

670
G08



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Adaptación De Un Quemador Para Cocinas A Gas En La Empresa Mabe Ecuador"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:

Arturo Francisco Guerrero Alvarado

GUAYAQUIL – ECUADOR



Año: 2002

AGRADECIMIENTO

A Dios.

A todas las personas que
de uno u otro modo
colaboraron en la
realización de este trabajo y
especialmente al ing.
Ernesto Martínez Director
de Tesis, por su invaluable
ayuda



DEDICATORIA

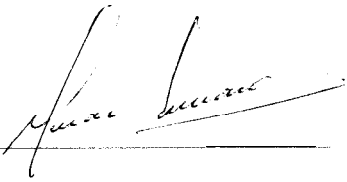
A LA MEMORIA DE MI PADRE

A MI MADRE

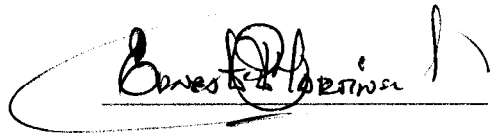
A MIS HERMANOS



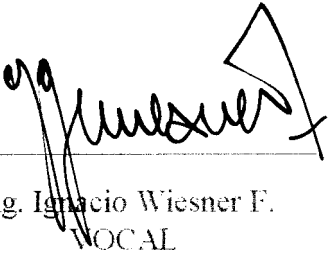
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Omar Serrano V.
DELEGADO DEL DECANO
DE LA FIMCP
PRESIDENTE



Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Ignacio Wiesner F.
VOCAL

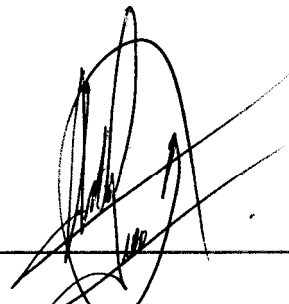


Ing. Francisco Andrade S
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Arturo Francisco Guerrero Alvarado

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo documentar la adaptación de un modelo de quemador para cocinas domésticas a gas en la empresa Mabe Ecuador en el año 1999, fecha en la cual, el autor de esta tesis se desempeñaba como Diseñador en el departamento de Ingeniería y Calidad.

Este proyecto surge como una necesidad de desarrollar una alternativa económica a los quemadores de inyección de aluminio para modelos de cocinas populares, mejorar la funcionalidad de estos quemadores (cumplimiento de normas sobre combustión) y nacionalizar su fabricación mejorando así tiempos de entrega, problemas embalaje e inventario. Se tomó como modelo un quemador similar utilizado en una filial de México, se lo proyectó de forma que se ajustara a las exigencias de la planta de Ecuador y cumpliera con normas técnicas en cuanto a la combustión. El proceso implantación de este quemador comenzó en el mes de Septiembre de 1999 y se extendió hasta Abril del 2000 fecha en la cual comienza su producción en serie.



La tesis se ha dividido en 5 capítulos los cuales abarcan los siguientes puntos: Definición del problema y justificación del proyecto, diseño preliminar, pruebas de laboratorio y productividad, y finalmente las conclusiones a las que se llegó luego de su implantación e identificación de posibles mejoras al diseño. El detalle de cada capítulo es el siguiente

Capítulo 1 : Presenta los argumentos que justificaron la inversión en nuevo herramental para el desarrollo de este quemador.

Capítulo 2 : En esta parte se revisan los aspectos teóricos en los cuales se basó el diseño. Nociones como la correcta relación aire / gas, Tipos de gases y sus propiedades, tipos de inyectores y su empleo. y finalmente, relaciones entre las dimensiones del quemador y su efecto en el retroceso de la llama o la incompleta combustión del gas.

Capítulo 3 : Se describe los diferentes pasos que se tomaron en el diseño dimensional del quemador, considerando las limitaciones de espacio impuestas por las diferentes configuraciones de la cubierta de cocina (básicamente la bujía de encendido), el diseño del arreglo de los orificios de salida del gas en función de la potencia requerida del quemador, selección del tipo de acero y definición de zonas críticas que podrían dar problemas de la acumulación del esmalte durante el porcelanizado.

Capítulo 4 : En este capítulo se describen las diferentes pruebas que se realizaron al quemador, tanto funcionales (Laboratorio de pruebas) como del proceso de esmaltado. Estas pruebas sirvieron para: Retroalimentar el diseño, verificar el cumplimiento de normas; definir dispositivos de ayuda a la producción y detectar posibles problemas durante el esmaltado de dicho quemador.

Finalmente en el Capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones sobre las mejoras que se pueden aplicar a este diseño, como resultados de las experiencias obtenidas en producciones y evaluaciones posteriores.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	4
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	4-v
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 1	
1. JUSTIFICACIÓN DEL DISEÑO E INVERSIÓN.....	3
1.1.- Antecedentes	3
1.2.- Análisis de Costos	5
CAPITULO 2	
2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS DE 4-A COMBUSTIÓN.....	11
2.1.- Tipos de gases combustibles.....	11
2.2.- Inyectores.....	14



2.3.- Quemadores de premezclado : Consideraciones

dimensionales	19
---------------------	----

CAPITULO 3

3. DISEÑO DE FORMA Y DIMENSIONAMIENTO.....	32
3.1. Restricciones dimensionales del quemador.....	32
3.2. Diseño de forma	38
3.2.1. Espaciado de porta llamas	38
3.2.2. Area de Salida de llama	39
3.2.3. Sello mecánico.....	44
3.2.4. Sistema de sello desmontable.....	47
3.3. Selección del material	49
3.4. Consideraciones dimensionales para piezas porcelanizadas . .	49

CAPITULO 4

4. PRUEBAS	52
4.1. Prueba de combustión.....	53
4.2. Prueba de eficiencia.....	59
4.2.1 Determinación de altura quemador – recipiente (aire secundario).	68
4.3. Pruebas en el horno de porcelanizado.....	68
4.3.1. Tipo de aplicación: Inmersión vs. Sopleteado.....	71

4.3.2. Velocidad de cadena y temperatura del horno..	77
4.3.3. Dispositivos de colgado.....,.....,.....	78

CAPITULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....,.....,.....	82
--	----

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA.

ABREVIATURAS

" de H ₂ O	Pulgadas de Agua
ANSI	American National Standard Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares)
AWS	American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura)
Btu / ft ³	B.T.U (Unidad Térmica Británica) por hora
Cp	Calor específico a presión constante
ft ³	Pié cúbico
GLP	Gas Licuado de Petróleo
HR	Dureza Rockwell
in	Pulgadas
INEM	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kcal / h	Kilocaloría por hora
Kcal / h cm ²	Kilocaloría por hora y centímetro cuadrado
Kcal / m ³	Kilocaloría por metro cúbico
Kg	Kilogramo
Kgf	Kilogramos Fuerza
m ³ / h	Metros cúbicos por hora
min	Minutos
MJ / Kg °C	Mega Jules por Kilogramo y grados Centígrados
mm	Milímetros
mmH ₂ O	Milímetros de agua
N	Newtons
N / mm ²	Newtons por milímetro cuadrado
NOM	Norma Oficial Mexicana
NTC	Norma Técnica Colombiana
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
ppm	Partes por millón

SIMBOLOGÍA

\dot{V}	Flujo Volumétrico
π	Constante de la circunferencia
ϕ	Latitud geográfica
$(\% \text{CO}_2)_{\text{la}}$	Porcentaje de bióxido de carbono de la combustión libre de aire
$(\% \text{CO}_2)_{\text{m}}$	Porcentaje de bióxido de carbono medido en el analizador de gases
ϕ_{porta}	Diámetro de una porta
$(\text{ppm CO})_{\text{la}}$	Partes por millón de monóxido de carbono libre de aire
$(\text{ppm CO})_{\text{m}}$	Partes por millón de monóxido de carbono medidos por el analizador de gases
A	Área total de salida del quemador
C	Factor de corrección de volumen
C_g	Factor de corrección de la presión por gravedad
C_t	Factor de corrección por- temperatura
D	Diámetro de entrada de la base del quemador
d_f	Diámetro del inyector
d_g	Diámetro de garganta
d_{max}	Diámetro interno de la tubería de acero galvanizado
d_{rel}	Densidad relativa del gas
d_s	Diámetro aparente de la sección de salida del gas
h	Presión estática del gas
l_o	Alargamiento de rotura
k	Coeficiente del inyector
k₁, k₂	Coeficientes para calculo de la relación aire / gas.
L_{ig}	Distancia inyector – garganta
m_a	Masa de agua
P_{atm}	Presión atmosférica
PC	Poder calorifico del gas
P_{cor}	Presión corregida por temperatura y gravedad
P_{cor,t}	Presión atmosférica corregida por temperatura
P_{tot}	Presión total
P_{v,tg}	Presión de vapor de agua
Q_t	Flujo térmico del quemador
Q_u	Flujo unitario de la sección de salida del quemador
R	Eficiencia del quemador
R_{ag}	Relación aire / gas
t₁	Temperatura inicial del agua
t₂	Temperatura final del agua
T_{atm}	Temperatura atmosférica



INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1	Quemador Oval..... 7
Figura 1.2	Quemador Proteo 3"..... 8
Figura 1.3	Quemadores : de lámina esmaltada y Aluminio- Aluminio 9
Figura 1.4	Quemador Proteo 4"..... 10
Figura 2.1	Tipos de inyectores..... 17
Figura 2.2	Tubo venturi..... 30
Figura 3.1	Interferencia entre bujia y quemador..... 33
Figura 3.2	Desnivel ocasionado por deslizamiento de la base y tapa del quemador..... 34
Figura 3.3	Ubicación critica de bujia en el limite de la superficie plana de la cubierta. 35
Figura 3.4	Dimensiones anteriores de la tapa..... 36
Figura 3.5	Dimensiones de la tapa modificada..... 37
Figura 3.6	Ensamble tapa modificada – base mejorada..... 37
Figura 3.7	Distribución de los agujeros de las portas..... 39
Figura 3.8	Sello mecánico..... 45
Figura 3.9	Tubo galvanizado..... 48
Figura 3.10	Anillo..... 48
Figura 3.11	Radios de curvatura modificados 51
Figura 4.1	Material utilizado en la prueba de combustión..... 55
Figura 4.2	Altura de parrilla #1..... 65
Figura 4.3	Altura de parrilla #2..... 65
Figura 4.4	Cabina de aplicación por sopleteado..... 73
Figura 4.5	Alimentación de la colada hacia la cabina de aplicación 74
Figura 4.6	Aplicación en la base del quemador..... 76
Figura 4.7	Dispositivo de aplicación con base giratoria..... 77
Figura 4.8	Dispositivo de colgado..... 80
Figura 4.9	Dispositivo de colgado con su carga de quemadores. en la cadena del horno..... 81
Figura 5.1	Comparación de las distancias de la superficie de la cubierta hasta el final del cono interior de la llama del quemador adaptado con un quemador de 3" de uso común en las cocinas fabricadas en Ecuador..... 85

INDICE DE TABLAS

		Pag
Tabla 1	Tabla comparativa de costos..	5
Tabla 2	Propiedades de las diferentes familias de gases..	14
Tabla 3	Valores del coeficiente de flujo (k) según el tipo de inyector.....	18
Tabla 4	Valores de X para factor de corrección de la relación aire / gas..	29
Tabla 5	Propiedades del acero EK2 (DIM 1623 / 87 Parte 3).....	49
Tabla 6	Resultados de la prueba de combustión para la parrilla # 1.....	57
Tabla 7	Resultados de la prueba de combustión para la parrilla # 2.....	57
Tabla 8	Datos y resultados de la prueba de eficiencia con la parrilla #1	66
Tabla 9	Datos y resultados de la prueba de eficiencia con la parrilla #2..	67
Tabla 10	Componentes de una molineta típica para porcelanizado..	69
Tabla II	Composición química de los aceros al Cr-Ni,.	79

INTRODUCCION

Le presente tesis documenta la adaptación de un quemador de cocinas a gas, esta adaptación fue hecha en el año 1999 en la empresa Mabe Ecuador con el propósito de mejorar la calidad de la combustión y la productividad de sus cocinas mediante la producción local de estos quemadores! eliminando su compra en el extranjero y adaptádoio a las condiciones de funcionamiento en Ecuador.

El proceso de adaptación descrito en este trabajo consta de dos partes:

Diseño de Forma y Pruebas. En el diseño de forma se da las dimensiones al quemador con el objetivo de optimizar la combustión del gas y, en las Pruebas se verifica, en laboratorio y en las áreas de producción, que las modificaciones realizadas cumplen con su objetivo y que su producción en serie es factible.

Finalmente se interpretan los resultados obtenidos durante las pruebas de laboratorio, considerando los aportes de los diferentes componentes del sistema de combustión adicionales al quemador, determinando en que condiciones el quemador funcionará dentro de los parámetros predefinidos por normas técnicas nacionales e internacionales aplicadas a cocinas a gas.

Adicionalmente se dan recomendaciones que servirán para futuras modificaciones y mejoras al funcionamiento de este quemador.

CAPITULO 1

1. JUSTIFICACION DEL DISEÑO E INVERSION

1.1. Antecedentes.

Mabe Ecuador es una empresa manufacturera de cocinas que produce no soto para el mercado nacional sino que también exporta a diferentes países como : Perú. Bolivia, Venezuela, Colombia, Costa Rica, México y Panamá. Para el año 1999 se producían cerca de 68 modelos bases de cocinas (cada modelo base puede tener tres colores : Blanco, negro y almendra)! entre cada modelo base existen diferencias en tos atributos coma pueden ser : Tapa de vidrio, material de la cubierta! tipa de sistema de combustión , altura de la cocina , tipo de quemador, etc.

En cuanto a los tipos de quemadores existentes, se disponía de tres modelos : Quemador "Proteo", quemador "Alumio-Aluminio"

y quemador de lámina esmaltada (ver figuras 1.1 , 1.2, 1.3, y 1.4). Los dos primeros modelos eran de aluminio inyectado y se los manufacturaba en la misma planta. El tercer modelo se lo importaba desde Venezuela y México con los consiguientes problemas de logística, costos del flete, desaduanización y principalmente la capacidad de producción de los países antes mencionados; debido a que este quemador también se utilizaba para cocinas manufacturadas en México y Venezuela (uso para el que originalmente fue diseñado) sus capacidades instaladas no permitían el despacho de las cantidades que Mabe Ecuador requería

Es por los motivos antes expuestos y el hecho de que (como se verá más adelante) este quemador resulta económicamente ventajoso, se decide nacionalizar el quemador, esto es, adaptarlo de acuerdo a los requerimientos del sistema de combustión que se utiliza en las cocinas de Mabe Ecuador y encargar la elaboración de la matricería y producción a un proveedor local. Los proveedores extranjeros solo podían ofrecernos 1 0.000 quemadores mensuales, mientras que el proveedor actual está en capacidad de producir alrededor de

60.000 quemadores al mes, incrementando la productividad de la planta.

1.2. Análisis de Costos

Se comparó los diferentes costos de producción así como los reportes de combustión de los tres modelos de quemadores, resumidos en la siguiente tabla.

TIPO DE QUEMADOR	COSTO DE MATERIA PRIMA	COSTO DE PRODUCCION	DE COSTO TOTAL
PROTEO 3"	0.148 USD	0.015 UDS	0.163 USD
PROTEO 4	0.228 USD	0.023 USD	0.251USD
QUEMADOR OVAL			2.48 USD
QUEMADOR AL-AL	0.089 USD	0.009 USD	0.098 USD
QUEMADOR TROQUELADO	0.089 USD	0.011 USD	0.1 USD

TABLA 1.- TABLA COMPARATIVA DE COSTOS



Respecto a la tabla anterior hay que hacer las siguientes anotaciones : El quemador oval es una pieza de compra por lo que no se considera los costos de materia prima y producción. Los quemadores Proteo 3" y 4" tienen sendas tapas de latón las cuales no se manufacturan en la planta sino que son piezas de compra, el costo de estas tapas esta incluido en el valor de la columna "Costo Total".

Como se aprecia , el costo del quemador troquelado uno de los mas bajos en la tabla de opciones (este costo no incluye el flete y gastos de aduanas que representa un incremento de 15%), solamente compete con este et quemador Aluminio-Aluminio pero este último presentaba problemas de flotación de llama y peor aún: Altos niveles de CO en la combustión (a pesar de los intentos anteriores para mejorar este defecto) El quemador troquelado , que a la fecha se importaba de México y Venezuela, también presentaba defectos en su combustión , pero si se invertía en un nuevo herramental, podría ser adaptado de manera que superase este detalle de su funcionamiento; teniendo adicionalmente la ventaja de que sería un atributo nuevo para nuestros clientes.

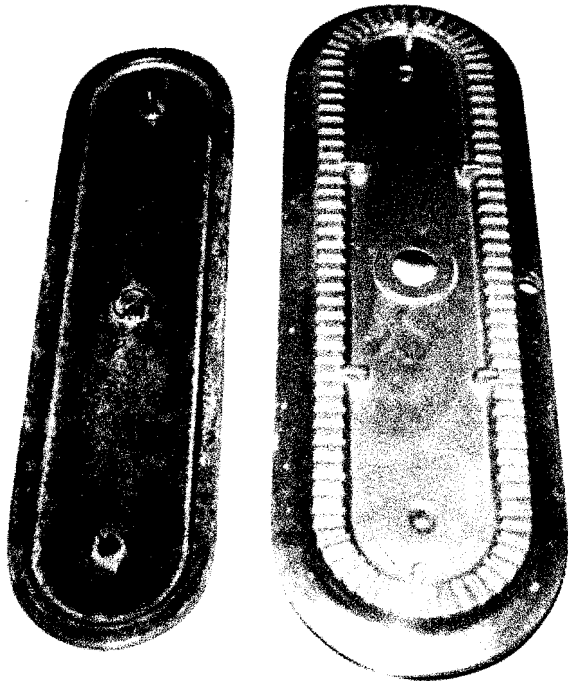


FIGURA 1 .1. QUEMADOR OVAL

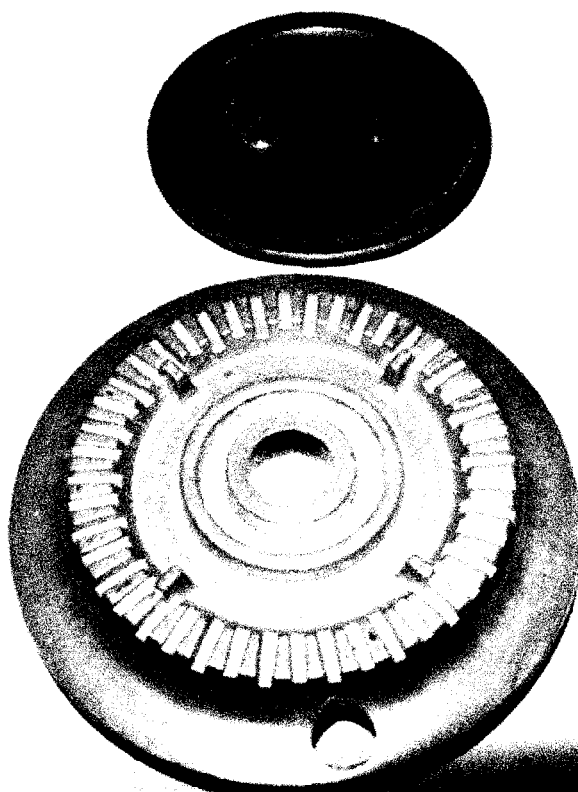
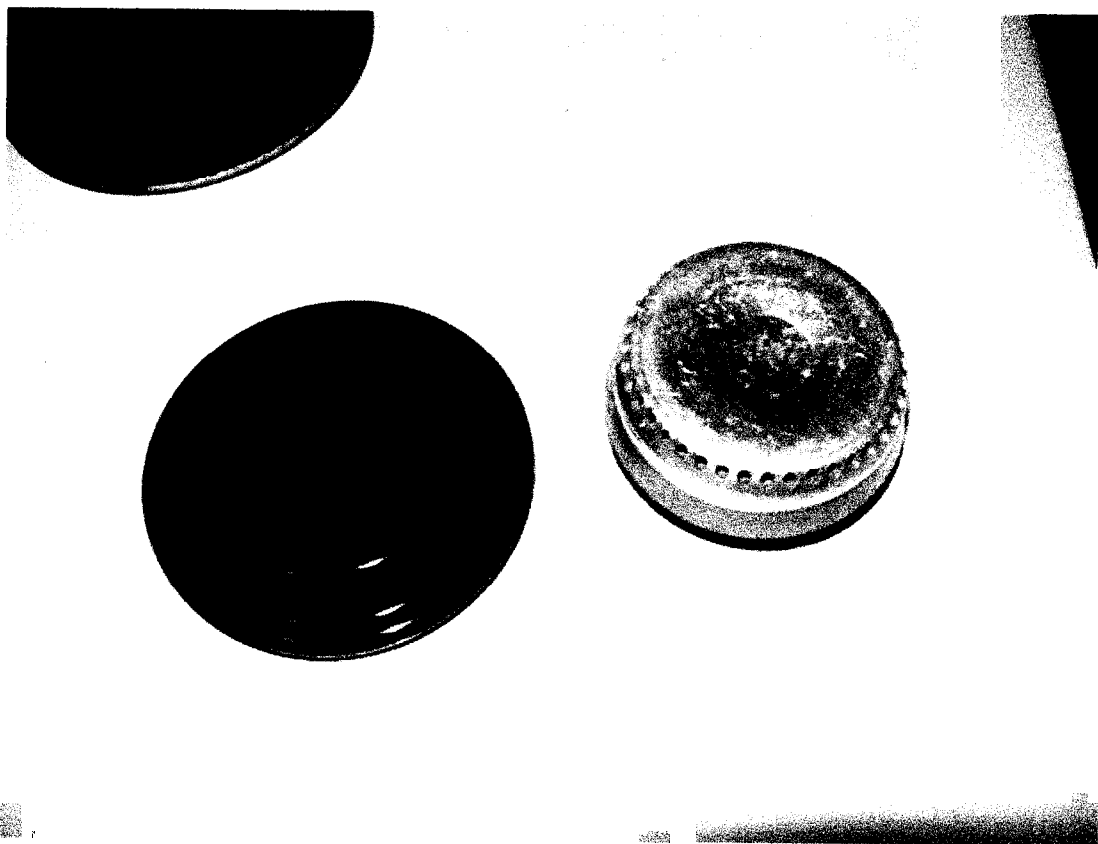


