aislado, todo proceso irreversible implica un aumento de la entropía.

ESTECIOMETRÍA

Parte de la química que se ocupa de las relaciones ponderales que se observan en las acciones químicas. En todos los procesos químicos, así en la unión de los elementos para formar compuestos como en la descomposición de éstos, nunca hay pérdida ponderal de materia, ni tampoco creación de la misma; el peso de los productos formados es igual a la suma de las sustancias que han actuado entre sí. Este como características de las combinaciones químicas o se señalará el hecho de que, en su formación, siempre se efectúa la unión de los correspondientes elementos según las relaciones de pesos fijas e invariables. En las reacciones entre las sustancias compuestas existe también esta constancia en las relaciones ponderales. La constancia de las relaciones

de peso, en la formación y en la descomposición de los compuestos químicos, se expresa en los siguientes principios estequiométricos:

- 1) Las relaciones de peso, según las cuales se unen los elementos para formar compuestos químicos, son fijas e invariables
- 2) Cuando dos o más sustancias entran en reacción química, la transformación se efectúa igualmente según las relaciones de pesos fijas e invariables, que son las mismas que aquellas según las cuales los elementos se combinan unos con otros.
- 3) El peso de las sustancias compuestas es igual a la suma de los pesos de sus componentes.

Se llama también teoría de los equivalentes.

ISOTERMICO:

Dícese de la transformación termodinámica realizada a temperatura constante. En ella se cumple la ley de Boyle Mariotte para los gases perfectos.

RADIACION

Energía en forma de ondas electromagnéticas que emite un cuerpo a temperatura alta. La distribución espectral de la radiación térmica es continua y varía con la temperatura: cuando esta es baja, la energía se emite como radiación infrarroja; a temperatura superior a 500 °C, el espectro corresponde a la luz visible, es decir, la distribución de la energía ha sufrido un desplazamiento; a 3000 °C, la temperatura del filamento de una lámpara incandescente, el cuerpo emite radiaciones de corta longitud de onda y adquiere color rojo blanco. Un cuerpo emite radiaciones en cantidad de onda tanto más corta cuanto más alta es su temperatura. Los rendimientos de radiación están regidos por las leyes de Stefan y Wien, que dicen que la energía total irradiada en todas las direcciones, y en todas las longitudes de onda, por las unidades de superficie del cuerpo negro, es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta; y el producto de la temperatura absoluta por la longitud de onda es una constante aproximadamente igual a 2,900 micrones por grado absoluto. Ambas leyes han sido comprobadas experimentalmente, y se obtienen valores semejantes a los previstos. Ver también propagación del calor.

REFRACTARIO

Materia que resiste las altas temperaturas y los cambios de ellas sin descomponerse. Se agrupan en:

- 1) Los que contienen principalmente silicatos de aluminio;
 - 2) Los formados predominantemente por sílice;
 - 3) Los formados por magnesita, dolomita o mineral de cromo, a los que se denomina refractarios básicos por su comportamiento químico.
- Se emplean en la construcción de crisoles, ladrillos para el revestimiento de hornos, etc.

RENDIMIENTO TÉRMICO:

En un ciclo termodinámico, el sistema absorbe una cantidad de calor Q_1 y expulsa otra cantidad Q_2 . Según el primer principio de la termodinámica, el trabajo obtenido en la transformación será:

$$l = Q_1 - Q_2$$

Se llama rendimiento térmico del ciclo al cociente $\eta = W/Q_1$. En un ciclo de Carnot reversible:

$$\eta = 1 - Q_2/Q_1 = (T_1 - T_2)/T_1$$

donde T_1 y T_2 son las temperaturas entre las que se verifica la transformación.

**GUIA DE ELEMENTOS A
CONSIDERAR EN LA APLICACION
DE CIMIENTOS .**

Los cimientos son una base importante en la construcción de cualquier edificio de sección de steel, pues son la parte que soportará todo el peso y fuerzas que actúan en y sobre la estructura del mismo, por lo que son elementos esenciales que no se deben descuidar en la fase del diseño. Algunos factores determinando las características que los cimientos deben presentar, y hablando específicamente de los que serán destinados a soportar maquinaria o estructuras para máquinas, debemos de considerar como determinantes tanto las características del suelo donde se apoyarán, como de las fuerzas que actuarán sobre la máquina, ya sean fuerzas estáticas o dinámicas.

Hay diferentes clasificaciones de cimientos, una de las cuales expresa:

- 1) cimientos superficiales (descansado sobre el suelo);
- 2) cimientos profundos (soportado por postes o diques).

Otra clasificación involucra la configuración estructural de los cimientos:

- 1) cimientos tipo Block, que consiste en un espeso bloque de concreto directamente soportando la máquina y otros equipos auxiliares fijos

- d) *Cimientos de Pedestal Elevado (table top)*, que consiste un bloque base y columnas verticales soportando una rejilla de vigas en la parte superior, sobre el cual descansa maquinaria deslizable.

CARACTERISTICAS DE LOS CIMIENTOS EN FUNCION DE LA MAQUINARIA.

Tomando en cuenta las características específicas de la maquinaria, debemos de considerar que los atributos estructurales de la misma deben ser descritos y provistos por el fabricante o proveedor, corrigiendo en la fase de diseño cualquier interferencia que pueda existir con otras estructuras.

Las vibraciones desarrolladas por maquina en operación producen gran número de efectos, los cuales pueden ser considerados en el diseño de sus cimientos, añadiéndose a el usual diseño de cargas estáticas. En ocasiones, si el tamaño de la completa maquina es pequeño, puede ser apropiado diseñar los cimientos para cargas estáticas instantáneas equivalentes, de estricta aplicación al diseño de vibraciones. Una vez que el ingeniero de diseño ha reconocido la necesidad de un análisis de vibraciones, es necesario que el diseñador posea un claro entendimiento de los fundamentos de las teorías de vibración, modelos técnicos, dinámica de suelos, y en algunos casos, la aplicación de programas de computación.