FIGURA 1.2. QUEMADOR PROTEO 3"



**FIGURA 1.3. QUEMADORES: DE LAMINA ESMALTADA (IZQUIERDA), Y
ALUMINIO – ALUMINIO (DERECHA)**

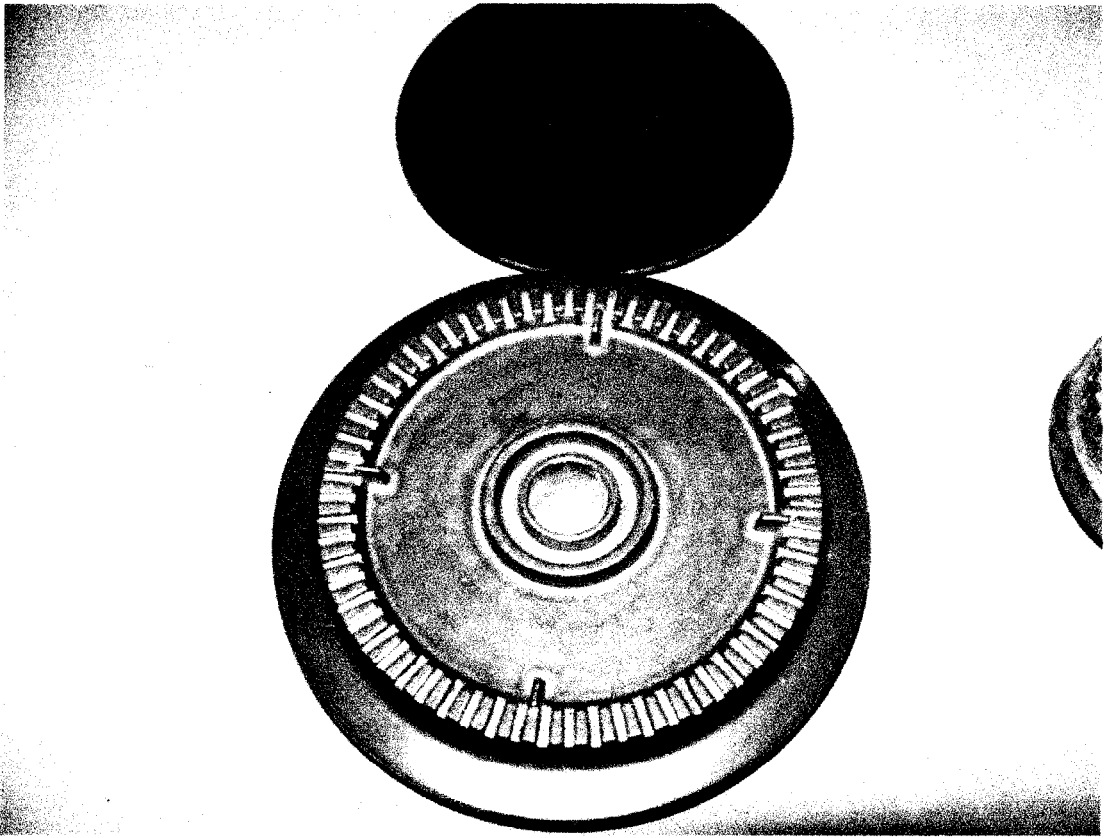


FIGURA 1.4. QUEMADOR PROTEO 4"

CAPÍTULO 2

2. CONSIDERACIONES TEORICAS DE LA COMBUSTIÓN.

2.1. Tipos de gases combustibles

La variedad de los aparatos domésticos de gas, sus dispares empleos y diferentes características constructivas, implican el proyecto de numerosos tipos de quemadores; a esto contribuye el hecho de que el combustible que se distribuye en el mercado tiene características físico-químicas diferentes de unas a otras.

Los tipos de combustibles gaseosos para uso doméstico utilizados internacionalmente se subdividen en tres familias:

1^{ra} Familia: Comprende los gases manufacturados, es decir, los gases derivados del carbón , de los destilados ligeros del petróleo y de los aceites minerales pesados, que

frecuentemente se mezclan con metano y tienen un poder calorífico superior que varía entre 3800 y 4500 kcal/ m³.

Su distribución a los usuarios se lleva a cabo por canalización.

2ª familia: Comprende los gases llamados naturales. cuyo componente es el metano cuyo contenido varía según las regiones, en Italia :95 al 99% en volumen, y en otros países entre el 80-85% en volumen. En el gas natural están presentes, además del metano, hidrocarburos saturados superiores y nitrógeno.

El poder calorífico superior de los gases naturales está comprendido entre 8,000 y 10.000 kcal / m³. Su distribución se hace por canalización.

3ª Familia: Comprende los gases de petróleo licuado, o GLP (fundamentalmente parafinas y olefinas de 3 y 4 carbonos). Los GLP por su baja presión de vapor a la temperatura ambiente, pueden, operando a presiones reducidas ser almacenados y transportados en estado líquido y utilizarse luego como combustibles gaseosos.

Pueden distribuirse como propano o butano puros, o como mezclas. Su poder calorífico superior varía de 24.000 a 32.000 kcal / m³. Su distribución a usuarios, salvo casos excepcionales en los que se hace por canalización se efectúa utilizando recipientes de tamaños variados.

Los gases de la 1^{ra} familia se utilizan generalmente a una presión de 60 mm de columna de agua: los de la 2^{da} familia, a presiones variables entre 80 y 200 mm de columna de agua; los de la 3^{ra} a presión de 300-500 mm H₂O.

!-as presiones indicadas, solamente aproximadas, pueden sufrir variaciones notables de lugar a lugar, en los distintos periodos del año, e incluso durante un mismo día.

Las propiedades de las diferentes familias de gases están resumidas en la tabla 2.

Familia	Origen	Poder Calorífico Superior	Presión de trabajo	Vía de distribución
1 ^{ra}	<ul style="list-style-type: none"> • Derivados del carbón • Destilados ligeros del petróleo • Aceites minerales pesados+Metano 	3.800 a 4.000 Kcal/m ³	a 60 mm H ₂ O	Por Tubería
2 ^{da}	Metano+Hidrocarburos Saturados Superiores+ Nitrógeno	8.000 a 10.000 Kcal/m ³	a 800 a 200 mm Hg.3	Por Tubería
3 ^{ra}	Gas Licuado de Petróleo	24.000 a 32.000 Kcal/m ³	a 300 a 500 mm H ₂ O	Contenedores

TABLA 2.- PROPIEDADES DE LAS DIFERENTES FAMILIAS DE GASES

2.2. Inyectores.

Los inyectores (toberas) se dividen en dos grandes categorías :

a) Inyectores fijos y b) inyectores regulables. En esta tesis solo se tratará el tema de los inyectores fijos **ya que** son los **que se** utilizan junto con el quemador troquelado

Inyectores fijos

Los inyectores fijos, como su nombre lo indica, consisten en un bloque de material perforado, de sección circular, de modo que asegure, para unas condiciones de funcionamiento

determinadas, un flujo volumétrico constante. Las toberas fijas pueden diferir notablemente unas de otras, sobre todo en lo que concierne a la longitud del orificio (más exactamente a la relación entre ella y su diámetro) y el ángulo de convergencia entre el tramo cilíndrico que precede al orificio y el orificio mismo, con consecuencias que repercuten sobre el flujo del gas

Para el flujo volumétrico se utiliza generalmente la siguiente fórmula aproximada.

$$\dot{V} = \frac{11}{10^3} k d^2 r \sqrt{\frac{h}{d(\text{rel})}} \quad (1)$$

donde :

\dot{V} = Flujo del gas en m³/hr

k = Coeficiente del inyector que incluye las pérdidas de carga por fricción y por la formación de la vena gaseosa a la salida del mismo.

d_f = diámetro del inyector

h = presión estática del gas en mm de H_2O .

d_{rel} = densidad relativa del gas respecto al aire

El coeficiente k que aparece en la formula varía en función del tipo de tobera, Dicho coeficiente, para los tipos más comunes de inyectores tiene casi siempre un valor próximo a 0.8.

Algunos de los tipos más comunes de inyectores aparecen en sección en la figura 2.1.

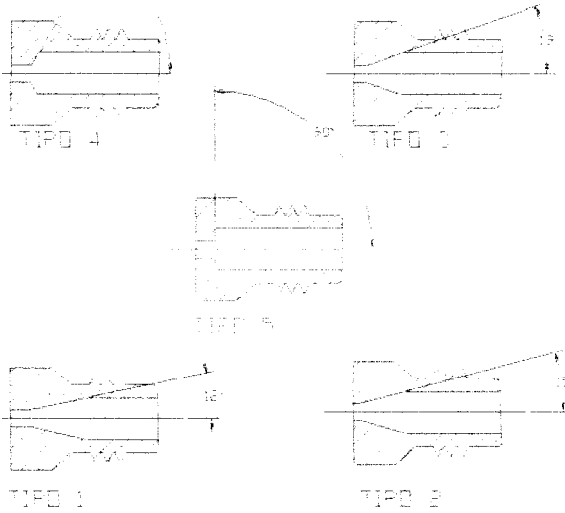


FIGURA 2.1 .-TIPOS DE INYECTORES,

La cantidad de fluido que pasa a través de una tobera aumenta, dentro de cierto- limites, al aumentar la longitud del orificio: Alcanza el valor máxima cuando la relación longitud-diámetro se acerca a 2, y disminuye gradualmente a medida que dicha relación sigue aumentando.

Igualmente el flujo tiende a disminuir, siempre en función del coeficiente k, al ir aumentando el ángulo del empalme con el orificio. En la tabla se encuentran los valores de K para los diferentes tipos de inyectores de la figura 2.1 para un diámetro de orificio de 0.6 mm,

Tipo	Angulo de Convergencia	Coefficiente de Flujo (K)
1	12°	0.82
2	15°	0.82
3	19°	0.82
4	60°	0.80
5	90°	0.64

TABLA 3.- VALORES DEL COEFICIENTE DE FLUJO (K) SEGÚN EL TIPO DE INYECTOR

Importancia del inyector en la combustión.

Es frecuente que un quemador calculado con exactitud no funcione correctamente debido a que el inyector no ha sido construido con esmero.

La vena del gas que sale del orificio debe ser coaxial con la garganta del quemador, por lo que en un inyector no se trata solamente de practicar un orificio de un determinado diámetro, sino también de preocuparse por conseguir:

- a) Que el orificio en toda su longitud sea perfectamente coaxial con el cuerpo del inyector;
- b) Que su sección sea constante



c) Que esté cuidadosamente trabajado, de modo que no queden rebabas:

d) Que los bordes estén perfectamente marcados.

Cuando se baja a diámetros del orden de 0.5 mm {como el caso que se trata en esta tesis) el problema de hacer el orificio se hace delicado: Una salida de gas con tendencia preferente según una dirección determinada (por ejemplo, hacia arriba o hacia abajo) puede a veces perjudicar la eficiencia de la combustión.

Incluso con un inyector perfectamente perforado habrá que prestar especial cuidado a su emplazamiento, pues sino está exactamente sobre el mismo eje que el quemador, se presentan los mismos inconvenientes.

2.3. Quemadores de Premezclado : Consideraciones

Dimensionales

El quemador con mezcla previa de aire, o atmosférico, es el de mayor difusión en las aplicaciones domésticas.

El más típico de estos quemadores es el Bunsen.

Estos quemadores poseen una notable elasticidad, de forma que pueden funcionar con varios tipos de gas y entre márgenes de presión bastante amplios. Esta propiedad ha sido incrementada en estos últimos años como consecuencia de los estudios encaminados a adecuar su funcionamiento a la creciente diversidad del gas de distribución. Los descubrimientos de yacimientos de gas natural, y la posibilidad de disponer de gases de petróleo licuado (debida a la creciente potencialidad y al mayor número de refinerías de petróleo) han impuesto de un modo perentorio, en el curso del último decenio, el estudio y la construcción de quemadores más elásticos, hasta llegar al quemador “universal”, que puede ser adaptado fácilmente para utilizar los mismos gases pobres (3500 kcal / m^3) que ricos del tipo de los G.L.P (30.000 kcal/m^3), distribuidos a presiones que varían entre 40 y 500 mm de columna de agua.

Naturalmente, el funcionamiento de estos quemadores no puede alcanzar los requerimientos elevados de un quemador expresamente estudiado para un determinado gas.

Elementos de un quemador de premezclado

Los principales elementos que constituyen un quemador de este tipo son :

- a) El inyector de sección de salida fija o de **cabeza** regulable, que define y controla el flujo de gas y que contribuye de un modo a veces determinante a la combustión (sobre el cual se trató en la sección anterior);
- b) La cámara de mezcla o cabeza de mezcla, a la que pasa el gas tras salir del inyector;
- c) El difusor o tubo de mezcla, en el que tiene lugar la mezcla del gas **con** el aire primario que el gas ha arrastrado por aspiración;
- d) La cabeza del mezclador, a donde el gas y el aire primario llegan ya mezclados, y pasando la cual, a través de la sección de salida, se inicia el proceso de combustión.

En los quemadores atmosféricos, el arrastre del aire por parte del gas se realiza por aspiración mediante un tubo Venturi.

Este consta de dos conos (la cámara y el tubo de mezcla) convergente-divergente, de ángulo muy pequeño. A menudo los dos conos están empalmados entre si por un corto tramo cilíndrico que constituye la zona de estrangulamiento del Venturi y que se denomina también “cuello” o “garganta” del tubo.

Cámara y tubo de mezcla.

Están constituidos por dos conos, convergente y divergente, en los que se verifica el contacto y la mezcla del gas con el aire. La experiencia ayuda mucho efectuar la elección en los que se refiere a las relaciones entre los dos conos y los ángulos de convergencia de los mismos.

En algunos tipos de quemadores, especialmente adaptados en las cocinas de gas, puede incluso faltar la parte convergente.

En la divergente, el ensanchamiento del tubo lleva a una disminución del rozamiento, favoreciendo el flujo aire-gas; y al mismo tiempo hay una disminución de velocidad del flujo a medida que la sección de paso se ensancha.

Hay que evitar cambios excesivamente bruscos de sección entre el tubo de mezcla y la sección de la cabeza del quemador, por lo que, según las dimensiones del quemador, es preciso adoptar ángulos totales de convergencia entre los 7 y 10 grados

Cabeza del quemador

La mezcla de aire-gas sale por la cabeza del quemador a través de su sección libre; aquí es donde comienza la combustión.

Para el cálculo de la sección total de salida, se requiere ante todo conocer cuál ha de ser el flujo térmico del quemador, es decir, las Kcat / hr que este ha de suministrar.

Según las condiciones en que el quemador debe funcionar, habrá que establecer el tipo y el número de aperturas necesarias para obtener el área total.

La siguiente relación liga el flujo térmico del quemador y la sección de salida:

$$A = \frac{Q_t}{Q_u} \quad (2)$$

donde :

A = Sección en cm^2 ;

Q_t = Flujo térmico del quemador, en Kcal/h;

Q_u = Flujo unitario o carga térmica, en kcal/h.cm^2 de la sección de salida.

En función del gas de alimentación. las cargas térmicas por cm^2 de la sección de salida varían por lo general en torno a los siguientes valores:

$Q_u = 1200\text{-}1300 \text{ kcal/h.cm}^2$ para los gases de la 1^{ra} familia (gases manufacturados).

$Q_u = 700\text{-}800 \text{ kcal/h.cm}^2$ para los gases de la 2^{da} y 3^{ra} familia (gases naturales, propano, butano).

La distancia entre las pequeñas secciones de salida deberá asegurar una fácil distribución de la llama y permitir el paso, entre llamita y llamita, de una cantidad de aire secundario tal que favorezca la combustión perfecta, pero sin enfriar las zonas de llama e incidir de modo determinante en el rendimiento.

La distancia entre las distintas secciones parciales de salida (orificios] no tiene influencia sobre el retorno de llama; y cuando es superior a los 5 mm no produce efecto alguno sobre el desprendimiento de llama. La transmisión se hace mas dificultosa a medida que va aumentando la distancia entre sección y sección. Si la distancia disminuye de 5 mm a 2 mm, la tendencia al desprendimiento de llama disminuye ligeramente. Para distancias menores las llamas tienden a superponerse. y, dado que disminuye el aire secundario a disposición de cada una de ellas, es necesario un fuerte aumento de aire primario para que se produzca el desprendimiento de llama. A igualdad de grado de aireación, en cambio, es evidente que la combustión empeora: se puede producir fácilmente el fenómeno de la aparición de puntas amarillas.

La relación entre el área del orificio y el espesor del material en la que se ha practicado tiene una importancia notable.

En general puede decirse que con orificios de longitud superior a 10 diámetros es difícil que se presenten retornos de llama,

La longitud del orificio no tiene influencia prácticamente sobre la formación de puntas amarillas.

La altura de la sección de salida (que en los proyectos normales varia entre 3 y 7 mm) no influye apreciablemente en el desprendimiento o retorno de llama, ni en la formación de puntas amarillas.

En algunos tipos de quemadores se puede disponer de orificios de salida en varias filas paralelas; esta disposición, siempre que se respeten las distancias, no influye sobre la estabilidad de la flama

En cambio, disminuye la estabilidad del quemador, puesto que se produce más fácilmente la aparición de puntas amarillas y se

hace por consiguiente necesario! para poderla eliminar, un aumento de volumen de aire primario.

Si un quemador con una sola fila de orificios requiere, para una cierta variación de carga unitaria , un aumento de aire primario de, por ejemplo, un 25%, cuando los orificios se disponen en dos filas, la cantidad de aire primario deberá aumentar alrededor de un 30%, y la disposición de 4 filas exigirá aumentos del 40 %.

El buen proyecto de un quemador esta vinculado a la consideración de muchos factores a veces contrapuestos entre sí; es necesario entonces tratar de armonizar del mejor modo posible estas diversas necesidades con una solución de compromiso. Hay, sin embargo, interdependencias que conviene respetar.

La relación aire-gas, el diámetro del inyector, el diámetro de garganta del cono convergente y la densidad relativa del gas a quemar, están ligados entre sí por la siguiente relación:

$$R_{ag} = 0.75 \frac{d_s}{d_r} - 1 \cdot d_{rel} k_1 k_2 \quad (3)$$

donde.

R_{ag} = relación *aire-gas*:

d_s = diámetro aparente de la sección de salida del gas, en mm;

d_r = diámetro del inyector, en mm;

d_{rel} = densidad relativa del gas;

$$k_1 = 1 + \log \frac{d_r X}{d_g} \quad (4)$$

$$k_2 = 1 + \log \frac{d_r X}{d_s} \quad (5)$$

X viene dada por la siguiente expresión:

$$X = \frac{8.64}{\dots} \quad (6)$$

En el caso del coeficiente k_1 , si la fracción $\frac{d_r X}{d_g} < 1$, se debe

invertir la fracción y tomar el valor $k_1 = \frac{d_g}{d_r X}$

En el caso del coeficiente k_2 , si la fracción $\frac{d_r X}{d_s} > 1$, la

corrección es despreciable

Para los gases más corrientemente usados, X tiene estos valores:

TIPO DE GAS	X
Gas manufacturado	6
Propano	14
Gas natural	9
Butano	16

**TABLA 3.- VALORES DE X PARA FACTOR DE CORRECCION
DE LA RELACION AIRE / GAS**

Para esta tesis se elegirá un valor de $X = 14.6$ por ser una mezcla de 70% propano y 30% butano

Una última relación de importancia es la que da la distancia del inyector a la garganta del tubo Venturi. Dicha distancia (L_{ig}) puede calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$L_{ig} = 2.22 d_g + 15 \quad (7)$$

En la que d_g es el diámetro de la garganta del Venturi, en mm.

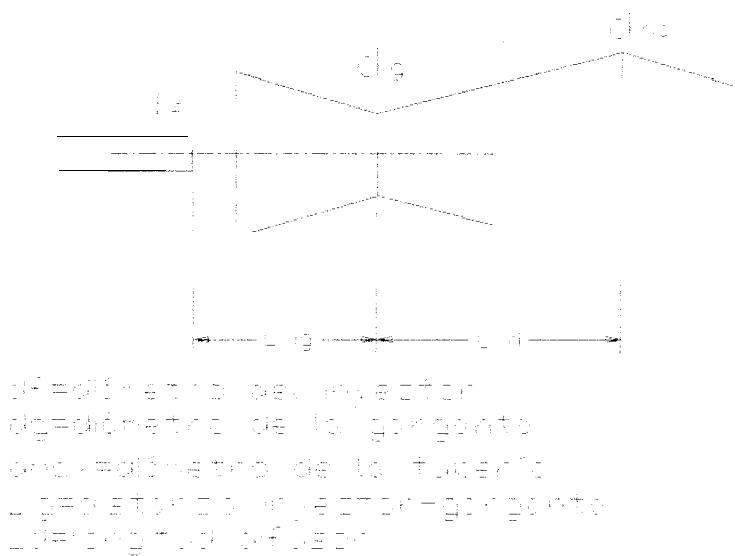


FIGURA 2.2.-TUBO VENTURI

Para esta tesis, estas variables tienen los siguientes valores:

$$d_g = 9.8 \text{ mm}$$

$d_f = 0.53 \text{ mm}$ (ver Sección 3.2.2)

$d_{\max} = d_s = 17.0 \text{ mm}$ (diámetro interno de tubería de hierro galvanizado)

$d_{rel} = 1.664$ (densidad relativa del gas LP)

Con estos datos, utilizando las ecuaciones 3 y 7, se obtiene:

$L_{ig} = 36.8 \text{ mm}$

$R_{ag} = 17.8$ [volumen aire / volumen gas].

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE FORMA Y DIMENSIONAMIENTO

3.1. Restricciones dimensionales del quemador

El reajuste de la forma de este quemador debía tener en cuenta dos aspectos:

a) La distancia entre centros del quemador y la bujía de encendido ya que existía interferencia (ver figura 3.1). Resolver esta interferencia implicaba reducir el diámetro del quemador al menos en 3 mm para que nominalmente quedaran juntas la bujía y el quemador: aún así podría existir interferencia debido a la suma de tolerancia del diámetro del quemador y de la distancia entre centros del agujero de la cubierta y el agujero de la bujía (41.2 mm), en ambos casos la tolerancia por diseño es de ± 0.5 mm. Esta opción no era la más recomendada ya que, como se verá a continuación, debía realizarse una segunda

reducción de diámetro para eliminar el deslizamiento entre tapa y base del quemador; al reducir el diámetro del quemador se reduce el área disponible para el perforado de las portas lo que podría ocasionar una mala combustión (puntas amarillas) debido a la disminución de la distancia entre cada porta.

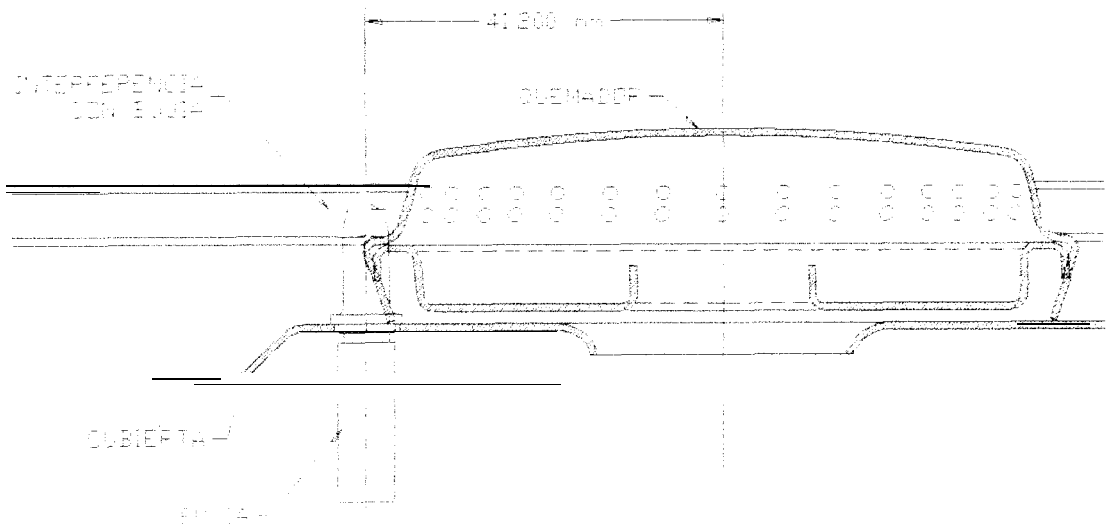


FIGURA 3.1 .-INTERFERENCIA ENTRE BUJÍA Y QUEMADOR.

b) El deslizamiento relativo de las partes (tapa y base) del quemador como se indica en la figura 3.2. Este deslizamiento ocasionaba que existiera una inclinación del quemador al momento de su ensamble en la cubierta, lo cual provocaba en

los casos más críticos fuga de gas entre la base y el sello del quemador (ver figura 3.8).

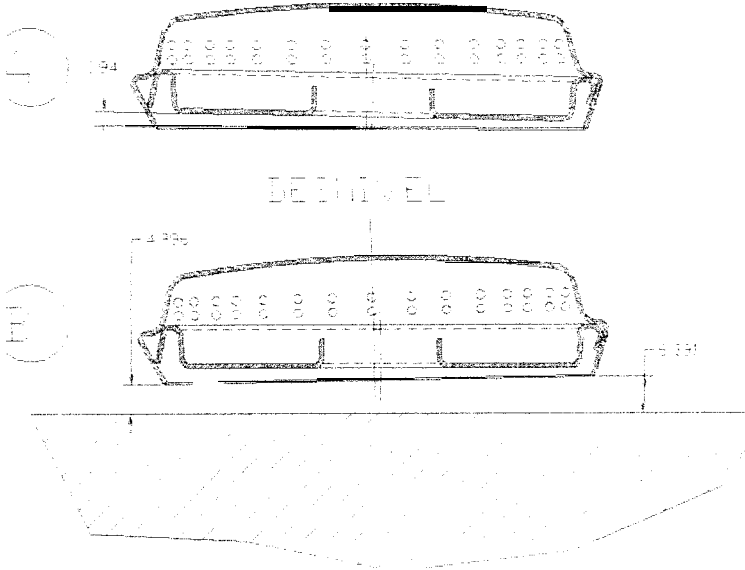


FIGURA 3.2.- DESNIVEL OCASIONADO POR DESLIZAMIENTO DE LA BASE Y TAPA DEL QUEMADOR.

Para el primer problema solo se modifica la distancia entre centros del agujero del quemador y la bujía, cambiando de 41.2 a 44.3 mm. A pesar de este cambio, el diseño sigue siendo marginal y puede existir interferencia debido a las tolerancias de diseño (como ya se ha explicado). Otro punto limitante es el hecho de que la perforación para la bujía está al borde del radio de curvatura del estampado de la cubierta (0.022 mm), la bujía

necesita descansar sobre superficie plana, debido a esto no resulta conveniente incrementar esta distancia entre centros.

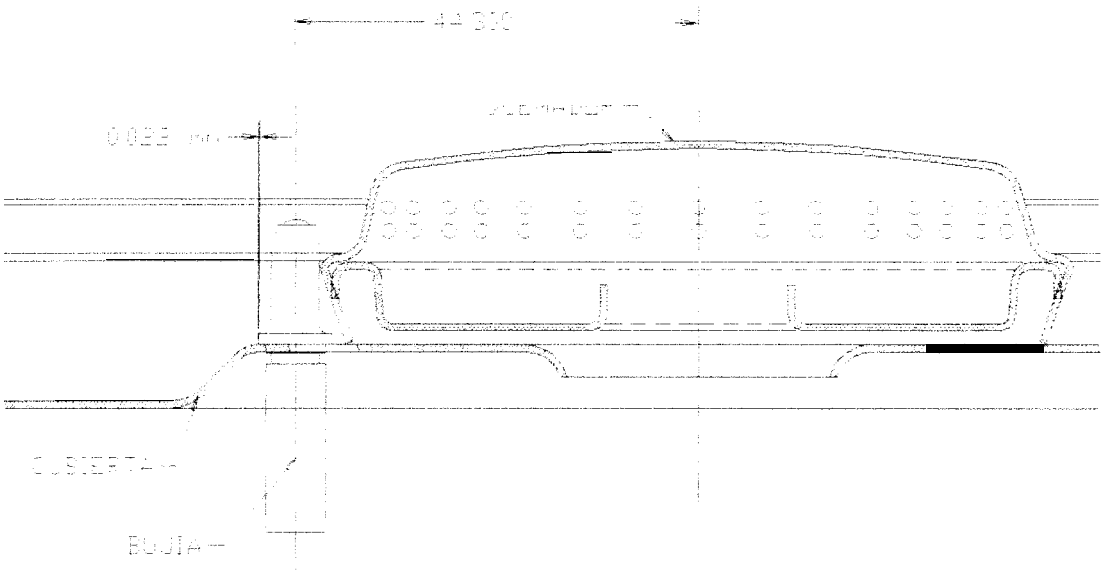


FIGURA 3.3.- UBICACIÓN CRÍTICA DE LA BUJÍA EN EL LIMITE DE LA SUPERFICIE PLANA DE LA CUBIERTA.

Con respecto al punto b, la solución consiste en incrementar la parte plana de la tapa del quemador y de esta forma proporcionar una mejor área de contacto y evitar el deslizamiento entre tapa y base.

En la figura 3.4 se observan las dimensiones anteriores de la tapa quemador, en la figura 3.5 se incrementa la parte plana a 3 mm, lo cual da un mejor asentamiento como se observa en el ensamble (figura 3.6).

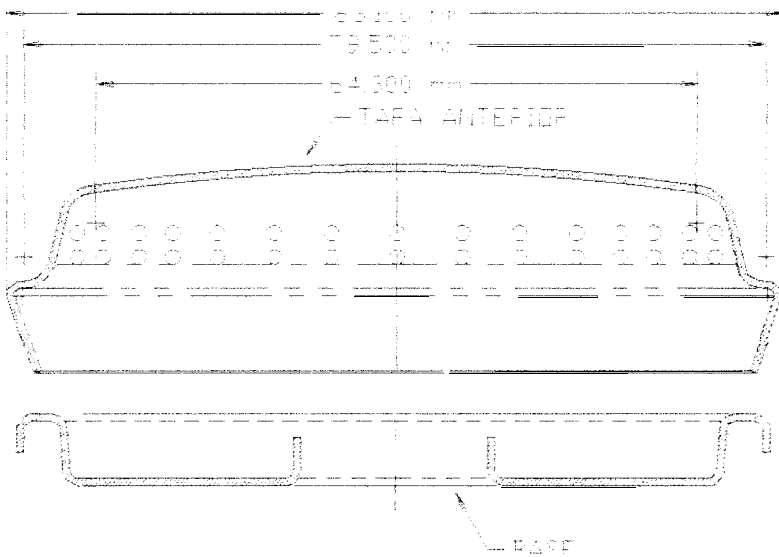


FIGURA 3.4.- DIMENSIONES ANTERIORES DE LA TAPA.

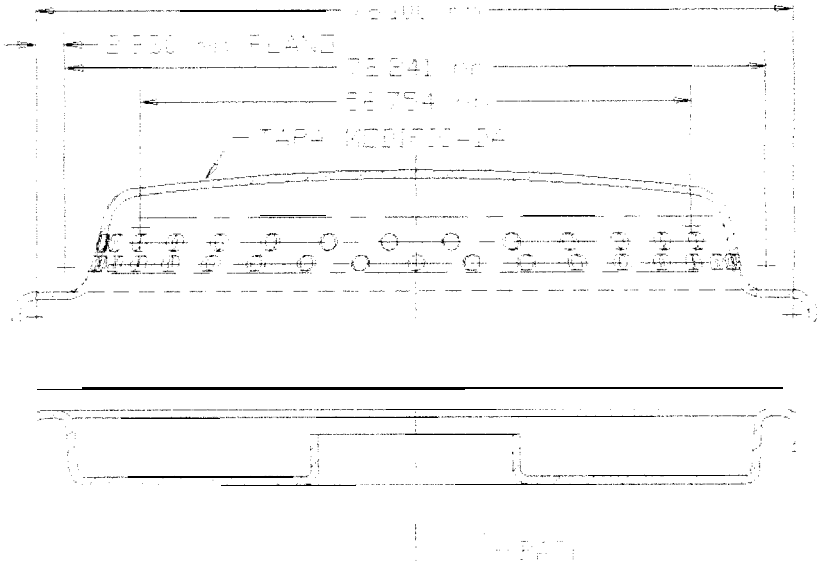


FIGURA 3.5.- DIMENSIONES DE LA TAPA MODIFICADA.

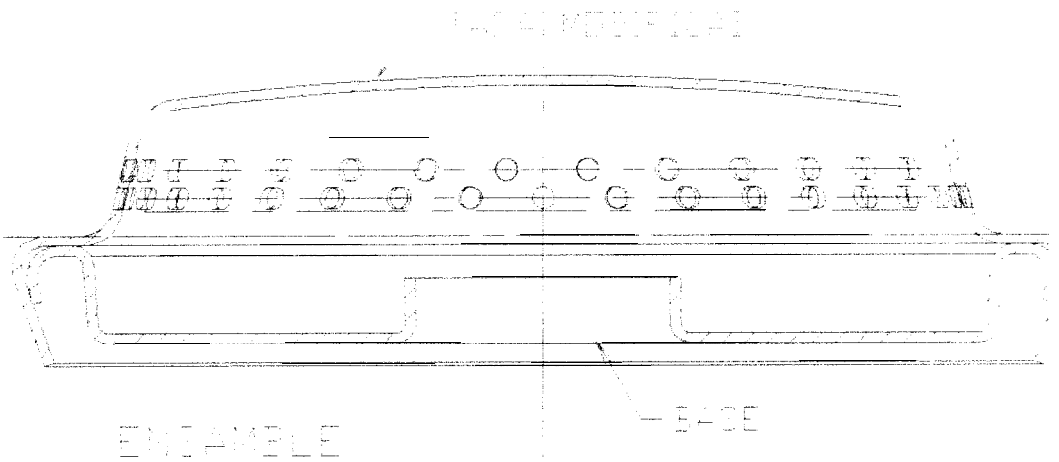


FIGURA 3.6.- ENSAMBLE TAPA MODIFICADA - BASE MEJORADA

3.2. DISEÑO DE FORMA

3.2.1. ESPACIADO DE PORTA LLAMAS

Se sabe que mientras más espaciadas se encuentren las portas entre sí, mejor será la combustión ya que habrá suficiente aire secundario para cada flama. Pero et espaciar demasiado los agujeros trae como consecuencia ta disminución de su numero y por lo tanto del área de salida, lo cual incide en la potencia total del quemador. Lo recomendado es un espacio mayor a 2 mm de distancia entre portas para quemadores domésticos. Para esta adaptación se selecciona un espaciado entre portas de aproximadamente 5.5 mm entre centros ya que, se sabe por experiencia, que al estar mas cerca una llama de la otra, se vuelve insuficiente el aire secundario para cada llama lo que provoca mala combustión {altos niveles de CO).



Se parte de un diámetro de porta de 1.7 mm y un número de 72 portas distribuidas en dos filas. Entre las filas hay una separación de 2.18 mm y la distancia entre centros

de las portas es de 6.4 mm en promedio, esto equivale a que exista un ángulo de 10° en el arreglo circular de las portas (ver figura 3.7).

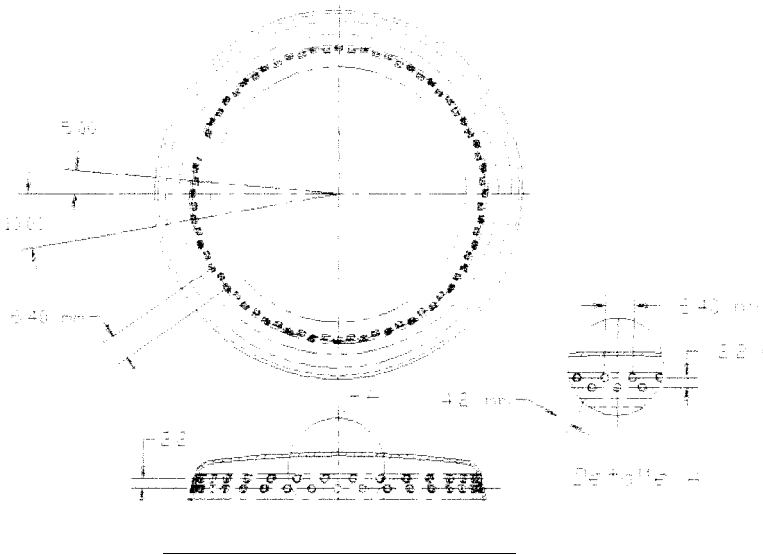


FIGURA 3.7.- DISTRIBUCIÓN DE LOS AGUJEROS DE LAS PORTAS.

32.2. AREA DE SALIDA DE LLAMA

Como ya se vio anteriormente, la potencia del quemador esta relacionada con el área de salida de las llamas por ta ecuación. Et flujo unitario (Q_u) para quemadores domésticos varía entre $700 - 800 \text{ kcal/h.cm}^2$, por lo que

para este quemador se selecciona un valor de 750 kcal / h.cm². Puesto que el área de salida de las llamas se define con la distribución de las portas, se despeja el valor del Rujo térmico del quemador Q_t.

$$A = \frac{Q_t}{Q_u} \quad (2)$$

$$Q_t = A \cdot Q_u$$

Donde :

A= área de salida del quemador

A= (# de portas) * (área unitaria de la porta)

$$A = 72 * (\pi * \phi_{\text{porta}}^2 / 4); \text{ para } \phi_{\text{porta}} = 1.7 \text{ mm}$$

$$A = 96.13 \text{ mm}^2 = 0.9613 \text{ cm}^2$$

$$Q_t = 0.9615 \text{ cm}^2 * 800 \text{ kcal} / (\text{h} \cdot \text{cm}^2) = 769.06 \text{ kcal} / \text{h} = 3051.83 \text{ Btu/h}$$

Con este flujo térmico del quemador se determinará el caudal (m^3/h) del gas GLP y finalmente el diámetro del inyector que debe utilizarse. Este calculo se detalla a continuación.

Se dispone de un calorímetro de gas GLP el cual esta constantemente midiendo el calor de combustión del gas (HV_{wet}), en nuestro medio el gas que se distribuye en cilindros tiene un calor de combustión entre 2400 y 3000 Btu / ft^3 , es decir, 2700 Btu / ft^3 en promedio.