El siguiente paso es la selección de la densa geometría de los cimientos, por lo que el diseñador está de cara al análisis de la vibración. El procedimiento usual es establecer un modelo matemático de la estructura real, el cual es un prerequisite necesario a fin de aplicar la teoría de vibraciones. La representación matemática de un sistema estructural es usualmente definida en términos de una masa y un resorte elástico, y "dashpot" por cada grado de libertad.

Las máquinas sujetas a cargas dinámicas en estructuras son de muchos tipos, pero pueden clasificarse en dos grandes grupos: *Centrífugas y Recíprocas*.

Cuando la información no ha sido proporcionada por el fabricante, no se encuentra en catálogos de ventas o manuales de Ingeniería, el diseñador debe de realizar algunos cálculos preliminares o hacer algunas suposiciones. Las propiedades y parámetros requeridos por la máquina incluyen lo siguiente:

- (1) Esquema de ensamble de la máquina.
- (2) Funciones de la máquina.
- (3) Cese de la máquina y sus componentes rotatorios.
- (4) Localización del centro de gravedad tanto vertical como horizontalmente.
- (5) Magnitud y dirección de las fuerzas de desbalanceo, horizontales y verticales, y sus puntos de aplicación.
- (6) Cargas repuestas en los cimientos con respecto a la deflexión diferencial entre puntos en el área de cimentación.
- (7) Requerimientos de cimentación.
- (8) Frecuencia de operación y Resonancia.
- (9) Factores de transmisión estructuraestructura, estructura-cimientos, cimientospiso.
- (10) Equilibrio.

El tamaño físico de la estructura depende de las dimensiones base requeridas por la máquina frecuentemente, accesorios como plataformas y soportes de tubería requieren incrementos en las dimensiones base.

CARACTERISTICAS DE LOS CIMIENTOS EN FUNCION DEL SUELO

El conocimiento del tipo de suelo y sus propiedades representativas es requerido para análisis dinámicos y estáticos. En el caso de formaciones de arcilla o arena, la información es obtenida de sondeos en campo y pruebas de laboratorio, las cuales son usualmente realizadas por asesores geotécnicos.

Las parámetros generalmente requeridos son:

- (1) Densidad del suelo,*
- (2) Módulo de Poisson,*
- (3) Módulo de ruptura del suelo, en diferentes niveles de esfuerzo*
- (4) Coeficiente de subgrada de reacción del suelo, si los parámetros anteriores no se conocen con exactitud.*
- (5) La profundidad de los cimientos y la presión tolerable cuando cualquiera de los parámetros anteriores son aplicables.*
- (6) Otra información requerida por el diseño estático de posición firme.*

A continuación, la tabla A-1 expresa la "checklist" del diseñador (se presenta la tabla en su original, para evitar que se pierda la esencia del texto -ver referencia 29-g).

TABLA A-1
DESIGN CHECKLIST

DESIGN CONDITIONS	PROCEDURES
<p>STATIC CONDITIONS</p> <p>Static Bearing Capacity Static Settlement</p> <p>Bearing capacity Static plus Dynamic Loads</p> <p>Settlement Static plus Repeated Dynamic Loads</p>	<p>Proportion footing area for 50% of allowable soil pressure</p> <p>Settlement must be uniform; center of gravity of footing and machine load; should be within 5% of any linear dimension</p> <p>The sum of static plus modified dynamic load should not create a bearing pressure greater than 75% of allowable soil pressure given in the soil report</p> <p>The combined center of gravity of the dynamic loads and the static loads should be within 5% of the linear dimension from the center of gravity of footing. In the case of rocking motion, the axis of rocking should coincide with principal axis of the footing. The magnitude of resulting settlement should be less than the permissible deflecting capability of the connected piping system.</p>
<p>LIMITING DYNAMIC CONDITIONS</p> <p>Vibration amplitude at Operating Frequency</p> <p>Velocity</p> <p>Acceleration (Note: not necessary if the two conditions above are satisfied)</p> <p>Magnification Factor (Note: applicable to machines generating unbalanced forces)</p> <p>Dynamic Load Factor, DLF (Note: applicable to machines generating unbalanced forces)</p> <p>Resonance</p> <p>Transmissibility Factor (Note: usually applied to high-frequency spring mounted machines)</p>	<p>The maximum single amplitude of motion of the foundation system as calculated from Table 1-4 should be in zone A or B of Figure 3-3 for the given acting frequency. Where unbalanced forces are caused by machines operating at different frequencies, the total displacement amplitudes to be compared at the lower acting frequency, are taken as the sum of all displacement amplitudes.</p> <p>$2\pi f \cdot (M_1 + M_2)$ (Displacement Amplitude as calculated in the condition above). The resultant velocity where two machines operate at different frequencies is calculated by the RMS (root mean square) method. $V = [(w_1^2 + 1)^2 + (w_2^2 + 1)^2]^{0.5}$, where V = resultant velocity, in sec. w_1, w_2 = operating frequencies for machines 1 and 2, respectively.</p> <p>$2\pi f^2 M$ (displacement Amplitude as calculated above)</p> <p>The calculated values of M_1 or M_2 should be less than 1.5 at resonance frequency.</p> <p>The value of DLF is to be obtained from refs. 1 and 7. The duration of shockwave may be taken as 0.1 to 0.5 sec.</p> <p>The acting frequencies of the machines should not be within +/- 20% of the resonance frequency (damped or undamped)</p> <p>The value of transmissibility should be less than 3%.</p>

TABLA A-1 (continuación)

DESIGN CHECKLIST

DESIGN CONDITIONS	PROCEDURES
Resonance of Individual Structural Components (Superstructure without the footing)	The resonance condition with the lowest natural frequency shall be avoided by maintaining the frequency ratio either less than 0.5 or greater than 1.5
<p>POSSIBLE MODES OF VIBRATION</p> <p>Vertical Oscillation Horizontal Translation Rocking Oscillation Torsional Oscillation Coupled Mode</p>	<p>This mode is possible if the force acts in the direction.</p> <p>This mode is possible if the force acts in the direction.</p> <p>This mode is possible when the point of application of horizontal force is above mass center of foundation.</p> <p>This mode is possible when the horizontal forces form a couple in horizontal plane.</p> <p>The horizontal translation and rocking oscillation are usually coupled. If $\sqrt{(f_{2nx})^2 + (f_{2ny})^2} / (f_{1x}) \leq 2/3$, then the coupling effect may be ignored; the horizontal translation and the rocking oscillation modes can be treated alone, and the results can be combined. See nomenclature on page 93 for definition of terms.</p>
<p>FATIGUE FAILURES</p> <p>Machine components Connections Supporting Structure</p>	<p>Limits stated are to be followed. In case machine components are very delicate, then the machine should be mounted on springs with an added inertia block.</p> <p>Same as the machine components condition above and check stresses using AISC code when connectors are bolt or welds.</p> <p>For Steel structures, use the connections condition above. For concrete footing, if reversal of stresses takes place and the amplitude is very high such that the peak stress reversal is over 50% of the allowable stress, the main and the shear reinforcement (if any) should be designed for the</p>
<p>ENVIRONMENTAL DEMANDS</p> <p>Physiological Effects on Persons Psychological Effects on Persons Sensitive Equipment Nearby Damage to Structure</p>	<p>If the machine is located inside a building, use the procedure given in the transmissibility factor condition above and use the limits indicated. The concept of physical isolation of vibration should fall below the zone "troublesome to persons" V for the specific acting frequency as determined.</p> <p>Use the procedures indicated in the condition immediately above. In case the facility is located very close to people not connected with machine operations, use acoustic barriers.</p> <p>Physically isolate the support system from the sensitive equipment. Use the limits indicated to avoid structural damage.</p>

GLOSARIO

ABRASIVO:

Material de o treca dureza usado para dar forma por pulimiento, raspado o desgate a otros materiales. Se clasifican en dos grupos:

1) *Naturales:* el diamante (el más duro que se conoce) el corindón, óxido de aluminio) y el esmeril (óxido de aluminio con hierro). Menos importantes son el granate, el feldespato la cal, la creta, la sílice (arenisca y arena), pedernal y tierras diatómeas;

2) *Sintéticos:* el carborundo (SiC), el óxido de aluminio (Al_2O_3), el diamante sintético y, de menor importancia, el carburo de boro (B_4C). La dureza se mide por la escala de Mohs.

ACERIA:

Fábrica de acero.

ALQUITRAN:

Líquido negro, viscoso y de olor desagradable, constituido por una mezcla de compuestos orgánicos ricos en hidrocarburos aromáticos. De gran importancia en la industria química por constituir la materia prima en la síntesis de colorantes, plásticos, caucho, tejidos sintéticos explosivos, venenos farmacéuticos y otras muchas sustancias.

ALUMINA:

Óxido de aluminio que se haya en la naturaleza algunas veces puro y cristalizado, y, por lo común, formando, en combinación con el sílice y otros cuerpos, las feldespatos y las arcillas. Se obtiene de la bauxita. Tiene aplicación en análisis químico en la técnica de cromatografía. Industrialmente es de interés como adsorbente, al igual que el carbón activo o el sílice, también por su aplicación como aislante térmico.

ARRABIO:

Producto obtenido en el alto horno por reducción del mineral de hierro, el cual es la materia prima para prácticamente todos los productos de hierro y acero.

AXIOMA:

Proposición tan evidente que no necesita comprobación.

BREA:

Sustancia bituminosa, de color negrozco, viscosa, insoluble en el agua,

que se obtiene haciendo destilar al fuego madera de varios Arboles de la familia de las Coníferas.

CALORÍMETRO:

aparato utilizado para determinar el calor específico de un cuerpo, así como para medir las cantidades de calor que liberan o absorben los cuerpos cuando se produce en ellos un cambio de estado o una reacción química.

CARBURIZACIÓN:

Acto por el cual se combinan el carbono y el hierro para producir acero. También se refiere a métodos de tratamiento térmico del acero, los cuales se dividen en: carburización de empuje o cementación en la que se emplea un agente carburante sólido, la carburización con gas y la del carburante líquido.

CALENTAR:

Calentar una pieza de metal en contacto con otra materia en polvo o en pasta, como el hierro con el carbón, para convertirlo en acero; el cobre con verdete, sal amoníaco y vinagre, para broncear su superficie, etc.

CIANURO:

Cuando es necesario obtener solamente una superficie dura resistente al desgaste en los metales, se emplea un método rápido de temple superficial de baño de cianuro fundido conocido como cianurado. El baño consta generalmente de cianuro de sodio con cloruro de sodio y carbonato de sodio para retardar la descomposición del cianuro. Los baños de cianuro se usan con frecuencia simplemente como un medio de calentamiento en los procesos de temple de acero, para impedir la descarburización de la superficie y producir piezas con una superficie limpia.

CIANURO:

Sal del ácido cianhídrico. Se obtiene por reacción del cianógeno sobre metales.

COKE (O COQUE):

Carbón amorfo, duro y esponjoso, que procede de la carbonización de las hulla, gracias de color gris oscuro, no tizna o arde al rojo blanco desprendiendo mucho calor. Se conocen tres variedades:

- 1) Como es la variedad de aquí obtenido como subproducto del gas de alumbrado.
- 2) Coque de torrefacción: residuo carbonoso que se obtiene en la destilación seca de la turba.
- 3) Coque metalúrgico: producido en la destilación de la hulla.

Estas variedades de materias volátiles y al arder de acorta temperaturas muy elevadas, apropiadas para el tratamiento de minerales y metales.

COMBURENTE:

Elemento que ayuda, que hace entrar en combustión o la activa.

COMBUSTIBLE:

Sustancia que puede proporcionar energía calorífica apta para producir trabajo mecánico según su estado se clasifica en:

- 1) Sólido: comprende las distintas clases de carbones minerales, la madera y el carbón vegetal.
- 2) Líquido: Formado por el petróleo y sus derivados.
- 3) Gaseoso: Los más importantes son los derivados del gas natural o del petróleo (metano, butano, metano, etc.).