Se sabe que el flujo del gas se relaciona con el poder calorífico y el flujo térmico del quemador mediante la expresión:

$$V = \frac{Q_t}{PC} \quad (8)$$

$$V = \frac{3051.83 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{2700 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}} = 1.13 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.032 \text{ m}^3/\text{h}$$

luego se utiliza la ecuación 1 dada en la sección 2.2.1 para obtener el diámetro del inyector correcto para este quemador:

$$\dot{V} = \frac{11}{10^3} k d^2 r \sqrt{\frac{h}{d(\text{rel})}} \quad (1)$$

Se sabe que la presión de trabajo de las cocinas es de 4.1" de H₂O ó 279.4 mm de H₂O (representada por h)

Puesto que el gas GLP es una mezcla de 70% propano y 30% butano, y la densidad de la mezcla no es conocida, se procede a estimar una densidad ponderada en base a cada una de las densidades individuales del propano y el butano de la siguiente forma:

$$d_{\text{rel propano}} = 1.52$$

$$\dot{V} = \frac{3051.83 \frac{\text{Btu}}{\text{h}}}{2700 \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^3}} = 1.13 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.032 \text{ m}^3/\text{h}$$

luego se utiliza la ecuación 1 dada en la sección 2.2.1 para obtener el diámetro del inyector correcto para este quemador:

$$\dot{V} = \frac{11}{10^3} k d^2 r \sqrt{\frac{h}{d(\text{rel})}} \quad (1)$$

Se sabe que la presión de trabajo de las cocinas es de 11 " de H₂O ó 279.4 mm de H₂O (representada por h)

Puesto que el gas GLP es una mezcla de 70% propano y 30% butano, y la densidad de la mezcla no es conocida, se procede a estimar una densidad ponderada en base a cada una de las densidades individuales del propano y el butano de la siguiente forma:

$$d_{\text{rel propano}} = 1.52$$

$$d_{rel} \text{ butano} = 2$$

$$d_{rel} \text{ mezcla} = 0.7(1.52) + 0.3(2) = 1.664$$

se reemplazan estos valores en la fórmula despejada para d_i :

$$d_i = \sqrt[3]{\frac{10 V}{11k} \frac{d_{rel}}{h}}$$

para:

$$\dot{V} = 0.032 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$k = 0.8$ (tipo más común de inyector)

$$d_{rel} = 1.664$$

$$h = 279.4 \text{ mm de H}_2\text{O}$$

$$d_i = 0.53 \text{ mm}$$

3.2.3. SELLO MECANICO

Debido a que ya existía un sistema de combustión desarrollado se decide entonces adecuarlo para el ensamble de este nuevo quemador.

Por sistema de combustión se entiende la esprea y el tubo Venturi antes del quemador.

El tubo Venturi se fabrica a partir de tubería de acero galvanizado de diámetro nominal $\frac{3}{4}$ " (19.1 mm) con paredes de 1 mm de espesor.

Se decidió poner entonces un anillo que se introduzca en el extremo libre del tubo cuyo diámetro había sido previamente reducido mediante una prensa y una matriz que le da la forma circular. El sistema se aprecia en la figura 3.8 , la ventaja de este sistema es que es desmontable y presta facilidades para el obrero al momento de su ensamble. Adicionalmente, el hecho de

que el anillo y la tubería sobre la que se monta sean del mismo material asegura que los procesos de contracción y dilatación térmica tengan mínima incidencia sobre el correcto sello entre la base del quemador y el anillo.

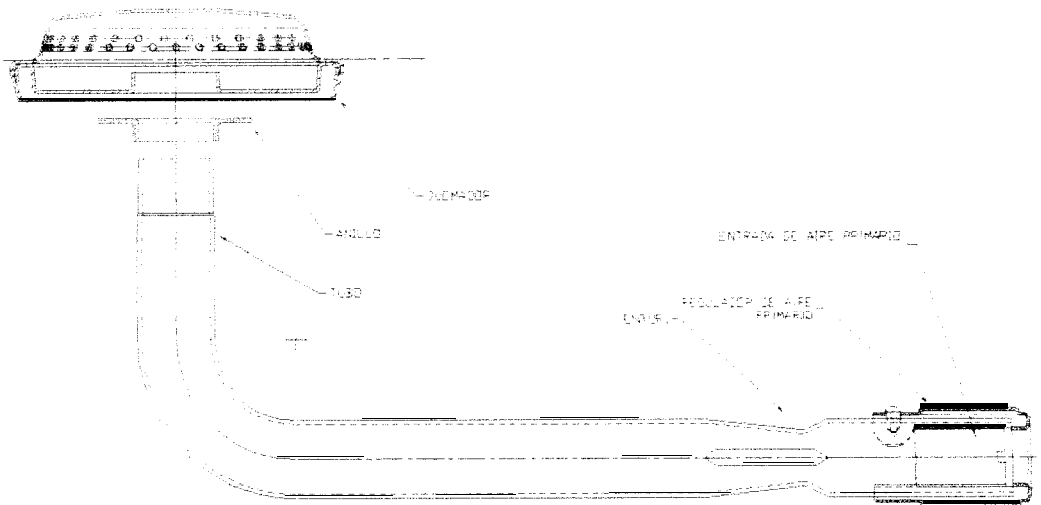


FIGURA 3.8.- SELLO MECÁNICO.

El sello se da por el propio peso del quemador (por gravedad) ya que esta fuerza es suficiente para evitar el escape del gas y se comprueba de la siguiente manera:

Se tiene que la presión de trabajo de las cocinas está entre 11 y 12 pulgadas de H₂O, se selecciona el caso crítico de 12"

$$\text{Presión} = 12'' \text{ H}_2\text{O} = 0.0029692 \text{ Pa}$$

$$\text{Area} = \pi \cdot D^2 / 4$$

Donde D es el diámetro de la entrada de la base del quemador.

$$\text{Area} = \pi \cdot (19.9 \times 10^{-3})^2 / 4 = 0.000311026 \text{ m}^2$$

$$\text{Puesto que : Presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

$$\text{Fuerza} = \text{Presión} \cdot \text{Area}$$

$$\text{Fuerza} = 9.297 \times 10^{-7} \text{ N} = 9.49 \times 10^{-8} \text{ Kgf}$$

Lo cual es despreciable ante el peso del quemador.

3.2.4. SISTEMA DE SELLO DESMONTABLE

Como ya se adelantó en la sección anterior, el sistema de montaje del quemador es desmontable. La idea es que este ajuste sea del tipo de “apriete débil” mas para este tipo de ajuste las tablas de tolerancias recomiendan desviaciones de 0.011 mm ; esta medida de tolerancia es imposible de obtener debido a los procesos de manufactura que se emplean en ocasiones a la obsolescencia de las prensas. Es sabido por experiencia que nuestros procesos de conformado pueden darnos productos con tolerancias de ± 0.1 mm en el mejor de los casos. Debido a las causas anteriormente expuestas se prueban con diferentes variantes en las dimensiones nominales hasta obtener íos siguientes resultados :

Diámetro interior del anillo : 18.6 ± 0.1 mm, y

Diámetro exterior del tubo : $18.5_{-0.2}^{-0.0}$ mm, como se indica en la figura 3.9

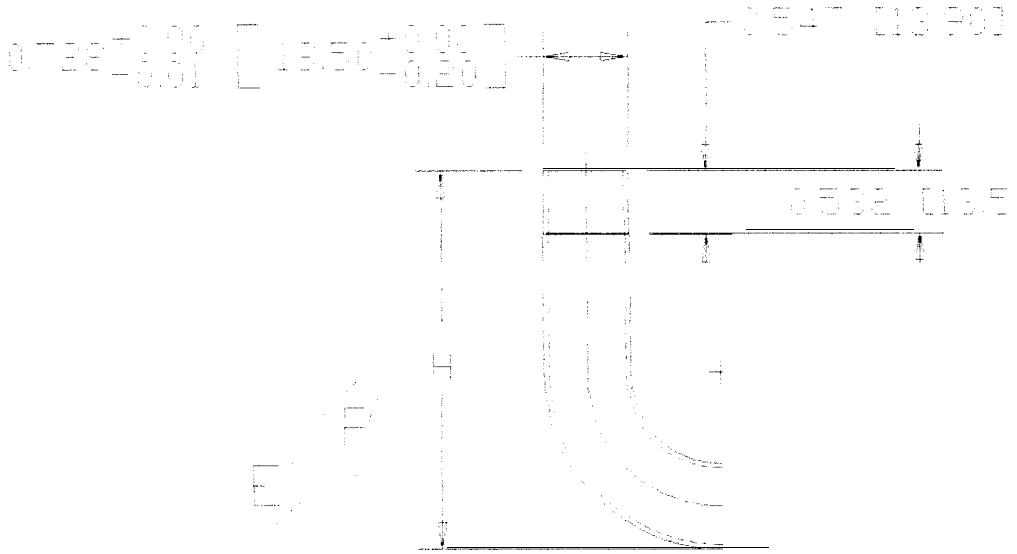


FIGURA 3.9.-TUBO GALVANIZADO

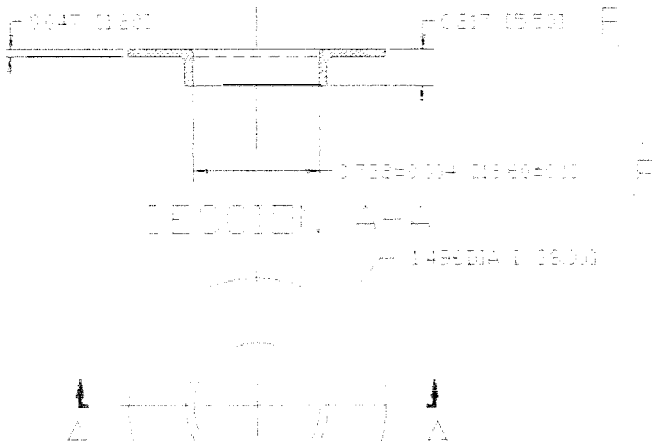


FIGURA 3.10 .- ANILLO

3.3. SELECCIÓN DEL MATERIAL

Por ser este quemador una pieza que se someterá a un proceso de esmaltado, se requiere que esté manufacturada de un necesita de un acero del tipo EK2 (norma DIM 1623 / 87 Parte 3) con las siguientes propiedades:

Composición Química	Resistencia a la tracción N/mm^2	Límite de Fluencia N/mm^2	Alargamiento de rotura $l_0=80\text{ mm}$ % mm	Dureza HRBm
C N				
Max 0.08 0.007	270 a 390	270	30	62

TABLA 5.- PROPIEDADES DEL ACERO EK2 (DIM 1623 / 87 Parte 3).

3.4. CONSIDERACIONES DIMENSIONALES PARA PIEZAS PORCELANIZADAS.

Además del material existen algunos aspectos sobre la geometría de una pieza que se esmaltará que deben ser

tomados en cuenta antes del diseño final, en este caso la recomendación más importante es que los radios de curvatura de los dobleces del quemador deben ser lo más grande posible, si tomamos un punto de vista muy conservador, se recomienda que los radios de curvaturas sean 5 mm o más. Pero en este caso, se definen dichos radios en 2.5 mm debido a dos razones:

a) La geometría del quemador impide que se incremente el radio hasta 5 mm ó más, ya que esto implicaría reducir la parte plana disponible (5.9 mm) para las perforaciones; tener las perforaciones sobre una superficie curva da pie a que estas se deformen debido al estiramiento que sufrirá el material al momento de la embutición, alterando el área de salida y el funcionamiento del quemador.

b) La experiencia ha demostrado que nuestros procesos de esmaltado presentan la suficiente adherencia como para evitar fisuras en radios de 2.5 mm,

En la figura 3.11 se pueden observar los radios de curvatura a los que se hace referencia.

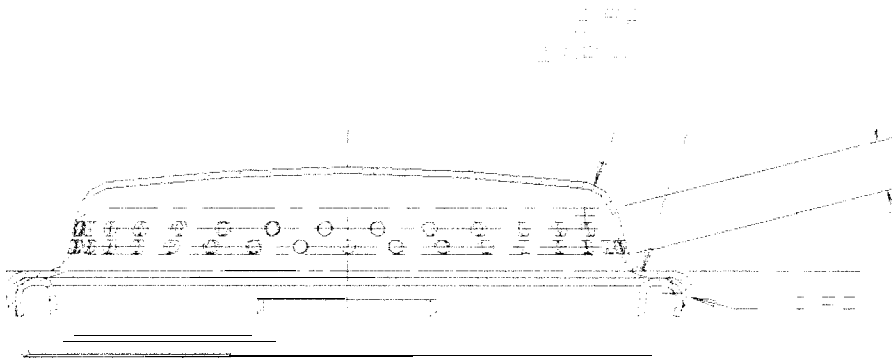


FIGURA 3.11.- RADIOS DE CURVATURA MODIFICADOS.

CAPITULO 4

4. PRUEBAS

Los siguientes dos secciones se tratan de pruebas normalizadas que se realizan a los quemadores de las cocinas de uso domestico: Prueba de combustión y Prueba de eficiencia. En la sección 4.3 se explican las pruebas que se hicieron para definir el proceso de porcelanizado de este quemador.

Las pruebas de combustión y eficiencia fueron hechas basadas en tres normas: La norma NOM 023, Norma Americana ANSI 221.2 y Norma Colombiana NTC 2832-1, (las partes de estas nornas, pertinentes a las pruebas aquí descritas se encuentran reproducidas en los anexos K hasta M)

4.1. Prueba de Combustión

Los quemadores de una cocina no deben producir monóxido de carbono libre al aire, en una concentración mayor de 0.08% (800 ppm), comprobándose de acuerdo con el siguiente método de prueba:

Equipo y Material requerido (ver anexos A, B, C,D y E):

- Línea de alimentación de gas GLP, comercial, reguladas a una presión de 11" de H₂O.
- Recipiente de 200 mm de diámetro interior, con una capacidad para 2 kg de agua, provisto de una tapa de cuello largo para salida de vapor de agua (ver figura 4.1)
- Dispositivo para coleccionar gases de combustión de los quemadores superiores y consta de campana coleccionadora y chimenea (ver figura 4 1)
- Analizador de CO y CO₂

Procedimiento

ta prueba a cada uno de los quemadores superiores consiste en que el utensilio de 200 mm de diámetro que contenga 2 kg de agua a temperatura ambiente deberá colocarse arriba y centrado del quemador de prueba. Para nuestro caso en particular se ha especificado que la masa del recipiente más et agua sea de 5.2 Kg.

Una campana provista para la salida del tubo del utensilio que saque los vapores de agua así como una salida para tomar las muestras de los gases de combustión debe colocarse encima del quemador de prueba.

La campana se colocará en el utensilio. Se pone entonces en funcionamiento el quemador con una presión de trabajo de 11" de H₂O, es decir, con la válvula en abertura total.

Después de 8 minutos de operación se coloca la tapa en la chimenea y 2 minutos más tarde (10 min. en total) se extraen las muestras de los gases para su análisis de CO y CO₂.

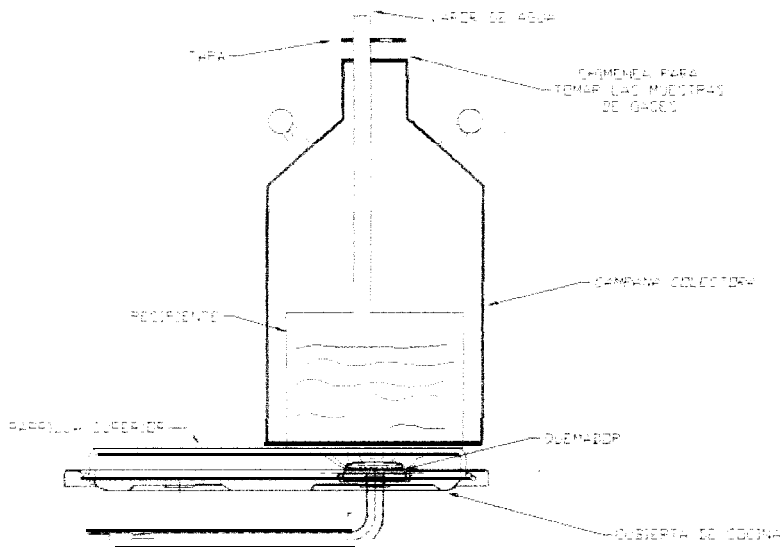


FIGURA 4.1.- MATERIAL UTILIZADO EN LA PRUEBA DE COMBUSTION

Cálculos :

Para obtener las partes por millón (ppm) de CO, corregido debido al aire contenido en la muestra, se utiliza la siguiente fórmula:

$$(ppmCO)_{La} = \frac{(\%CO_2)_{La} (ppmCO)_m}{(\%CO_2)_m} \quad (9)$$

donde:

$(ppmCO)_m$ = Lectura de las partes por millón de CO en el analizador de gases.

$(\%CO_2)_m$ = Lectura del porcentaje de CO_2 en el analizador de gases.

$(\%CO_2)_{La}$ = Porcentaje de CO_2 de la combustión libre de aire y equivale a 14% para gas GLP.



Se realizó la prueba con un inyector cuyo diámetro era de 0.5 mm (el mas aproximado a 0.53 mm) y con dos clases de parrillas para decidir cual se complementa con el quemador, ver figuras 4.2 y 4.3. Se obtuvieron los siguientes valores.

	$(\%CO_2)_m$	$(ppm\ CO)_m$	$(ppm\ CO)_{La}$
Quemador delantero derecho	2.3	120	730.43
Quemador delantero izquierdo	2.3	85	517.39
Quemador posterior izquierdo	2.2	80	509.09
Quemador posterior delantero	2.3	26	1 5 8 . 2 7

TABLA 6.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMBUSTIÓN PARA LA PARRILLA #1

	$(\%CO_2)_m$	$(ppm\ CO)_m$	$(ppm\ CO)_{La}$
Quemador delantero derecho	2.4	828	4830
Quemador delantero izquierdo	1.9	494	3640
Quemador posterior izquierdo	2.3	472	2873.04
Quemador posterior delantero	2.3	377	2294.8

TABLA 7.- RESULTADOS DE LA PRUEBA DE COMBUSTIÓN PARA LA PARRILLA #2

Como se puede apreciar en la tabla 3, los cuatro quemadores tienen valores inferiores a 800 ppm de CO por lo tanto están en conformidad con las normas técnicas antes citadas. No así las pruebas con la parrilla #2 en las que los niveles de CO son mayores a 800 ppm en los cuatro quemadores. Teniendo en cuenta que esta parrilla tiene menor distancia hasta las portas de salida del quemador, estos niveles de CO pueden atribuirse a la extinción de la flama debido a que esta es “enfriada” antes de completar la combustión, esto ocurre cuando el cono exterior de la flama (zona fría, en la que el gas no reacciona con el oxígeno) toma contacto con el recipiente, quitándole este último calor a la flama dejando parte del gas sin quemarse adecuadamente.

Se considera que la diferencia de 3 centésimas de milímetro en el diámetro experimental del inyector no tiene un impacto apreciable en las partes por millón de CO en las pruebas de combustión.

4.2. Prueba de Eficiencia

Esta prueba nos da como resultado el porcentaje de calor aprovechado para la cocción. Este porcentaje es la relación entre el calor entregado por el quemador y el calor absorbido por cierta cantidad de agua colocada sobre el mismo.

Esta prueba es requerida por las normas NOM 023 e INEM 259. Las diferencias en el método son pocas entre las normas, de manera general el procedimiento es el siguiente:

1. Se utiliza un recipiente de aluminio con dimensiones normalizadas, en especial, el diámetro de su base debe ser 22 mm. En este recipiente se vierten 3.7 kg de agua a temperatura ambiente, para luego ponerlo sobre el quemador funcionando a su consumo nominal durante 10 minutos. Esto se hace para alcanzar un estado estable en la transferencia de calor entre el quemador, la parrilla, el recipiente y el agua.
2. Luego de los 10 minutos se retira el recipiente de 22 mm y se coloca un segundo recipiente dimensionado basándose en la potencia nominal del quemador que va a probar (en

este caso se utiliza uno cuya base tenga un diámetro exterior de 14 a 15 mm) , este segundo recipiente debe tener cierta cantidad de agua a una temperatura entre 15 y 20 °C. Se lo deja calentar hasta una temperatura máxima de 90 °C luego de lo cual se apaga el quemador y se anota el consumo de gas,

Fotografías del equipo utilizado en esta prueba pueden observarse en los anexos E, F, G H, I y J.

La eficiencia se calcula mediante la expresión:

$$R = m_a \times C_p \times \frac{(t_2 - t_1)}{V \times PC} \times 100 \quad (10)$$

En donde:

R = Eficiencia en %

m_a = masa de agua introducida en el recipiente, en kg

$C_p = 4.186 \times 10^{-3}$ MJ / kg °C (Capacidad calorífica del agua).

t_1 = temperatura inicial del agua en $^{\circ}\text{C}$

t_2 = temperatura máxima del agua después de la extinción, en $^{\circ}\text{C}$

V = volumen de gas consumido, en m^3 .

PC = poder calorífico del gas en MJ/m^3 .

El volumen se lo obtiene mediante un medidor de consumo de gas, el cual da el volumen en ft^3 pero debe multiplicarse por un factor de corrección que tome en cuenta: La temperatura del gas, y la presión atmosférica corregida a las condiciones locales (temperatura y variaciones de la gravedad). El procedimiento utilizado en la empresa es el utilizado por la Roper Corporation (planta de General Electric) el cual es un documento de libre distribución, y es el siguiente:

1. Obtener la presión barométrica corregida por temperatura

$$P_{\text{cor } t} \text{ (in Hg)}$$

$$P_{\text{cor } t} = P_{\text{atm}} + C_t \quad (11)$$

En donde :

P_{atm} = presión atmosférica en in Hg (lectura del barómetro).

C_t = factor de corrección por temperatura

$$C_t = P_{atm} \left[\frac{1 - L(T_{atm} - 62)}{1 + M(T_{atm} - 32)} - 1 \right] \quad (12)$$

siendo $L = 0.0000102 \text{ in} / \text{in}^\circ\text{F}$ y $M = 0.0001010 \text{ in}^3 / \text{in}^3 \text{ }^\circ\text{F}$ cuando T_{atm} es en $^\circ\text{F}$.

2. Obtener la presión corregida por temperatura y gravedad (in

Hgj:

$$P_{cor} = P_{cor.t} + C_g \quad (13)$$

en donde :

$$C_g = P_{cor.t} \left\{ \frac{980.616}{980.665} \left[1 - 0.0026373 \cos(2\phi) + 0.0000059 \cos^2(2\phi) - 1 \right] \right\} \quad (14)$$

ϕ representa la latitud en grados de la ubicación geográfica en la que se realiza la prueba. Para Guayaquil esta tiene un valor de 2.2° .

3. Obtener la presión total P_{tot} sumando la presión de trabajo del gas más la presión atmosférica corregida:

$$P_{tot} = P_{cor} + h(0.07355) \quad (15)$$

Donde

P_{tot} = presión total (in Hg)

h = presión de trabajo del gas en in H_2O .

4. Medir la temperatura del gas (T_{gas} en $^\circ F$) y obtener el poder calorífico del gas en el calorímetro (Btu / ft^3).
5. Calcular la presión de vapor de agua mediante la siguiente ecuación:

$$P_{v.tg} = (0.03937)10^{\left[\frac{8.10765}{T_{gas} - 459.67} \left(\frac{1750.286}{9 - 273.15} - 235 \right) \right]} \quad (16)$$

en la que T_{gas} = temperatura del gas en °F

6. Finalmente se calcula el factor de corrección de volumen del gas

$$C = \left(\frac{519.67}{T_{gas} - 459.67} \right) \left(\frac{P_{tot} - P_{v.tg}}{29.4782} \right) \quad (17)$$

este factor se debe multiplicar al valor obtenido por el medidor de volumen

Esta prueba se realiza en los cuatro quemadores superiores y utilizando dos clases de parrillas (2 alturas efectivas desde el quemador a la superficie de cocción, ver figuras 4.2 y 4.3) estas dos parrillas son parte de las piezas de producción normal de la planta.

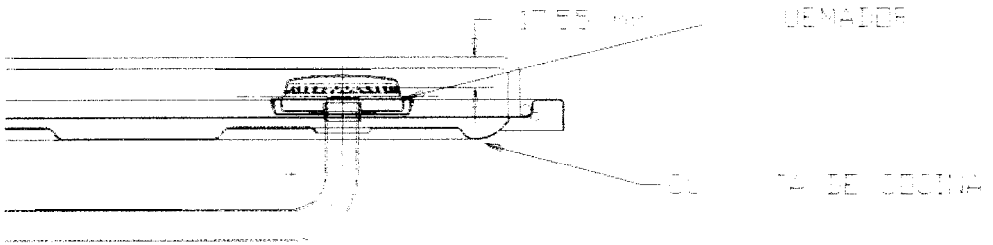


FIGURA 4.2 .- ALTURA DE PARRILLA #1

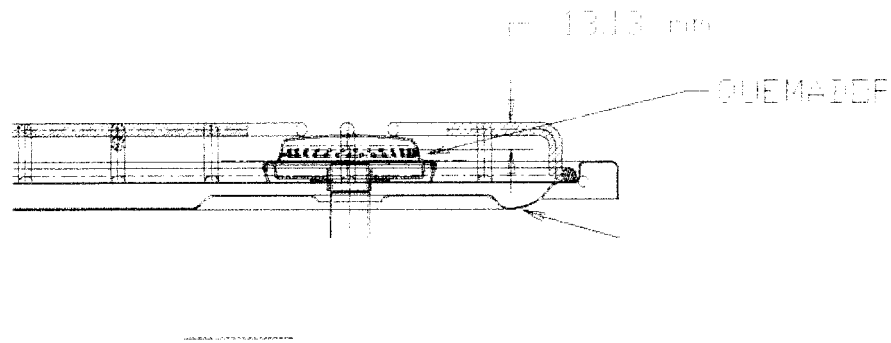


FIGURA 4.3.- ALTURA DE PARRILLA #2

A continuación se presentan los resultados obtenidos para ambas alturas de parrillas:

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EFICIENCIA PARA PARRILLA #1

DATOS:

 $m_a = 3.7 \text{ kg}$ Poder calorífico del gas = 2440 Btu / ft^3 $P_{\text{atm}} = 67 \text{ cm Hg}$ $T_{\text{gas}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

UBICACIÓN DEL QUEMADOR	Temperatura inicial del agua ($^\circ\text{C}$)	Temperatura final del agua ($^\circ\text{C}$)	Volumen de gas consumido (ft^3)	EFICIENCIA %
Delantero izquierdo	17	68.2	0.5	73.88
Delantero derecho	18	75	0.6	68.54
Posterior izquierdo	16	77	0.7	62.87
Posterior derecho	19	81	0.65	6%82

TABLA 8.- DATOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EFICIENCIA CON LA PARRILLA #1.

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EFICIENCIA PARA PARRILLA #2

DATOS:

 $m_a = 1.4 \text{ kg}$ Poder calorífico del gas = $2550 \text{ Btu} / \text{ft}^3$ $P_{atm} = 66.5 \text{ cm Hg}$ $T_{gas} = 27 \text{ }^\circ\text{C}$

UBICACIÓN DEL QUEMADOR	Temperatura inicial del agua ($^\circ\text{C}$)	Temperatura final del agua ($^\circ\text{C}$)	Volumen de gas consumido (ft^3)	EFICIENCIA %
Delantero izquierdo	17.4	90	0.31	60.53
Delantero derecho	20	90	0.286	63.26
Posterior izquierdo	20	88	0.312	56.33
Posterior derecho	19	90	0.286	50.29

**TABLA 9.- DATOS Y RESULTADOS DE LA PRUEBA DE EFICIENCIA
CON LA PARRILLA #2.**

Las normas dicen que la eficiencia mínima requerida para quemadores superiores es de 48%, se concluye por lo tanto que el quemador puede ser utilizado con ambas parrillas.

4.2.1. DETERMINACION DE ALTURA QUEMADOR -- RECIPIENTE (AIRE SECUNDARIO).

Una vez que se tienen los resultados de las pruebas de combustión y eficiencia se está en capacidad de decidir que parrilla se debe utilizar para este quemador, es decir, que altura quemador-recipiente es la que se requiere.

De las pruebas de Eficiencia se sabe que ambas parrillas, la #1 y la #2 cumplen con lo que las normas INEM 2 259 y NOM 023 exigen pero en las pruebas de Combustión el uso de la parrilla #2, con una altura de 13.13 mm, da como resultados valores sobre las 800 ppm de CO, debido a esto se selecciona a la parrilla #1 con una altura de 17.55 mm como la adecuada para este quemador.

4.3. PRUEBAS EN EL HORNO DE PORCELANIZADO

Otra parte importante del proceso de producción de este quemador es el porcelanizado (esmaltado) a que se lo somete para protegerlo del calor y la consecuente corrosión del mismo.

El porcelanizado consiste en recubrir piezas metálicas con fritas. Con el objeto de obtener una distribución uniforme y fácilmente controlable se deberá moler la frita y hacer una suspensión con ella, utilizando el agua como vehículo.

Una formula típica de molienda de fundente para chapa tiene los siguientes componentes:

COMPONENTE	PARTES (ADIMENSIONAL)
FRITA A	60.0
FRITA B	30.0
FRITA C	10.0
CUARZO	7.0
ARCILLA QE	3.5
ARCILLA BD	3.5
BENTONITA	0.125
BORAX	0.75
NITRITO DE SODIO	0.125
AGUA	45.0
TOTAL	160

**TABLA 10.- COMPONENTES DE UNA MOLIENDA TIPICA
PARA PORCELANIZADO**

Químicamente hablando, las fritas pueden considerarse fluo-boro alúmino silicatos de numerosos elementos básicos, y si fuese posible su clasificación química mineralógica su agrupación dependería del tipo de sílice contenido.

Debido a las condiciones de adherencia, intervalo de cocción, fusibilidad, etc, es necesario recurrir en el caso de los fundentes para que tales propiedades sean fácilmente logradas, a mezclas adecuadas con fritas de propiedades definidas.

En el ejemplo citado la frita A es el término duro de alta adherencia mientras que la B es intermedio y C el blando. El cuarzo es un material refractario que añadido en proporciones adecuadas aumenta el intervalo de cocción.

En cuanto a las arcillas, se pueden mencionar las siguientes propiedades: Su acción de agente de suspensión permite mantener en dicho estado a las partículas de esmalte molido. Actúa como agente de retención luego de ser aplicado el esmalte en las piezas y secado. Influyen en la temperatura de fusión del esmalte, al aumentarse el contenido de arcilla aumenta la temperatura de cocción. Modifican la resistencia a

los ácidos y tienen efecto sobre el color, opacidad y brillo del esmalte cocinado.

La bentonita es un tipo de **arcilla** altamente coloidal debido al extremado grado de división de sus **partículas**, no responde a una composición química definida y a menudo se encuentra impurificada. Provee a la capa de esmalte seco de una película de alta resistencia mecánica.

El bórax o tetraborato de sodio hidratado, debido a su solubilidad y el proceso de hidrólisis que tiene lugar, afecta a la suspensión, aumentando la misma. Así mismo el nitrito de sodio tiene efectos sobre la suspensión de los esmaltes, además por sus condiciones de reductor, evita la oxidación del fundente seco sin cocinar.

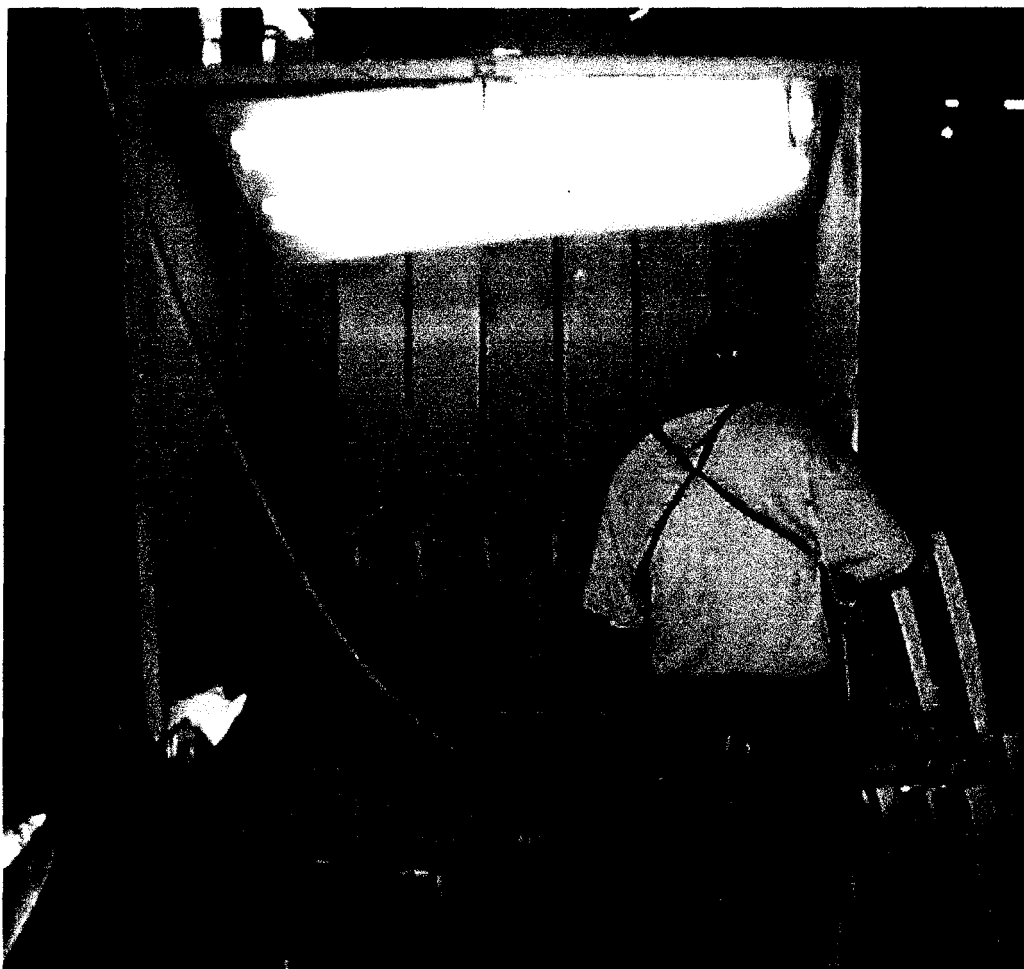
4.3.1. Tipo de Aplicación: Inmersión vs Sopleteado

El esmalte puede ser aplicado por baño sobre la pieza a esmaltar o bien puede sopletearse sobre la misma. El proceso de aplicación por inmersión consiste en sumergir

la pieza en la colada de fritas, esta toma poco tiempo pero el espesor de capa no es constante en toda la superficie de la pieza y pueden ocurrir grumos debido a la acumulación del esmalte en ciertas zonas. En este caso se descarta este tipo de aplicación debido a que se produce obstrucción de los agujeros de las portas debido a la acumulación de esmalte.

La segunda opción es la aplicación por aspersión la cual consiste en atomizar, con la ayuda de aire comprimido, la colada logrando de esta manera obtener capas de esmalte muy delgadas de entre 5 y 6 mills (0.127 y 0.152 mm) evitando de esta forma la acumulación de esmalte en las portas o en otras zonas lo que podría ocasionar desportillamiento. El inconveniente de este tipo de aplicación es que se incrementan los tiempos de aplicación y se requiere dispositivos, como se verá mas adelante, para facilitar el trabajo al operador.

En la figura 4.4 se puede observar la cabina que se utiliza para este tipo de aplicación.



**FIGURA 4.4.- CABINA DE APLICACIÓN DE ESMALTE POR
SOPLETEADO**

Se utiliza una pistola de aplicación y la alimentación de la colada se hace por gravedad como se muestra en la figura 4.5. La presión del aire utilizado, en términos generales entre 60 y 80 Psi. Debido a las ventajas que

supone este método sobre el de inmersión, sobre todo en el aspecto final de la pieza, se lo selecciona para el esmaltado del quemador.



FIGURA 4.5.- ALIMENTACIÓN DE LA COLADA HACIA LA CABINA DE APLICACIÓN.

El proceso de aplicación consiste de dos pasos básicos:

Primero se aplica en la base del quemador, el operador sostiene la pieza de su parte superior y sopletea la base.

Segundo, se coloca el quemador sobre el dispositivo de aplicación para cubrir la parte superior del quemador. Este dispositivo consta básicamente de múltiples tubos de acero galvanizado de diámetro $\frac{3}{4}$ " (19.1 mm) en los que se encaja el quemador. Este dispositivo tiene una base giratoria para una aplicación más efectiva, estos detalles se pueden apreciar en las figuras 4.6 y 4.7.



FIGURA 4.6.- APLICACIÓN EN LA BASE DEL QUEMADOR.

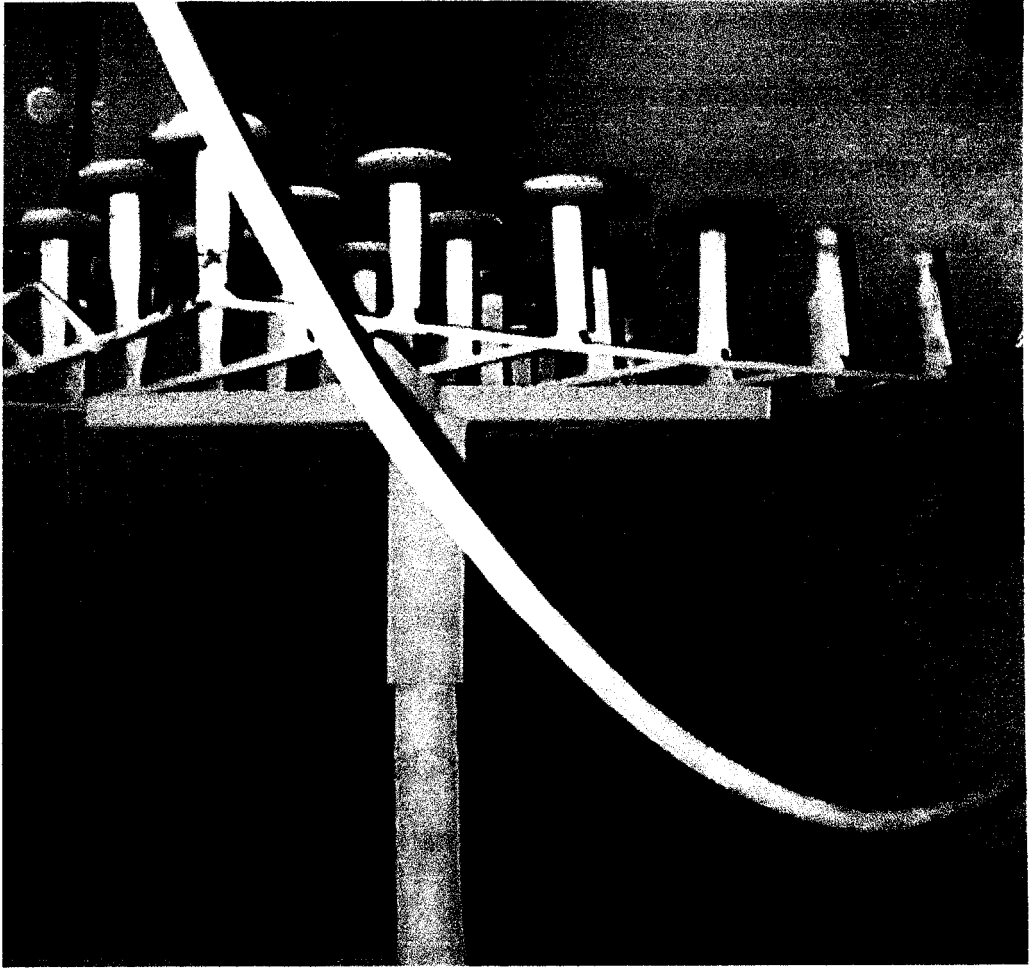


FIGURA 4.7.- DISPOSITIVO DE APLICACIÓN CON BASE GIRATORIA.

4.3.2. .- Velocidad de Cadena y Temperatura del Horno.

Las velocidades de cadena para todas las piezas a esmaltarse varían entre 13 y 18 segundos / metro y la temperatura del horno entre 800 y 840 °C. Estos valores de velocidades de cadena y temperatura de horno son

unificados para mejorar la productividad del horno de cocción ya que modificar cualesquiera de los valores de velocidad de cadena o temperatura podrían beneficiar al proceso de esmaltado de una pieza pero podría no ser conveniente para una segunda pieza, esto limitaría el uso del horno a una sola clase de pieza con la posibilidad de convertirse en un cuello de botella en el proceso.

Ya que las condiciones de quemado no varían, es el material del que están hechas las fritas lo que cambia entre cada pieza y la carga o cantidad de las mismas que se ingresan al horno.

4.3.3. Dispositivos de Colgado.

Los dispositivos de colgado tienen un papel preponderante en el proceso de porcelanizado y pueden prevenir:

- 1) Deformación de las piezas.

2) Contaminación.

3) Mal aprovechamiento del horno.

Los aceros inoxidable que proporcionan mayor duración y no se escaman están compuestos de níquel y cromo; el acero que se usa para dispositivos de colgado es el AWS A5.4 Clase E310, con una resistencia a la temperatura de entre 1000 a 1200 °C y su composición química es la siguiente:

Elemento	Porcentaje
C	0.04 max
Cr	25.0 – 28.8
Ni	20.0 – 22.5
Mn	1.0 – 2.
Si	0.75
P	0.03 max
S	0.03 max
Mo	0.75 max
Cu	0.75 max

Tabla 11.- Composición química del Aceros AWS A5.4 ciase E310

Estos dispositivos no deben ser muy pesados, de lo contrario se apoderan de mucha energía del horno

(calor), ni muy livianas pues se deforman, deformando a su vez las piezas que tiene por misión sostener.

Otra condición es que el dispositivo debe tener un área de contacto mínima con la pieza ya que podría marcar la pieza que soporta o enfriar demasiado el punto de contacto.

Teniendo en cuenta estas condiciones y luego de varias pruebas, se llega al diseño de dispositivo que se muestra en la figura 4.8.