CONCRETO:

El concreto se prepara al mezclar cemento y el agregado compuesto por partículas duras e inertes de tamaños variables, tales como una combinación de arena o cribados procedentes de piedra triturada, con grava, piedra triturada o quebrada, agregado ligero u otro material. Siempre se debe usar cemento Portland para concreto reforzado (armado). El concreto se cura por hidratación y para todo el concreto curado bajo el agua. Se utiliza algunas veces como aislante, además que refuerza las estructuras de los hormos, dándoles consistencia.

CORINDÓN:

Es un mineral compuesto principalmente de aluminio cristalizado (93 a 99% de Al_2O_3), utilizado como abrasivo. Ha sido reemplazado en gran parte por el abrasivo fabricado.

CRÓMITA:

Cromato ferroso (óxido). Constituye la principal mena de cromo; además, se utiliza como refractario y en la obtención de sales de cromo. Es insoluble en los ácidos.

DESCARBURIZACIÓN:

Filtración total o parcial del carbón en un metal. Se consigue calentando el metal en una corriente de oxígeno, lo cual convierte el carbono en anhídrido y lo arrastra.

DOLOMITA:

Sal doble compuesta por carbonatos cálcico y magnesio ($CaCO_3$ y CO_3Mg). Incolora, transparente o translúcida.

EFERESCENCIA:

Desprendimiento gaseoso en solución acuosa al ponerse en contacto dos sustancias. Un ejemplo típico es la reacción entre un carbonato y un ácido, por descomponerse anhídrido carbónico con gran facilidad.

EROSIÓN:

Desgaste o destrucción producidos en la superficie de un cuerpo por la fricción continua o violenta de otros.

ESCORIA:

Sustancia vítrea o de aspecto de esmalte de los procesos de fusión en metalurgia. Resulta de la combinación de las bases existentes en los materiales que se funden con el ácido silícico (escoria de silicatos),

como ocurre en los altos hornos, o por oxidación de diversas impurezas, como en la metalurgia del cobre, que está principalmente por óxidos.

ESMALTE:

Barriz vítrea que por medio de la fusión se adhiere a la porcelana, loza, metales y otras sustancias. El esmalte se prepara colocando sobre un objeto de piedra, de cerámica, de cristal de roca o de metal, previamente labrado o dispuesto, una pasta vitrificable, diversamente colorada que, después de la acción de una temperatura muy elevada, se convierte en una especie de vidrio y permanece del adherido. Se aplica para decorar los edificios o para recubrirlos de una capa protectora.

EXTRUSION:

Procedimiento para fabricar formas metálicas o plásticas por impulsión del material por un orificio de forma determinada. Métodos:

a) En caliente. El material caliente se coloca en una cámara cilíndrica, se comprime mediante un émbolo y pasa por una matriz que tiene un orificio con la forma deseada.

b) En frío: también llamado prensado en filo. Se hace penetrar un punzón adecuado dentro del metal colocado en el molde. El grado de penetración del punzón determina la forma de la pieza.

FORJA:

Término relativo a los útiles necesarios para trabajar el hierro desde la forma cruda o simplemente forjada hasta un ordenado, elevado y distinto de la fundición. Comprende desde el sencillo hogar del herrero y los primitivos hornos, hasta las grandes explotaciones modernas, con sus talleres metalúrgicos. La forja produce artículos de hierro o acero, martillando, prensando, rodando o moldeando de otros modos el metal, pero nunca en estado de fusión. La prensa forjadora es una máquina hidráulica para forjar el metal por presión constante. Algunas de estas máquinas ejercen presiones de 10,000 ton.

FONSTERIA:

Mineral de la serie del olivino, formado por silicato magnésico porfirado, colorado, o de color verde amarillento claro.

FRIGIO:

Frigo es que se calientan los metales para forjarlos. Distinguese de los demás fornos en que, para activar el fuego en él, se establece siempre una corriente horizontal de aire por medio de un fuelle o de otro aparato análogo.

FUSIÓN:

Pase de la materia del estado sólido al estado líquido. Es necesario distinguir dos casos:

a) Sólido cristalino. Sus moléculas oscilan en torno a u los nudos de una red cristalina, con una amplitud dependiente de la temperatura. El calor de fusión es el utilizado para fundir el grado de sustancia.

b) Sustancias amorfas. Sus moléculas están en un estado de desorden parecido al del estado líquido y presentan una fusión pastosa. En este caso no existe una temperatura y calor de fusión definidos.

GALVANIZADO:

Nombre con que se designan las diversas técnicas mediante las cuales se recubre una pieza metálica con una capa de zinc para protegerla de la corrosión. La galvanización se puede conseguir por dos métodos:

1) En un baño de calor para ello, o bien se sumerge la pieza cuidadosamente limpia en un baño de zinc fundido (490-500 °C), o bien se introduce en un tambor rotatorio y caliente lleno de polvo de zinc (sherardización). La inmersión en baño caliente tiene amplia aplicación industrial en chapas y bandas de acero dulce, en la construcción de bidones, techos, postes, alambres, etc. La sherardización sirve para recubrir pequeñas piezas, tales como tornillos y clavos.

2) Por acción electrolítica. Este procedimiento se ha de efectuar en frío, operándose con ánodos solubles e insolubles en un baño a base de sulfato de zinc.

GASOLENO:

Aparato destinado a transformar, por combustión incompleta, los combustibles sólidos en monóxido de carbono, gaseoso, que proporciona energía en los motores a explosión o diesel, transformándose con el oxígeno del aire en bióxido de carbono. Consiste de una cámara de combustión, de una entrada de aire de abertura variable, para evitar que se forme bióxido de carbono incombustible; de un depósito para evacuar las cenizas y de depuradores donde el gas pierde especialmente las partículas sólidas, en suspensión, las cuales entorpecerían el motor o impedirían su regular funcionamiento.

GOLPE DE ARIETE:

Cambio brusco en el movimiento de un fluido dentro de un conducto cerrado que produce variaciones de presión o vibraciones. La presión del golpe de ariete es función directa del cambio de velocidades del fluido. La celeridad de la onda de sobre presión, a lo largo del sistema, es independiente de la longitud de la conducción, dependiendo del diámetro, espesor y elasticidad de la tubería y de la densidad y compresibilidad del fluido.

GOZNES:

Herraje articulado con que se fijan las puertas y ventanas al quicial para que giran.

GRAFITO:

En mineralogía, carbono natural cristalizado en el sistema monoclinico, con aspecto hexagonal; de muy fácil extracción; color negro o gris plúmbago; opaco; de brillo metálico y tan blando como el talco; buen conductor de la electricidad. Se usa como lubricante y para hacer lapiceros, ánodos refractarios y electrodos. Recientemente ha adquirido gran importancia técnica en la ingeniería nuclear, pues se utiliza como moderador (en sí mismo que el agua pesada) en los reactores nucleares. El grafito para este uso debe ser extraordinariamente puro, lo que hace que su preparación presente grandes dificultades.

HIDROCARBURO:

Compuesto orgánico formado únicamente por carbono e hidrógeno. Según la

estructura de la cadena de enlaces carbono-carbono los hidrocarburos se dividen en: alifáticos y alicíclicos. Su utilización varía desde la elaboración de polímeros hasta uso como combustibles.

IGNICIÓN:

Acción y efecto que se realiza a un cuerpo o una sustancia al llevarlo a la temperatura de combustión del mismo, que provoca que este entre en combustión si se encuentran los factores normales (combustible, oxígeno)

INQUELADO:

Dividido en escaques:

INQUELADO (o destilación):

Petróleo refinado, que se obtiene por destilación en la fracción comprendida entre 130-250 °C. Es un líquido inflamable, ligeramente oleaginoso y casi incoloro, que se utilizó hasta el advenimiento de la luz eléctrica para alimentar aparatos de alumbrado (cucheros y quinqués) y hoy se utiliza como combustible de hornillos, estufas y aviones de reacción. Se obtiene por fraccionamiento del petróleo natural o bruto en refinerías y también por destilación de las pizarras bituminosas.

MAGNESITA:

Carbonato magnésico (MgO_3) que cristaliza en el sistema trigonal. Incoloro, blanco, amarillo, transparente o translúcido; brillo vítreo; intusible al soplo; reducido al polvo es soluble en ácidos calientes. Se encuentra en las rocas propias del metamorfismo regional; es frecuente como producto de alteración de calizas y dolomitas.

MARMITA:

Recipiente de paredes resistentes con una tapa superior asegurada por un tuercito dispositivo a tornillo. Una válvula de seguridad con un dispositivo especial que permite graduar la presión máxima y un manómetro la mide. Se puede hacer un líquido a presiones mayores a la atmosférica y, por tanto, a temperaturas superiores a los 100 °C. Se emplea como autoclave, para la esterilización, y como olla a presión por cocido de alimentos.

METALURGIA:

Producción y elaboración industrial de metales a partir de sus menas minerales. Se pueden distinguir dos fases importantes: la producción y el tratamiento físico (la primera parte comprende, además de la molienda extractiva, el análisis, preparación y separación de los metales a partir del mineral en bruto. La segunda fase comprende la fusión (a partir de lingotes, colada en los moldes correspondientes), tratamientos térmicos y superficiales (laminado, forja, estirado, etc.) y soldadura (de distintas partes). Estos tratamientos no solo se realizan sobre metales puros, sino también sobre aleaciones. Asimismo entra dentro de la metalurgia el estudio de las estructuras, la constitución de las aleaciones y sus características magnéticas, eléctricas y mecánicas.

MONOLITICO:

Que está hecho de una sola pieza.

MORTERO:

Mezcla pastosa, utilizada para la trabazón de los materiales de construcción, así como el revoque y enlucido de paredes y techos. Se compone, generalmente, de una parte de cemento o cal, por ocho de arena y el agua necesaria. Sus propiedades de hidraulicidad y rapidez dependen de la cal o cemento de que está hecha.

MUFLA:

Recinto de protección construido con bricillo resistente, ladrillos refractarios o hierro, en los que pueden cocerse productos fríos de alfarería, porcelana profeta, etc.

NEOPRENO:

Caucho sintético obtenido por polimerización del *butadieno-1,3*, butadieno (C₄H₆). Se parece tanto al caucho que puede ser vulcanizado, trabajado en las mismas máquinas y proporcionar artículos que poseen todas las propiedades del caucho natural, al que supera en resistencia a los aceites y grasas y a la luz del sol. Aplicaciones: cementos, adhesivos, pinturas, productos elásticos.

ORSAT, ANALISIS DE:

Se realiza mediante el aparato de Orsat, para el análisis químico de los gases de la combustión. Consiste en un aparato graduado, o bureta, dispuesto para contener y medir volúmenes de un gas (a temperatura constante). Este gas se analiza en cuanto su contenido de CO₂, O₂, CO y H₂, haciendo burbujear a través de reactivos absorbentes y midiendo las variaciones de volumen resultantes. Los reactivos normalmente empleados son: ácido nítrico, una mezcla de ácido pirúvico y KOH para O₂, y cloruro cuproso (cupita) para CO. El gas sin absorber que queda se admite como H₂. Los errores más comunes en el análisis de Orsat se deben a fugas y al mal manejo. Aquellas pueden evitarse por un simple ensayo; el error debido al segundo se evita al seguir con procedimientos cuidadosos para leer la muestra. El método que se recomienda para esto consiste en tomar simultáneamente varias muestras de distintos puntos de la sección transversal de la corriente de los gases de combustión, analizándolas independientemente entre sí y promediando los resultados.