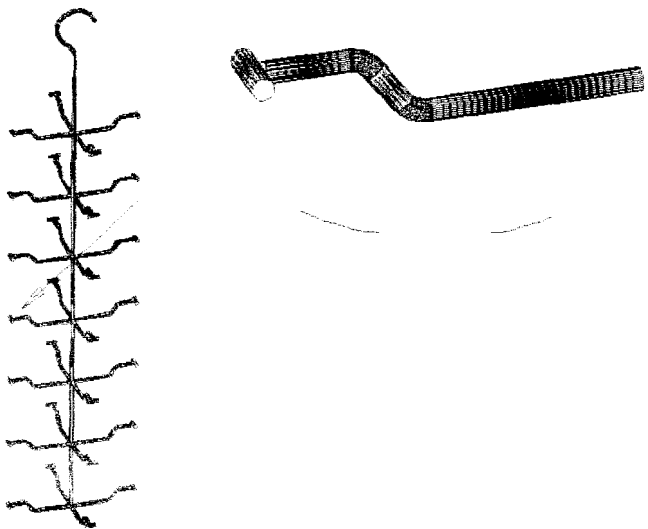


FIGURA 4.8.- DISPOSITIVO DE COLGADO

Este dispositivo tiene capacidad para 28 quemadores y está construido con alambre de diámetro 5.0 mm en acero inoxidable al Cr-Ni. Presenta ramificaciones y cada ramal es en forma de "T" para evitar que la pieza resbale durante su cocción, el dispositivo real se puede observar en la figura 4.9 durante el proceso de porcelanizado.



FIGURA 4.9.- DISPOSITIVO DE COLGADO CON SU CARGA DE QUEMADORES, EN LA CADENA DEL HORNO.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

1. Al nacionalizar la manufactura de este quemador se obtuvo un ahorro de un 15% (porcentaje promedio para piezas compradas en el exterior) respecto al costo final debido a que se eliminaron los costos de transporte y pago de impuestos y aranceles en las aduanas.
2. Se incrementó la productividad de estos modelos de cocinas de 2.500 cocinas al mes fabricadas con el quemador importado a 15.000 cocinas mensuales fabricadas actualmente con el quemador nacionalizado.
3. La modificación en la forma de la cabeza del quemador permitió que este cumpla con los parámetros establecidos por las normas técnicas, es decir, combustión ($CO < 800$ ppmf) y eficiencia (mayor a 48%). Para que

el quemador cumpla con los valores de combustión debe utilizarse la parrilla # 1

4. La distancia entre portas debe ser siempre mayor a 2 mm y menor a 5 mm

RECOMENDACIONES

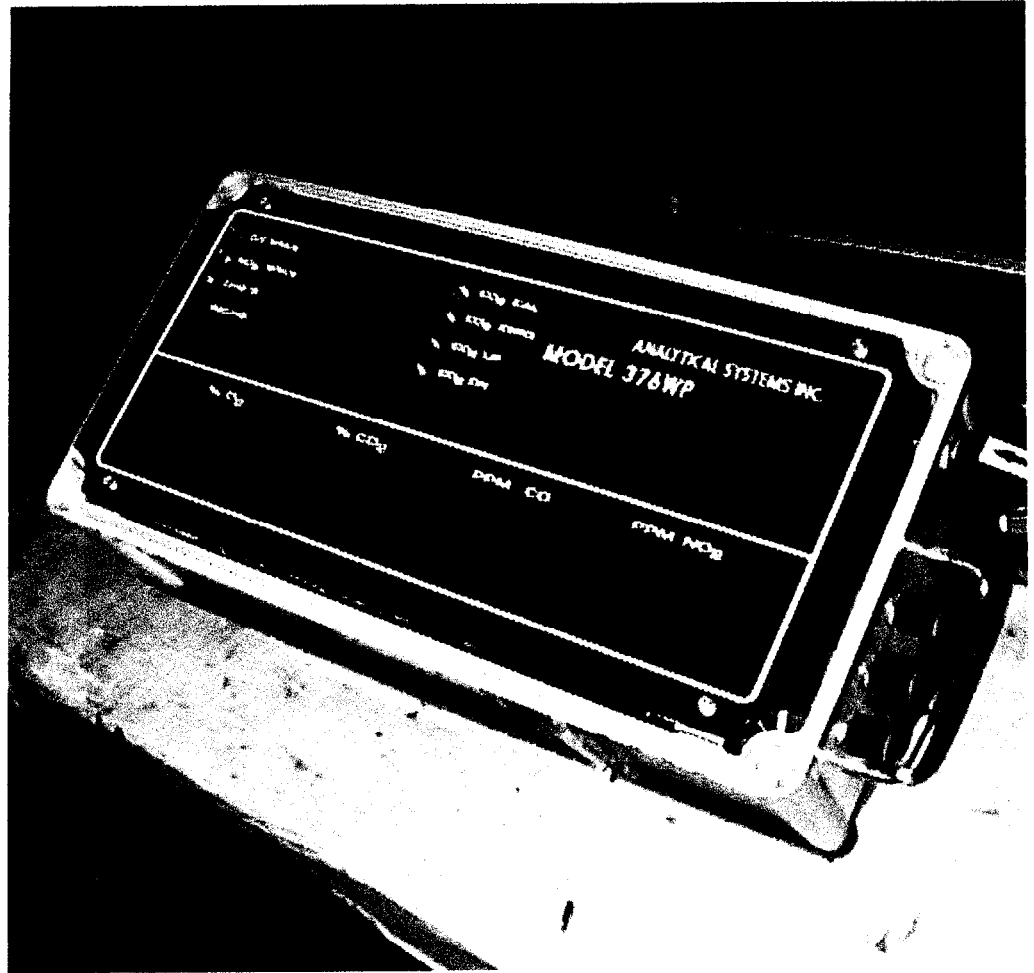
1. Se recomienda utilizar un inyector mayor o igual al obtenido teóricamente (C.53 mm). La mayoría de los proveedores de estas piezas venden sus productos en medidas definidas de antemano, deberá entonces seleccionar el diámetro de esprea inmediato superior al teórico.
2. Se recomienda además modificar la distancia real entre la esprea y la garganta del venturi a la medida teórica determinada en esta tesis, ya sea modificando el cuerpo de la válvula o el estampado del tubo quemador, de esta forma se mejorará la calidad de la combustión reduciendo las partes por millón de CO y la posibilidad de aparición de puntas amarillas en la llama del quemador.
3. Finalmente se recomienda que, para el desarrollo de nuevas piezas o las ya existentes; y que se importan desde el exterior, se considere siempre la opción de la nacionalización. Puesto que, como se ha demostrado en esta tesis, esto favorece a la productividad de la planta, genera ahorros económicos en el producto y puede beneficiar a terceras empresas al convertirse en proveedores locales de tales piezas.

ANEXOS



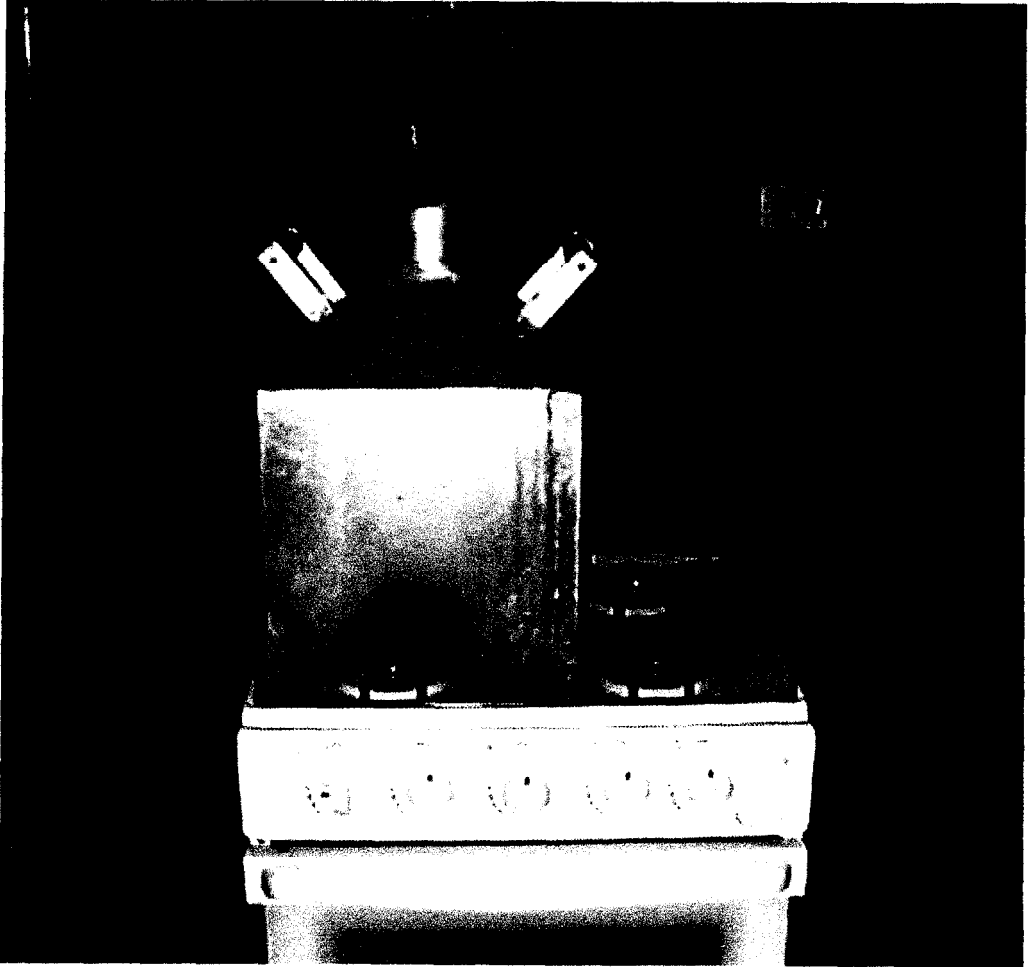
ANEXO A

ANALIZADOR DE GASES UTILIZADO EN PRUEBA DE COMBUSTION



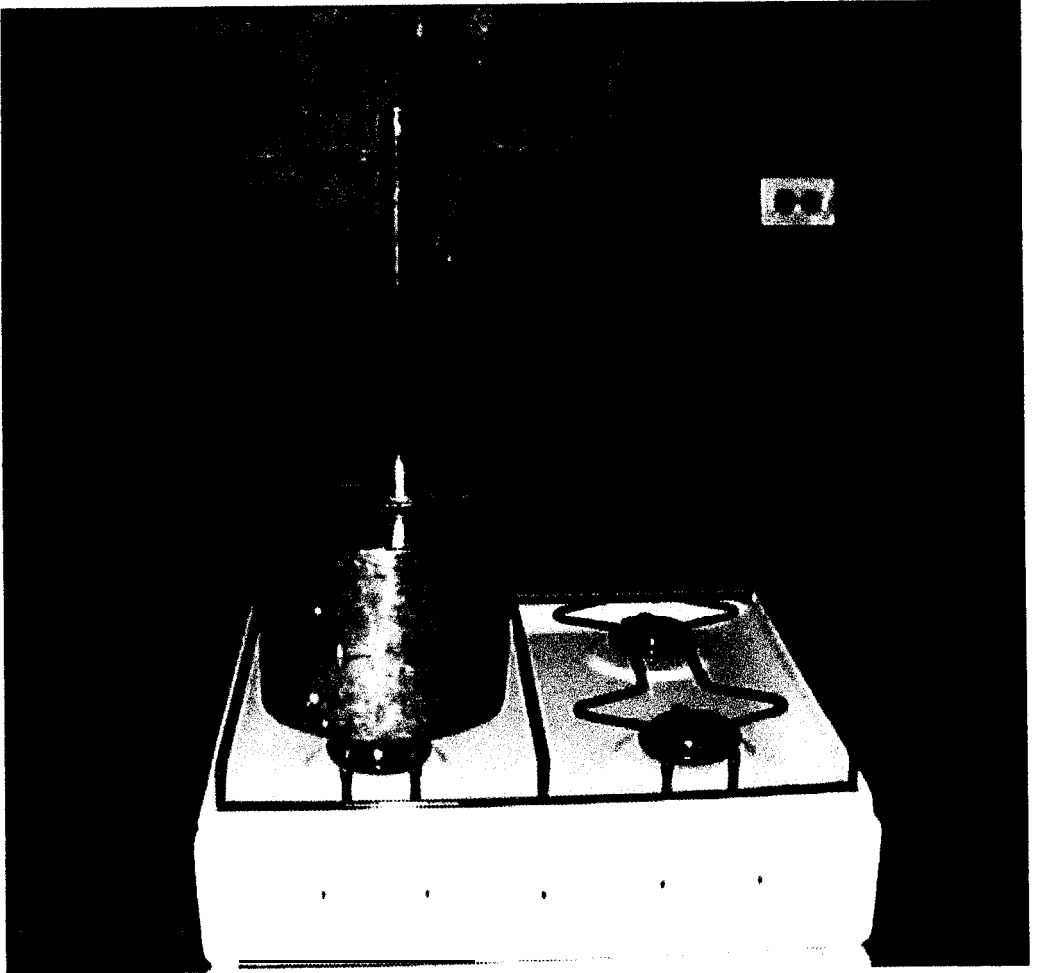
ANEXO B

CAMPANA UTILIZADA PARA TOMA DE MUESTRAS EN LA PRUEBA DE COMBUSTION



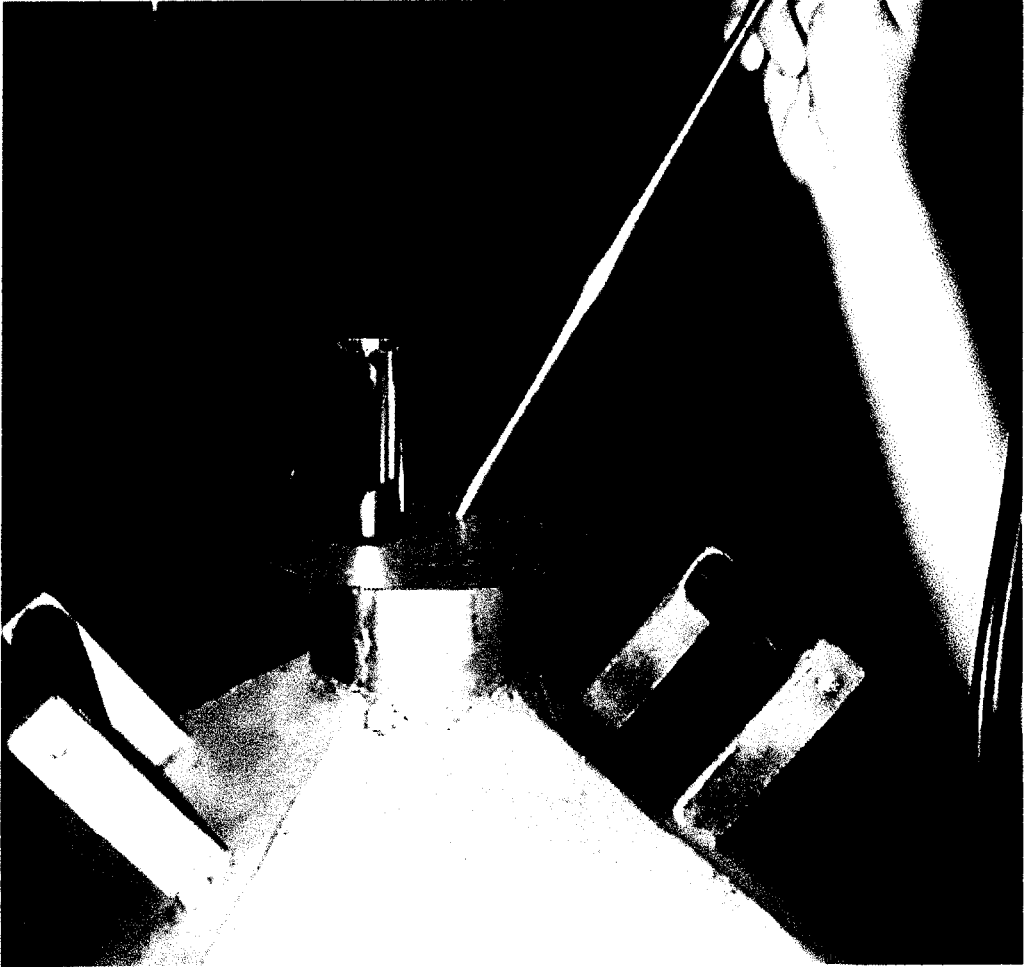
ANEXO C

RECIPIENTE UTILIZADO EN PRUEBA DE COMBUSTION



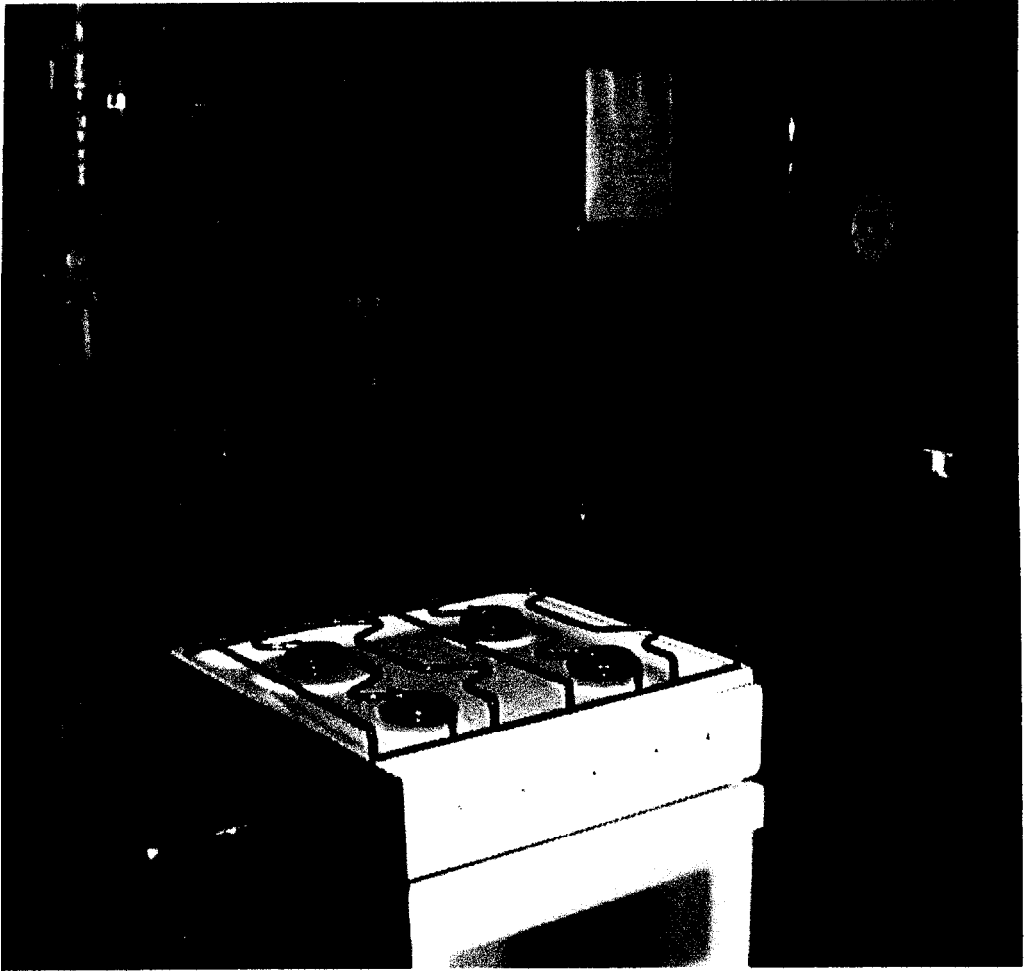
ANEXO D

DETALLE DE LA TOMA DE MUESTRAS EN LA PRUEBA DE COMBUSTION.