PAR TERMOELECTRICO O TERMOPAR:

Conjunto de dos metales (platino y antimóno, platino y cobre, etc.), soldados por uno de sus extremos que, al ser calentada la soldadura, da origen a una corriente eléctrica. Acoplado varios pares se obtiene la pila termoelectrónica, de mayor potencia. El efecto termoelectrónico se hace patente dando a los dos metales forma de arco, y colocando entre ellos una lámina magnética, la cual, al paso de la corriente, se coloca perpendicularmente al sentido del flujo eléctrico. Como instrumento de medida, el par o termopar actúa introduciendo la soldadura de los dos metales en el recinto cuya temperatura se desea medir y, como las dos ramas libres de los metales están unidas a un aparato de medida de potencia o intensidad eléctrica, generalmente un miliamperímetro graduado convenientemente, se obtiene la estimación de la temperatura que se busca. Según el margen de esta, se utilizan distintos pares de metales: platino-rodio, hierro-constantán, etc. Modernamente, para convertir el

calor producido por la fisión atómica en energía eléctrica, se utiliza, en vez de los dos metales, un metal y un gas ionizado.

PERLITA:

Producto intermetálico formado por una aleación de ferrita y cementita en la proporción del 99% de la primera por 1% de la segunda. Forma láminas superpuestas alternativamente una a otra y contiene aproximadamente el 0.8% de carbono. El acero formado completamente de perlita se denomina acero eutectoide.

PIROMETRO:

Instrumento que sirve para medir altas temperaturas. Existen muchos tipos. El de radiación u óptico se basa en las leyes de la radiación térmica; consta de un anteojo, que proporciona imágenes superpuestas del cuerpo cuya temperatura se quiere determinar, y de un filamento incandescente conectado a un circuito eléctrico provisto de un reóstato; se regula la intensidad eléctrica hasta que la imagen del filamento desaparece porque su intensidad luminosa es igual a la del cuerpo. El de resistencia se funda en la variación de la resistencia eléctrica de un filamento que depende de la temperatura; una modalidad de este pirómetro es el de Wiedemann, que va provisto de un puente de Wheatstone. El termoelectrónico consiste en un par termoelectrónico encerrado en un tubo de porcelana y conectado a un galvanómetro; se coloca el sistema en el foco calorífico, y como la intensidad eléctrica depende de la temperatura del foco, esta se puede deducir.

RECUCIDO:

Serie de tratamientos térmicos que se dan a las piezas de hierro, acero y aún a las aleaciones especiales para darles el temple que necesitan. El recocido, en general, consiste en calentar a pieza a determinada temperatura y mantenerla en ella, dejándola luego enfriar lentamente. Variaciones del recocido son la normalización, la globulización y el recocido de eliminación de tensiones.

RECUPERADOR DE CALOR:

Dispositivo destinado a la recuperación de calor de los humos que se desprenden en diversas operaciones industriales. La recuperación puede efectuarse en el hogar o en un dispositivo separado. Generalmente el calor así recuperado se utiliza, bien a otro proceso diferente (p. ej. producción de vapor en una caldera auxiliar), bien a calentar el aire o los gases que entran en la combustión.

REFRACTARIO:

Material que resiste las altas temperaturas y los cambios de ellas sin descomponerse. Se agrupan en:

- 1) Los que contienen principalmente silicatos de aluminio.
- 2) Los constituidos predominantemente por sílice.
- 3) Los formados por magnesita, dolomita o óxido de cromo, a los que se denominan refractarios básicos por su comportamiento químico. Se emplean en la construcción de crisoles, ladrillos para el revestimiento de hornos, etc.

REGENERADOR:

Tipo especial de cambiador de calor, en el que el intercambio de calor es discontinuo durante el periodo de calentamiento. Los humos entran en una cámara de ladrillos o de placas metálicas que se calientan hasta altas temperaturas. A continuación entra en la cámara la corriente de gas frío que se quería calentar.

REVENIDO:

Operación de recalentar el acero templado para obtener mejor ductilidad y tenacidad, con disminución de dureza y resistencia. Se efectúa en el mismo horno que el temple. Un sistema ideal es sumergir el acero conveniente en un baño de aceite que lo calienta hasta la temperatura conveniente. La estructura del revenido dependerá de la temperatura y duración del proceso.

RID's:

Resistencia dependiente de la temperatura. Su uso principal es el sensor cambio de temperatura.

SIDERURGIA:

Conjunto de técnicas que permiten extraer y trabajar el hierro. Su finalidad es estudiar los procesos de elaboración de todos los derivados del hierro, principalmente las fundiciones y los aceros.

SOLERA:

Trabe que se coloca horizontal sobre las paredes traseras de un horno, y sobre el que descansan otros horizontales, inclinados o verticales.

STOCK:

Inventario por especie, acepto o existencia de materias primas.

TERMOSTATO:

Regulador de temperatura. Se basa por lo general en la dilatación y contracción que experimentan los cuerpos con las variaciones de temperatura. Así, por ejemplo, un termostato puede estar constituido por una barra bimetalica y curva que establece o interrumpe varios contactos, según la variación de su curvatura por la temperatura, que conecta o desconecta la calefacción. Se usa en estufas, neveras, incubadoras, enfriadores, etc.

TIMER:

Elemento electrónico que controla el tiempo empleado en una operación.

TIRO FORZADO:

El término tiro denota la diferencia entre la presión atmosférica y alguna otra presión de menor valor que existe en el interior del horno. El tiro inducido o forzado es producido mecánicamente por medio de ventiladores, en los cuales la presión a través del horno puede ser superior a la presión atmosférica.

TOBERA:

Eqquilla estrecha dispuesta en una tubería que sirve para transformar la

presión del fluido que circula en velocidad (tobera de presión), o a la inversa, velocidad en presión (tobera de aspiración). Existen muchas aplicaciones, las más importantes como alimentadoras de máquinas y propulsores de vehículos.

VALVULA SOLENOIDE:

Un solenoide es un devanado helicoidal de alambre aislado. Este genera un campo magnético que ejerce una fuerza sobre una carga, a lo largo de cierta distancia, efectúa un trabajo. Este trabajo puede ser el movimiento de un vástago, que a su vez está unido a una válvula, generalmente de control de flujo.

VERMICULITA:

Grupo de minerales, pertenecientes al de los fosilicatos, con la propiedad de que, calentados, se dilatan hasta treinta y cinco veces su volumen inicial y adquieren formas vermiculares. En estas condiciones son muy malos conductores del calor. Se usan como material refractario.