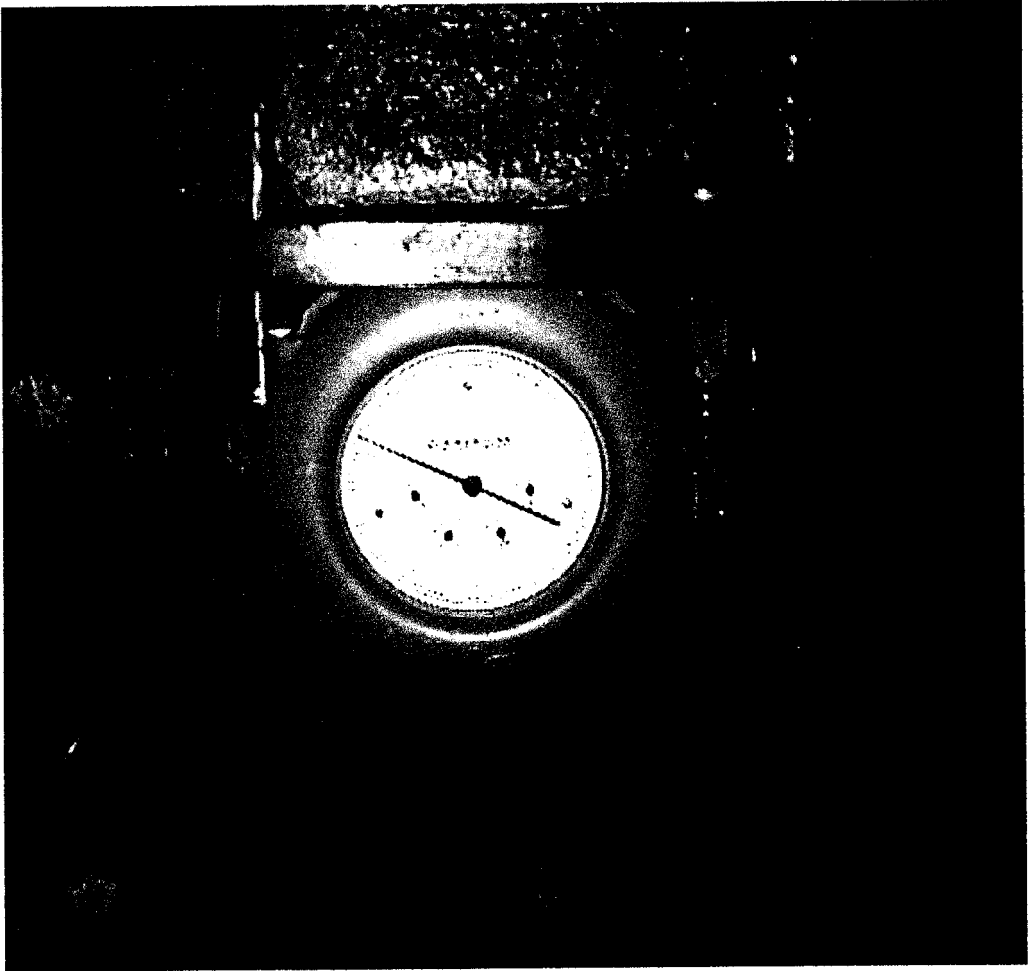
ANEXO E

CONEXIÓN EN SERIE DEL MEDIDOR DE VOLUMEN Y LA COCINA A PRUEBA,
(PRUEBA DE EFICIENCIA)



ANEXO F

MEDIDOR DE VOLUMEN PARA PRUEBA DE EFICIENCIA (0.1 FT³ / REV)



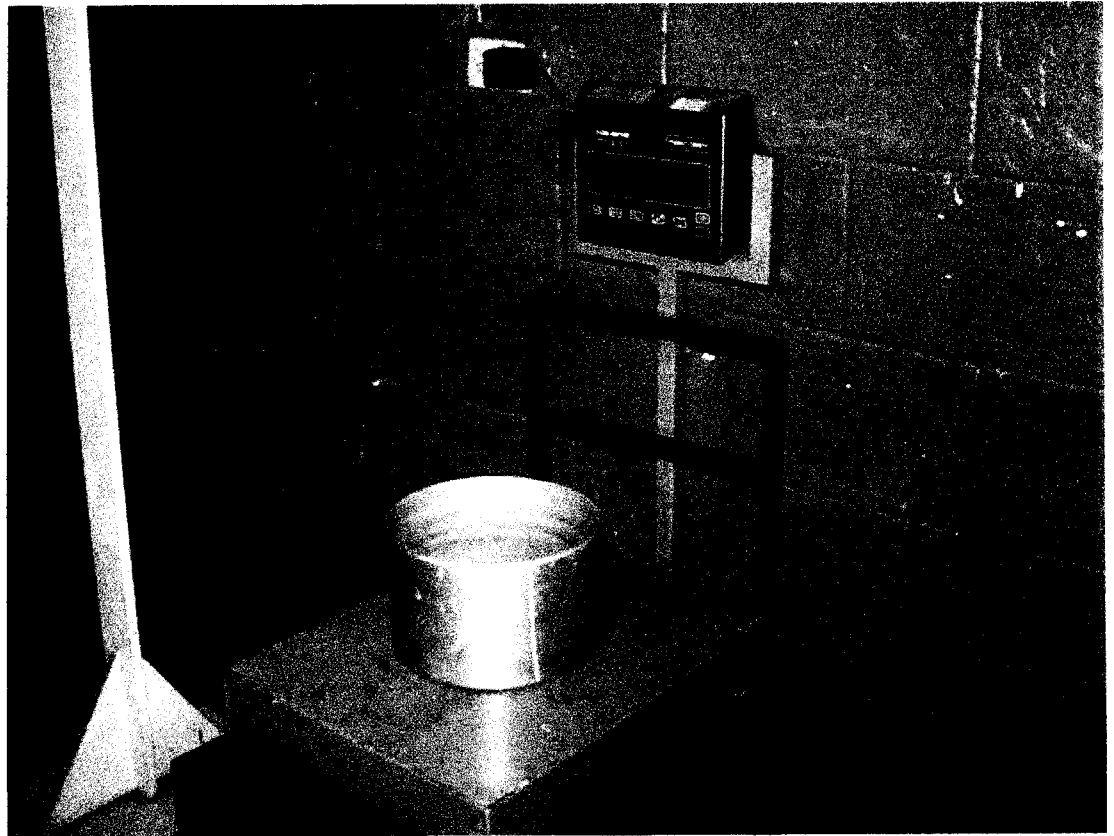
ANEXO G

RECIPIENTES NORMALIZADOS UTILIZADOS EN LA PRUEBA DE EFICIENCIA



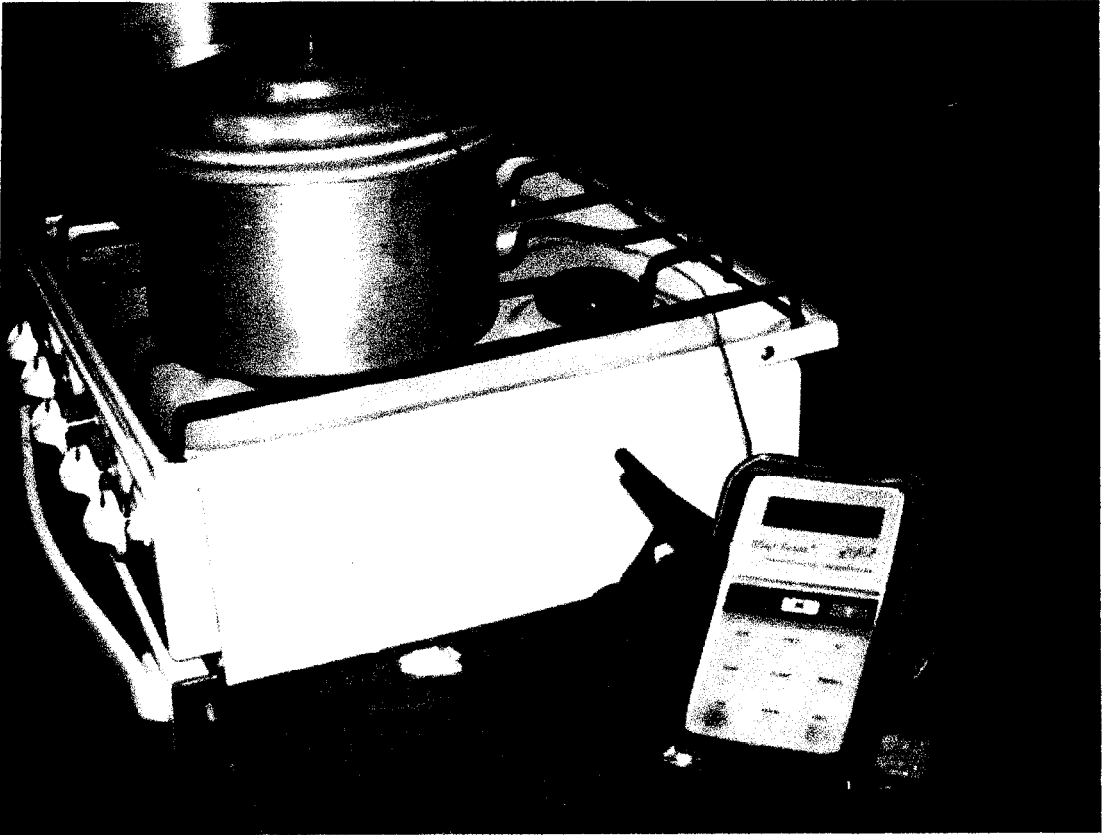
ANEXO H

BALANZA DIGITAL PARA PRUEBA DE EFICIENCIA



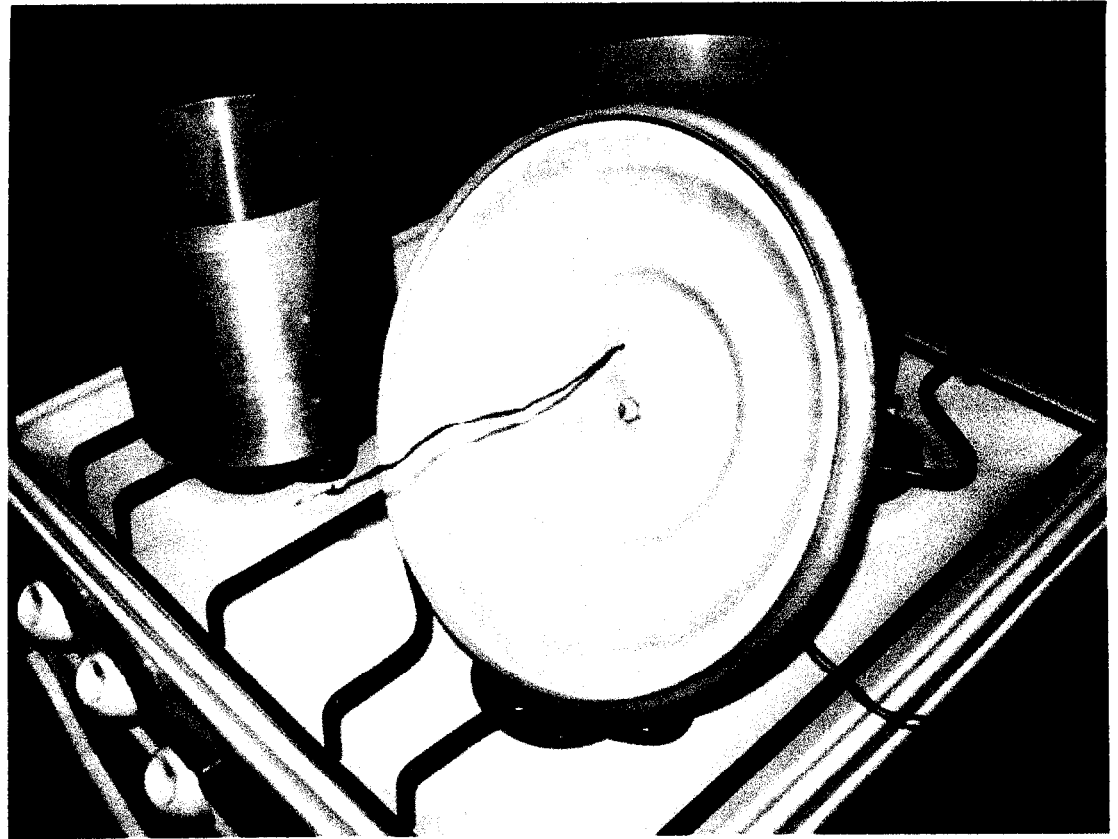
ANEXO I

TERMOCUPLA TIPO T UTILIZADA EN PRUEBA DE EFICIENCIA



ANEXO J

TAPA PERFORADA UTILIZADA EN PRUEBA DE EFICIENCIA



ANEXO K (PARTE I)

NORMA NTE INEN 2 259: 2000 (COMBUSTION)



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 259:2000

ARTEFACTOS DE USO DOMESTICO PARA COCINAR, QUE
UTILIZAN COMBUSTIBLES GASEOSOS. REQUISITOS E
INSPECCIÓN.

Primera Edición

HOUSEHOLD COOKING APPLIANCES BURNING GAS. REQUIREMENTS AND INSPECTION

First Edition

DESCRIPTORES: Artefactos a gas, artefactos de uso domestico, artefactos de coccion, cocina, cocina tipo cooktop, *taquillas de laboracion, ensayos de conformidad, rotulado, instrucciones de uso*

MC 05 04 417
CDD 643.334.083 955 002 70
CIB 3829
ICS 97 040 70

ANEXO K (PARTE II)

NORMANTE INEN 2 269: 2000 (COMBUSTION)

NTE INEN 2 269

2000 07

- d.2) En estas condiciones de instalación, y después de haber ubicado sobre los quemadores un recipiente correspondiente a aquel utilizado en el ensayo del numeral 9.3.6.3, lleno de agua en las mismas condiciones, verificar al encendido correcto de los quemadores cuando son alimentados, primero con el gas de referencia a las presiones mínima y máxima y luego con los gases límites correspondientes a la categoría del artefacto, a la presión nominal.
- d.3) Para cada una de estas condiciones de alimentación, efectuar los ensayos con los quemadores funcionando separadamente y simultáneamente.
- d.4) Cuando existen dispositivos de encendido automático, el encendido de los quemadores debe ser realizado por medio de ellos.
- d.5) Además, si el horno y el asador del horno pueden ser utilizados al mismo tiempo y si ello puede afectar el funcionamiento de los quemadores de cubierta, efectuar los ensayos descritos en los literales d.1) al d.4) anteriores haciendo funcionar simultáneamente el horno y el asador del horno en la posición de consumo máximo, primero después de tres minutos de funcionamiento y luego después de 30 minutos de funcionamiento.
- d.6) Si el asador del horno no puede ser utilizado al mismo tiempo que el horno, hacer los ensayos descritos en los literales d.1) al d.4) anteriores después de hacer funcionar el asador en la posición de consumo máximo, primero después de tres minutos de funcionamiento y luego después de 30 minutos de funcionamiento.

9.3.6.2 Combustión

a) Condiciones de alimentación. Instalar el artefacto en las condiciones definidas en el numeral 9.3.6.1, literal a) con cada uno de los quemadores previamente regulado en las condiciones indicadas en el numeral 9.1.4; inmovilizar los elementos de regulación en las posiciones determinadas precedentemente. Efectuar, seguidamente, cuatro ensayos.

a.1) Ensayo N° 1

- a.1.1) Para los artefactos no provistos de un dispositivo de regulación de consumo de gas o de un regulador de presión o para los artefactos provistos de estos dispositivos en que su función es anulada, la presión de ensayo debe ser la presión máxima aplicada en el numeral 9.1.3, para los gases de ensayo utilizados correspondientes a la categoría del artefacto.
- a.1.2) Para los artefactos provistos de elementos de regulación de consumo de gas y que no poseen regulador de presión, hacer el ensayo regulando el quemador de manera de obtener un consumo igual a 1,10 veces el consumo nominal.
- a.1.3) Para los artefactos provistos de un regulador de presión, hacer el ensayo elevando el consumo del quemador a un valor igual a 1,075 veces el consumo nominal.

a.2) Ensayo N° 2

- a.2.1) Utilizar el gas límite sin modificar las regulaciones y las presiones utilizadas para el gas de referencia correspondiente al ensayo N° 1.

a.3) Ensayo N° 3

- a.3.1) Hacer funcionar simultáneamente el quemador del horno o del asador, después de haber sido previamente regulados a su consumo nominal y a la presión nominal, con los quemadores de cubierta regulados como en el ensayo N° 1.
- a.3.2) Si existe termostato, éste debe estar en su posición máxima.

(Continúa)

ANEXO K (PARTE III)

NORMA NTE INEN 2 259: 2000 (COMBUSTION)

NTE INEN 2 259

2000.09

TABLA 8. Verificación de la combustión

Número de ensayo	Queimadores en funcionamiento	Gas de ensayo utilizado	Posición de elementos de comando
1	Función individual de cada quemador	Gas de referencia	Consumo máximo
2	Función individual de cada quemador	Gas límite combustión incompleta	Consumo máximo
3	Función simultánea de quemadores de cubierta y horno y/o asador (si es posible)	Gas de referencia	Consumo máximo

b) Muestreo de los productos de la combustión

b.1) Para los ensayos Nos. 1 y 2

- b.1.1) Efectuar sucesivamente el muestreo de los productos de la combustión en cada uno de los quemadores. El quemador examinado se cubre con el recipiente de 22 cm de diámetro definido en el numeral 9.3.6.3, literal a), conteniendo 3,7 kg de agua. El recipiente se cubre con el dispositivo indicado en la figura 13.
- b.1.2) Realizar el muestreo de los productos de la combustión por aspiración de parte de dichos gases en la zona superior del dispositivo, cuando está en ebullición el agua contenida en el recipiente. El diafragma mostrado en la figura 13, sólo se coloca en la parte superior, si el contenido de CO₂ en los productos de la combustión es inferior al 2%.

b.2) Para el ensayo N° 3

- b.2.1) Colocar en los quemadores de cubierta recipientes de 22 cm de diámetro, que contengan cada uno 3,7 kg de agua. Si esta disposición no es posible, elegir un recipiente para cada uno de los quemadores, de manera que quede aproximadamente un cm de distancia libre entre la pared lateral de un recipiente y la de su vecino o la del dispositivo de muestreo.
- b.2.2) Cubrir el artefacto con un dispositivo de acuerdo con la figura 14, elegido según la forma de la cubierta. Dicho dispositivo debe solaparse a la cubierta por lo menos en cuatro cm y como máximo en 10 cm y estar situado de manera que su base esté a 2 cm por encima del nivel de las parrillas de los quemadores. Este dispositivo debe recoger todos los productos de la combustión (comprendidos los del horno o asador en funcionamiento), pero no debe modificar su trayectoria, por lo menos en la zona susceptible de ejercer influencia sobre la calidad de la combustión.
- b.2.3) Si el contenido de CO₂ en los productos de la combustión es inferior al 2%, colocar un diafragma en la parte superior del dispositivo de la figura 14, con el fin de pasar dicho contenido a un valor ligeramente superior al 2%.
- b.2.4) Efectuar el muestreo cuando el agua contenida en todos los recipientes se encuentre en ebullición.

c) Análisis de los productos de la combustión

- c.1) Para todos los ensayos, determinar la proporción de monóxido de carbono mediante un método que permita detectar con exactitud una concentración igual a 0,005% en volumen.

(Continúa)

ANEXO K (PARTE IV)

NORNANTE INEN 2 259: 2000 (EFICIENCIA)



NIT INEN 2 259

2000 07

c.2) El contenido de CO referido a los productos de la combustión exentos de aire y de vapor de agua (combustión neutra) viene dado por la fórmula:

$$\% (CO)_N = \% (CO_2)_N \times \frac{(CO)_{1M}}{(CO_2)_{1M}} \quad (8)$$

En donde:

- % $(CO)_N$ - porcentaje de CO referido a los productos de combustión privados de aire y vapor de agua;
- % $(CO_2)_N$ - porcentaje de CO₂ calculado para los productos de la combustión del gas considerado, exentos de aire y de vapor de agua;
- $(CO)_{1M}$ y $(CO_2)_{1M}$ - concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de carbono medidas en las muestras tomadas durante el ensayo de combustión, expresadas en las mismas unidades.

c.3) En la tabla 9 se indican los valores en porcentaje del $(CO_2)_{1M}$ (producto de la combustión neutra), para los gases comerciales.

TABLA 9. Porcentaje de CO₂ (por volumen) en los productos de combustión neutra con gases comerciales

Denominación del gas	G30	G31
$(CO_2)_{1M}$ %	14,0	13,7

Donde: G30 - Butano, G31 - Propano
 Datos estimados, sujetos a verificación (ver nota B).

c.4) Determinar la proporción de dióxido de carbono, CO₂, mediante un método que permita efectuar la medida con un error relativo inferior al 5%. Se recomienda el empleo de analizadores por absorción en el infrarrojo.

c.5) También se permite el uso de otros sistemas que entreguen resultados equivalentes a los del método de ensayo antes descrito.

9.3.6.3 Rendimiento. Según la categoría del artefacto, cada quemador debe ser alimentado y regulado a la presión nominal de ensayo con el gas de referencia correspondiente.

a) Quemadores descubiertos

a.1) Utilizar los recipientes de aluminio con el fondo mate, las paredes pulidas y cuyas características se indican en la tabla 1 del Anexo A (ver figura 16).

a.2) Obtener el rendimiento utilizando un recipiente cuya superficie de fondo sea tal que el consumo térmico nominal del quemador sea igual al valor dado por las fórmulas:

$$C_1 = 0,0188 \times S, \text{ con PCS} \quad (9)$$

$$C_1 = 0,0169 \times S, \text{ con PCI} \quad (10)$$

En donde:

- C_1 = es el consumo térmico nominal, en MJ/h;
- S = área de la superficie del fondo del recipiente, en cm².