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO PRIMERO

<i>FIGURA 1.1.1</i>	<i>Métodos de calentamiento de Hornos</i>	7
<i>FIGURA 1.2.1</i>	<i>Queador con Mezcla en la Lobera y Velocidades del Aire y de los Gases Reducidos</i>	13
<i>FIGURA 1.2.2</i>	<i>Resistencia Helicoidal de Carburo de Silicio</i>	13
<i>FIGURA 1.2.3</i>	<i>Queador de Alta Velocidad</i>	14
<i>FIGURA 1.2.4</i>	<i>Queador convencional de Exceso de Aire</i>	14
<i>FIGURA 1.2.5</i>	<i>Queador de Presencia</i>	14
<i>FIGURA 1.2.6</i>	<i>Verificación esquemática del quemador Longitudinal de un Horno</i>	20
<i>FIGURA 1.2.7</i>	<i>Calentación Reforzada de un Horno</i>	20
<i>FIGURA 1.2.8</i>	<i>Distribución típica de Pared de Horno</i>	20
<i>FIGURA 1.2.9</i>	<i>Tornoventilador</i>	26
<i>FIGURA 1.2.10</i>	<i>Lobera convergente-Divergente típica</i>	31
<i>DIAGRAMA 1.1</i>	<i>Esquema típico de una Instalación de Gas</i>	53

CAPITULO SEGUNDO

<i>FIGURA 2.2.1</i>	<i>Velocidad de Propagación de la Flama Or. Velocidad de Salida de la Mezcla</i>	70
<i>FIGURA 2.2.2</i>	<i>Uso de Inflamabilidad de Gases en el Aire</i>	74
<i>FIGURA 2.2.3</i>	<i>Velocidad de Flama</i>	77
<i>FIGURA 2.2.4</i>	<i>Flujo Calorífico en un Horno</i>	81

CAPITULO TERCERO

<i>FIGURA 3.1.1</i>	<i>Horno de Solera sobre Rodillos con Calentación por la Parte Interior</i>	94
<i>FIGURA 3.1.2</i>	<i>Efecto de Igualación de Temperatura de una Pared de Carga</i>	94

FIGURA 3.1.3	Horno de Semi-Mutla con calefacción por la Parte Interior.....	94
FIGURA 3.2.1	Quemadores tipo túnel con Inyector de Alta Presión.....	99
FIGURA 3.3.1	quemador con Velocidad de Mezcla Ajustable.....	106
FIGURA 3.4.1	Principio del Pirómetro de Radiación.....	114
FIGURA 3.4.2	Regulador de Temperatura del tipo de Contacto.....	115
FIGURA 3.4.3	Regulador de temperatura del tipo de Barra Depresora.....	115
FIGURA 3.4.4	Aplicación del cono Segur.....	118
FIGURA 3.4.5	Control de Temperatura en Hornos de Labor.....	120
FIGURA 3.4.8	Horno continuo con cuatro grandes grupos de quemadores con temperatura controlada.....	121
FIGURA 3.4.7	Esquema de Instrumento para variar la temperatura del Horno en función del tiempo y con un ciclo Determinado.....	123
FIGURA 3.4.9	arreglo lógico de cableado para quemadores con ignición en Filote de controles de Flama.....	124
DIAG 3.1.3.4	Diagramas Electricos de Controles Programables de Temperatura.....	125-128
FIGURA 3.5.1	Representación Esquemática de Mecanismo de Retención de Flama en quemadores abiertos.....	132
FIGURA 3.5.2	Inyector Atmosférico.....	135
FIGURA 3.5.3	decelador.....	136
FIGURA 3.5.4	control con Válvulas de Estacionamiento Mecánico.....	139
FIGURA 3.5.5	Control con Válvulas de Estacionamiento neumático.....	139
FIGURA 3.5.6	decelador a presión constante.....	140
FIGURA 3.5.7	Mezclador a Presión Variable.....	140

CAPITULO CUARTO

FIGURA 4.1.1	Horno de Hogar Abierto.....	146
FIGURA 4.3.1	Organigrama del Mantenimiento con Referencia a los Niveles de Supervisión.....	168
FIGURA 4.3.2	Organigrama Esquemático del Mantenimiento Preventivo.....	167

CAPITULO QUINTO

CAPITULO SEIS

<i>FIGURA 6.1.1</i>	<i>Dispositivo para Conseguir un Funcionamiento Seguro de un tanque de Calentamiento para Gas</i>	225
<i>FIGURA 6.1.2</i>	<i>Baño de Sales con Campana de Extracción de Vapores Venenosos</i>	225
<i>FIGURA 6.2.1</i>	<i>Esquema General Para el Analisis de Riesgos</i>	227
<i>FIGURA 6.4.0</i>	<i>Comparación entre Diferentes Posiciones de Flama en Pilas</i>	240
<i>FIGURA 6.4.1</i>	<i>Discusiones del Quemador</i>	243
<i>FIGURA 6.4.2</i>	<i>Valvulas de Control de Temperatura</i>	244
<i>FIGURA 6.4.3</i>	<i>Valvula Proporcional</i>	245
<i>FIGURA 6.4.4</i>	<i>Bobinador a cero para el Gas</i>	246
<i>FIGURA 6.4.5</i>	<i>Valvula de Restablecimiento Manual (Cierre-Entrada)</i>	247
<i>FIGURA 6.4.6</i>	<i>Selección de Ventilador</i>	248
<i>FIGURA 6.4.7</i>	<i>Valvulas Solenoides</i>	250
<i>FIGURA 6.4.8</i>	<i>Llaves para Gas de Cierre Rápido</i>	251
<i>FIGURA 6.4.9</i>	<i>Instalación de un Sistema de Calentamiento con Múltiples Quemadores, así como sus necesarios</i>	254
<i>DIAGRAMA 6.1</i>	<i>Programa Hidráulico del Sistema de Protección para Encendido y Seguridad de Flama</i>	255
<i>DIAGRAMA 6.2</i>	<i>Programa Eléctrico de Seguridad de Flama</i>	256

CAPITULO SEPTIMO

<i>FIGURA 7.1.1</i>	<i>Horno de Hogar Abierto</i>	261
<i>FIGURA 7.1.2</i>	<i>Horno de Secar Barla</i>	261
<i>FIGURA 7.1.3</i>	<i>Horno de Barla</i>	261
<i>FIGURA 7.1.4</i>	<i>Horno de Barla con Doble Cámara</i>	263
<i>FIGURA 7.1.5</i>	<i>Horno de Baño de Sales</i>	263

INDICE DE GRAFICAS

CAPITULO PRIMERO

GRAFICA 1.1.1.	Resistencia a la Tracción del Óxido, en función de la temperatura_____	17
GRAFICA 1.1.2.	Curva Voltaje-Temperatura de un termopar_____	25
GRAFICA 1.1.3.	Diagrama Entalpia-Entropia de una tobera_____	32

CAPITULO SEGUNDO

GRAFICA 2.2.1.	Temperatura de Flama Vs. Exceso de Aire en el Quemador_____	72
GRAFICA 2.2.2.	Calor de los Productos de la Combustión del Gas Natural_____	81
GRAFICA 2.2.3.	Calor de los Productos de la Combustión del Butano_____	82

CAPITULO TERCERO

GRAFICA 3.1.1.	Gráfica Temperatura-tiempo de un Horno con Control Automático_____	97
GRAFICA 3.2.1.	Nomeograma para calcular la Presión de Mezcla Adecuada, así como Las Dimensiones del Aspirador_____	104
GRAFICA 3.3.1.	Gráfica de la Velocidad de Calentamiento_____	107

CAPITULO CUARTO

GRAFICA 4.1.1.	Eficiencia de Combustión del Gas Natural_____	153
----------------	---	-----

CAPITULO QUINTO

GRAFICA 5.2.1.	Costo Óptimo de Mantenimiento_____	193
GRAFICA 5.3.1.	Calor Producido por la combustión de una Cantidad Unitaria de Combustible_____	200
GRAFICA 5.2.2.	Temperatura de Horno Vs. Rendimiento Térmico_____	203

CAPITULO SEXTO

GRAFICA 6.0.1	Relación Volumen de la Mezcla Vs. Volumen de la Cámara de Combustión y su Relación con la Presión de Explosión Máxima.....	217
GRAFICA 6.0.2	Relación de Composición de la Mezcla Vs. Presión de Explosión Máxima.....	217
GRAFICA 6.0.3	Orden de explosión en función del Porcentaje de Metano, Porcentaje de Oxígeno y Porcentaje de Inertes.....	219

CAPITULO SEPTIMO

INDICE DE TABLAS

CAPITULO PRIMERO

<i>TABLA 1.1.1.</i>	<i>Características Específicas de los Diferentes Ladrillos Refractarios</i> _____	<i>35-36</i>
<i>TABLA 1.1.2.</i>	<i>Características Sobre las Composiciones de los Diferentes Tipos de Especialidades (Refractarios)</i> _____	<i>36</i>
<i>TABLA 1.1.3.</i>	<i>Clasificación de Ladrillos Refractarios Aislantes</i> _____	<i>40</i>
<i>TABLA 1.4.1.</i>	<i>Materiales a Emplear en el Manejo de combustibles</i> _____	<i>49</i>
<i>TABLA 1.4.2.</i>	<i>Selección de Reguladores de Alta Presión, Primarios o de Primera Etapa</i> _____	<i>51</i>

CAPITULO SEGUNDO

<i>TABLA 2.1.1.</i>	<i>Temperatura Adiabática de la flama</i> _____	<i>57</i>
<i>TABLA 2.1.2.</i>	<i>Propiedades de los Combustibles</i> _____	<i>62-63</i>
<i>TABLA 2.2.1.</i>	<i>Temperatura de Flama de Algunos Combustibles</i> _____	<i>72</i>
<i>TABLA 2.2.2.</i>	<i>Composición del Aire Seco</i> _____	<i>80</i>
<i>TABLA 2.2.3.</i>	<i>Pérdidas de calor Indicadas por la Presencia de Gases Quemados Secos</i> _____	<i>85</i>
<i>TABLA 2.4.1.</i>	<i>Disociación y Temperatura de la flama</i> _____	<i>89</i>

CAPITULO TERCERO

<i>TABLA 3.2.1.</i>	<i>Velocidades en las Chimeneas</i> _____	<i>102</i>
<i>TABLA 3.4.1.</i>	<i>Refractabilidad de los Ladrillos de Arcilla y Alta Alumina, expresada en Cono Piroométrico</i> _____	<i>118</i>
<i>TABLA 3.4.2.</i>	<i>Equivalencia de temperatura de los Conos Piroométricos</i> _____	<i>118</i>

CAPITULO CUARTO

TABLA 4.1.1.	Hornos para Tratamiento Térmico con la carga Inmóvil y en la Atmósfera_____	149
TABLA 4.1.2.	Hornos Continuos con Carga Circulante en Atmósfera_____	150
TABLA 4.1.3.	Hornos con carga Móvil en Baño Hornos Continuos con Baño Salino_____	151
TABLA 4.5.1.	Velocidades Admisibles de Gases Calientes_____	179
TABLA 4.5.2.	Sección Necesaria en Conductos por Metro Cúbico de Combustible Gaseosa_____	179

CAPITULO QUINTO

TABLA 5.1.1.	Costos de Reparación de Horno_____	188
TABLA 5.5.1.	Calor Medio Que Debe Suministrar el Combustible_____	211

CAPITULO SEXTO

TABLA 6.0.1.	Letra y Costo de los Accidentes Causados en Hornos de los_____	213
--------------	--	-----

CAPITULO SEPTIMO

TABLA 7.2.1.	Aplicación del horno de gas a procesos industriales_____	259-270
--------------	--	---------

APENDICE B

TABLA B-1	Desion Checklist_____	A10-A11
-----------	-----------------------	---------