NOTA B. El cálculo del contenido de CO₂ en los productos de combustión neutra, exige el conocimiento exacto de la composición del gas.

(Continúa)

ANEXO K (PARTE VI)

NORMA NTE INEN 2 259: 2000 (EFICIENCIA)

NTE INEN 2 259

2000 07

b) Quemadores cubiertos, rendimiento con arranque en frío y en caliente

b.1) Determinar el rendimiento para arranque en frío y utilizando los siguientes recipientes normalizados que se indican en el Anexo A de esta norma, con sus tapas (risas) adas.

b.1.1) Disponer, en el punto más apropiado de la placa, el recipiente cuya superficie de fondo sea la que corresponde inmediatamente por exceso a la obtenida por una de las fórmulas:

$$S = 53,2 C_v \text{ con PCS} \quad (13)$$

$$S = 59,2 C_v \text{ con PCI} \quad (14)$$

En donde:

S = área de la superficie de fondo del recipiente, en cm²,

C_v = consumo térmico nominal, en MJ/h.

b.1.2) Disponer en menor número de recipientes del mayor diámetro posible que pueda colocarse sobre la superficie restante de la placa.

b.2) Determinar la temperatura como se hace con quemador descubierto, según el numeral 9.3.6.3, literal a.6). La temperatura inicial del agua debe ser 20°C ± 1°C y la temperatura final es, para cada recipiente, la temperatura más elevada que se observe tras la extinción del quemador; el momento de la extinción del quemador debe ser el momento en que la temperatura del agua de uno cualquiera de los recipientes alcance 90°C ± 1°C.

b.3) Determinar el rendimiento como la relación entre la suma de las cantidades de calor absorbidas por el agua contenida en los diversos recipientes y la cantidad de calor gastada en el quemador.

b.4) Efectuar una segunda serie de ensayos con arranque en caliente (ver nota 9).

9.3.7 Ensayos específicos para hornos y asadores del horno

9.3.7.1 *Seguridad de funcionamiento.* Desarrollar el procedimiento siguiente efectuando los ensayos en las condiciones que se especifican en el numeral 9.3.6.1, literal a) y de acuerdo con los literales a) al c) siguientes.

a) Ensayo de encendido

a.1) Hacer el ensayo en las condiciones siguientes:

a.1.1) Con los gases límites, a la presión máxima, cuando el quemador del horno no está provisto de un dispositivo de seguridad de encendido.

a.1.2) Con el gas de referencia, a la presión nominal, cuando la puerta del horno está cerrada y el artefacto en frío (si el encendido puede hacerse en esas condiciones), con la perilla de comando de la válvula de control en la posición de consumo máximo.

a.2) Encender el quemador del horno según las instrucciones del fabricante y comprobar lo siguiente:

a.2.1) Que el interencendido de las diversas partes del quemador se efectúa sin fallas; se acepta una ligera tendencia al desprendimiento de llama durante 1 min después del momento del encendido.

NOTA 9. Se admite que la placa que cubre los quemadores esté caliente cuando se ha llevado a ebullición el agua contenida en el recipiente principal que se ha utilizado para el ensayo de rendimiento, habiéndose enfriado dicho recipiente solo.

(Continúa)

ANEXO L (PARTE II)

NORMA NTC 28324 (COMBUSTION)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 28324 (Segunda actualización)

Se coloca centrado un recipiente sobre cada quemador y placa eléctrica según lo indicado en el numeral 7.1.4.2.

Se suministra el gas o gases límite de retroceso de llama bajo la presión de ensayo mínima a cada quemador de la mesa de trabajo. Al girar la válvula a velocidad normal¹²⁾ desde la posición totalmente abierta hasta la de tasa reducida, se verifica que *no* ocurra retroceso de llama ni extinción.

7.3.2.2 Resistencia al desprendimiento. Para este ensayo, no se instalan los paneles laterales montados por encima del nivel de la mesa de trabajo.

Cada quemador funciona sucesivamente según las condiciones indicadas en el numeral 7.1.3.1. para cada gas de referencia de la categoría a la que pertenezca el quemador.

El ensayo se realiza con el quemador caliente. Para este fin, se coloca un recipiente según lo indicado en el numeral 7.1.4.1 sobre el quemador, que se hace funcionar a su entrada de calor nominal por 10 min. El gas de referencia se reemplaza luego por el gas límite de elevación de la llama.

Se mueve la perilla de control de la válvula hasta la posición de tasa reducida.

Se retira el recipiente y el dispositivo de ensayo que se ilustra en la Figura 7 se coloca de forma que la cuchilla del pendulo quede centrada sobre el quemador; la distancia entre el borde inferior del pendulo y el plano de los soportes para el recipiente debe ser de 25 mm. El pendulo se coloca en una posición inicial a 30° con la vertical, con su plano de oscilación paralelo al frente del anefacto. Se deja oscilar el pendulo en una dirección y luego en la otra, dejando un tiempo de al menos 10 s entre cada oscilación.

El artefacto se ensaya sucesivamente con el gas o gases límite de elevación de la llama correspondiente(s) a cada gas de referencia de la categoría a la que pertenece el artefacto y a la presión de ensayo normal correspondiente a estos gases límite (véase el numeral 7.1.1.1 y 7.1.2).

7.3.2.3 Resistencia al derrame de líquidos. Los quemadores, funcionando individualmente a su entrada de calor nominal y alimentados solo con los gases de referencia bajo las condiciones especificadas en el numeral 7.1.3.1, se usan para llevar a ebullición y mantener en ese punto un recipiente limpio, de 160 mm de diámetro (vease el literal C.1), sin tapa, llena de agua hasta 10 mm debajo del borde este diámetro se aumenta a 220 mm para quemadores cuya entrada de calor nominal sea igual o mayor que 3.5 kW.

El ensayo continúa hasta que no haya más derrames.

Se tolera la extinción si ocurre una nueva ignición automática espontáneamente dentro de 5 s. Después del ensayo el quemador debe poder volver a encenderse fácilmente.

7.3.2.4 Combustión

7.3.2.4.1 Condiciones de suministro. El artefacto se instala de acuerdo con las condiciones definidas en el numeral 7.1.3.2: cada quemador debe haber ajustado a su entrada de calor nominal de acuerdo con las condiciones definidas en el numeral 7.1.3.1.

Se verifica el cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 6.2.2 en el curso de los cinco ensayos indicados en la Tabla 11.

ANEXO L (PARTE III)

NORMA NTC 2832-I (COMBUSTION)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2832-I (Segunda actualización)

Tabla II. **Concentración de CO en los productos de combustión**
Porcentaje Por volumen

Ensayo No.	Quemadores funcionando	Gas utilizado	Posición de las perillas de la válvula	Concentración máxima de CO
1	Cada quemador individualmente	Cada gas de referencia	Completamente abierta	0,10
2	Cada quemador individualmente	Cada gas de referencia	Posición correspondiente a 1/2 entrada de calor nominal	0,15
3	Cada quemador individualmente	Gas límite para combustión incompleta	Completamente abierta	0,15
4	Todos los quemadores de la mesa de trabajo y (si sea posible) el horno y el gratinador simultáneamente ¹⁾	Cada gas de referencia	Completamente abierta	0,20
5	Cada quemador individualmente	Uno de las gases de referencia ²⁾	Completamente abierta	0,29

¹⁾ Para el funcionamiento del horno y el gratinador véase ensayo No. 4
²⁾ El gas de referencia que dé la concentración más alta de CO en el ensayo No. 1

Los ensayos Nos. 1 a 4 se realizan con y ~~sin~~ los soportes especiales removibles para recipientes pequeños sobre los quemadores para los cuales las instrucciones de uso y mantenimiento especifiquen su uso.

El ensayo No. 5 se realiza sólo cuando el artefacto tiene suministro eléctrico de La red de distribución. No se usan soportes especiales para recipientes pequeños.

Para el ensayo No. 1: para los artefactos que no tienen regulador o ajustador de la tasa de flujo de gas. o para los que tienen estos dispositivos con su función anulada, la presión de ensayo es la máxima indicada en el numeral 7.1.2. corregida según lo indicado en el numeral 7.1.3.1.3. para los gases de ensayo utilizados (véase et numeral 7.1 .1.1) según sea apropiado para la categoría del artefacto.

Para artefactos con ajustadores de tasa de gas pero sin regulador, el ensayo se realiza ajustando el quemador para que dé una tasa igual a 1,10 veces la entrada de calor nominal.

Para artefactos regulados, el ensayo se realiza con la entrada de calor del quemador elevada al valor de 1,075 veces la entrada de calor nominal.

Para el ensayo No. 2: la válvula del quemador se usa para ajustar la entrada de calor del quemador a la mitad de la entrada de calor nominal.

Para planchas, en este ensayo la válvula se coloca en la posición correspondiente a la mitad de la entrada de calor nominal o, si esto no es posible, en la posición correspondiente a la entrada de calor más proxima posible a la mitad de la entrada de calor nominal.

Para el ensayo No. 3: el gas o gases límite de combustión incompleta se usa(n) sin cambiar los ajustes y presiones utilizados para el correspondiente gas de referencia que se usó en el ensayo No. 1.

ANEXO L (PARTE IV)

NORMA NTC 2832-I (COMBUSTION)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2832-I (Segunda actualización)

Para el ensayo No. 4: el ensayo se realiza con cada uno de los gases de **referencia**, suministrado a la **presión** de ensayo normal, bajo las **siguientes** condiciones de funcionamiento simultáneo:

- a) todos los elementos de la mesa de trabajo (a gas y **eléctrica**) funcionando al máximo;
- b) los hornos **funcionando** con sus controles en la **posición** correspondiente a la temperatura máxima de cocción;
- c) con excepción de un gratinador a alto nivel, que no funciona durante este ensayo, los gratinadores situados en compartimientos separados funcionando con sus controles en la **posición** correspondiente a la mitad de la entrada de calor nominal (energía **eléctrica**) o, si esto no, es posible, en la **posición** correspondiente a la entrada de calor más cercana posible a la mitad de la entrada de calor nominal;
- d) en el caso de los gratinadores situados en el mismo compartimiento con un horno, el ensayo se repite con el gratinador funcionando, como se describió **anteriormente**, en lugar del horno. Todos los demás elementos del artefacto, incluyendo cualquier otro horno, se hacen funcionar bajo las mismas condiciones **mencionadas** en el literal b).

Para el ensayo No. 5: si las **fluctuaciones** de la **tensión** proveniente de la red de **distribución** pueden influir en el **funcionamiento**, **ignición y/o** combustión, el ensayo se **realiza** individualmente en cada quemador con uno de los gases de referencia (véase la Tabla 11) a la presión nominal de ensayo, **suministrando** energía eléctrica al artefacto a **1,10** veces la tensión nominal especificada en el artefacto.

El ensayo se repite con el artefacto alimentado con **electricidad** a 0.85 veces la tensión nominal.

7.3.2.4.2 Muestreo de los productos de la **combustión**

Para ensayos Nos. 1, 2, 3 y 5: el muestreo de los productos de la combustión se realiza con un quemador cada vez.

Se coloca un recipiente sobre el quemador **según** lo indicado en el numeral 7.1.4.1. Sin embargo, no se colocan recipientes sobre **quemadores** cubiertos si la placa no queda completamente cubierta por el recipiente.

Quando se **usa** un recipiente redondo de 220 mm de diámetro, se cubre con un dispositivo de muestreo como ilustra la Figura 8. En otros **casos**, el dispositivo de muestreo es una campana de **500 mm x 300 mm**, como ilustra la **Figura 9**, colocada a una **distancia** entre 20 mm y 80 mm arriba del nivel de **los soportes** para recipientes o de la placa de la **plancha**.

El muestreo de los productos de combustión se **realiza** extrayendo algunos de estos gases hacia la parte posterior del dispositivo de **muestreo**. El cumplimiento con los requisitos se verifica **20 min después** de iniciar el ensayo.

La **concentración** de CO₂ de la muestra debe ser **mayor** que 1 % por volumen¹³.

¹³ Si la **concentración** de CO, es mayor que 2 %, se **debe** verificar que la calidad de la **combustión** no sea

ANEXO L (PARTE V)

NORMA NTC 2832-I (COMBUSTION)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2832-I (Segunda actualización)

Para obtener esta concentración se puede usar un reductor. Si no es posible obtener una concentración de 1 % por volumen sin comprometer el resultado, se acepta un valor inferior pero el laboratorio debe garantizar que la muestra que se tome sea representativa.

Para el ensayo no. 4: cada quemador de mesa de trabajo y placa eléctrica de cocción se cubre con un recipiente según lo indicado en el numeral 7.1.4.2. Sin embargo, no se colocan recipientes sobre quemadores cubiertos si la placa no queda completamente cubierta por el recipiente.

Los accesorios para el horno o el gratinador situados bajo la mesa de trabajo se colocan en su posición normal para uso. El muestreo de los productos de la combustión se realiza 20 min después de iniciar el ensayo.

Sobre el artefacto se coloca un dispositivo de muestreo como los que se dan como ejemplo en la Figura 9, seleccionado de acuerdo con la forma de la mesa de trabajo. El dispositivo debe traslapar la mesa de trabajo al menos por 40 mm. Si el artefacto tiene tapa de cierre o gratinador a alto nivel que haga imposible esta disposición, se desliza el dispositivo entre la tapa y el panel posterior de la instalación para ensayo. Debe traslapar los otros tres lados de la mesa de trabajo al menos por 40 mm.

Este dispositivo debe recoger los productos de la combustión (incluyendo los de cualquier horno o gratinador que esté funcionando) pero no debe alterar su curso hasta el punto en que pueda afectar la calidad de la combustión. En especial, la distancia entre la base del dispositivo y el nivel de los soportes para el recipiente debe ser tal que no afecte la calidad de la combustión de los quemadores no haya escape de productos de combustión desde la base del dispositivo de muestreo y la concentración de CO₂ sea mayor que 1 %¹⁴. Esta distancia debe ser entre 20 mm y 80 mm.

Si la concentración de CO, en los productos de la combustión es menor que 1 % por volumen, se coloca un reductor en la parte superior de este dispositivo para llevar esta cantidad a un valor ligeramente superior a 1 %. Sin embargo, el reductor no se usa si afecta la calidad de la combustión o si, como resultado de su presencia, los productos de combustión se derraman fuera del dispositivo, pero en este caso, el laboratorio debe garantizar que la muestra sea representativa.

7.3.2.4.3 **Análisis** de los productos de la combustión. La concentración volumétrica de CO en los productos libres de agua y vapor de agua (combustión neutra) se da por la fórmula:

$$(CO)_v = (CO)_M \times \frac{CO_2)_M}{CO_2)_M}$$

Donde:

(CO)_v es el porcentaje volumétrico del contenido de monóxido de carbono en relación con los productos secos de la combustión

(CO₂)_v es el porcentaje volumétrico de dióxido de carbono calculado para los productos secos libres de agua de la combustión

afectada por el método de muestreo.

¹⁴ Si la concentración de CO, es mayor que 2 %, se debe verificar que la calidad de la combustión no sea afectada por el método de muestreo.

ANEXO L (PARTE VI)

NORMA NTC 2832-I (COMBUSTION)

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC : 832-I (Segunda actualización)

$(CO)_M$ y $(CO_2)_M$ son los porcentajes volumétricos de monóxido de carbono y dióxido de carbono en la muestra seca durante el ensayo de combustión

Los valores de los porcentajes de $(CO_2)_M$ para los gases de ensayo se dan en la Tabla 12.

Tabla 12. Porcentaje por volumen de CO (productos secos de combustión neutra)

Designación del gas	G110	G120	G130	G140	G141	G150	G20	G21	G25	G26	G30	G31
% $(CO_2)_M$ (combustión neutra)	7.6	8.35	13.7	7.8	7.9	11.8	11.7	12.2	11.5	11.9	14.0	13.7

Para todos los ensayos se mide el contenido de CO con un método selectivo que permita detectar con certeza una concentración de 0.005 % por volumen y medir con un error relativo no mayor que 6 %.

Para medir el CO : se utiliza un método con un error relativo no mayor que 6 %.

Nota. Se recomienda el uso de analizadores de absorción infrarroja.

7.3.2.4.4 Ensayo de generación de hollín. Al final del ensayo No. 3 del numeral 7.3.2.4.1, utilizando los gases límite de hollín, se ajusta la presión al valor de la presión normal de ensayo correspondiente a la categoría del artefacto.

El recipiente que cubre el quemador se reemplaza por uno idéntico, limpio, y después de 10 min de funcionamiento se verifica el cumplimiento de los requisitos indicados en el numeral 6.2.2 párrafo 3.

7.3.3 Ensayos específicos para hornos y gratinadores

7.3.3.1 Ignición, encendido cruzado y estabilidad de la llama

7.3.3.1.1 Generalidades. El artefacto se instala según las condiciones indicadas en el numeral 7.1.3.2 en un cuarto convenientemente ventilado.

Cada quemador se ajusta según lo indicado en el numeral 7.1.3.1 con cada gas de referencia de la categoría del artefacto.

A menos que se indique otra cosa:

- las puertas del horno se cierran si la ignición se puede llevar a cabo bajo estas condiciones;
- la puerta del gratinador se cierra si lo permiten las instrucciones de uso y mantenimiento;

ANEXO M (PARTE I)

NORNA ANSI Z 21.1 (COMBUSTION)

**ANSI
Z21.1
1993**

**AMERICAN
NATIONAL
STANDARD**



**HOUSEHOLD COOKING
GAS APPLIANCES**

Secretariat



**American Gas Association
1515 Wilson Boulevard**

ANEXO M (PARTE II)

NORNA ANSI Z 21.1 (COMBUSTION)

2.3.5 Burners shall be adjusted to their Btu rating at normal inlet test pressure unless otherwise specified herein. When operated for 5 minutes, starting with all parts of the appliance at room temperature, the burner adjustments shall be within ± 5 percent of the capacities specified in 1.13. Neither the burner rating nor primary air adjustment shall be changed during a series of tests with any one test gas.

2.3.6 Electrical cooking sections used in combination with gas cooking appliances shall be operated, when specified herein, at the appliance rating plate voltage.

2.4 COMBUSTION

2.4.1 An appliance shall not produce a concentration of carbon monoxide in excess of 0.08 percent in an air-free sample of the flue gases when the appliance is tested in a room having approximately a normal oxygen supply.

During combustion tests of a built-in unit, all cracks or other openings (other than designed air openings) shall be sealed. At the conclusion of the combustion tests, the sealing means shall be removed.

Method of Test

Burners shall be adjusted as specified in 2.3.5. Thermostats shall be set at their maximum open position after they have been adjusted as specified in 2.11.

a. A flat-bottom utensil as shown in Figure 7 containing 5 pounds of water (2.3 kg) (± 1 percent) at approximately room temperature shall be placed over each top burner. A suitably designed hood shall then be placed on the cooking top. Oven burners, broiler burners and any other gas-fired and electrical cooking sections, capable of simultaneous operation, if incorporated in the appliance, shall be placed in operation simultaneously with the top burners and shall be operated during the time the samples of flue gases from the top burners are being secured. After the top burners have been in operation for 5 minutes under Test Conditions 2 and 3 in Table X, samples of the flue gases shall be secured from the hood vent and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide.

b. An additional test under Test Condition 3 in Table X shall be conducted on top burners. During this test, other burners shall not be in operation. On appliances for use with natural, manufactured and mixed gases, or natural and mixed gases, this test need be conducted with test Gas A only.

Two adjacent top burners shall be covered as symmetrically as possible with cast-iron griddle plates $9\frac{1}{2}$ inches (241 mm) in diameter having the bottom recessed $\frac{3}{16}$ inch (4.8 mm) with approximately a $\frac{1}{8}$ -inch (3.2 mm) wide lip. (See Figure 8.) When a burner having an input rating of 12,000 Btu per hour (3 616 W) or more is provided, it shall be one of those covered by the griddle plates. A $7\frac{1}{2}$ inch (191 mm) diameter (bottom) water-filled utensil shall be placed on each of the griddle plates and over each of the remaining top burners.

A combustion hood, provided with adjustable legs, shall be placed on the cooking top so it covers the utensils placed over all of the top burners. When there are 6 top burners or 2 pairs of burners on a divided top unit, more than one combustion hood may be used. With the edge of the combustion hood(s) located at least 6 inches (127 mm) above the cooking surface, the flames shall be observed. The hood(s) shall then be lowered in small increments, preferably $\frac{1}{2}$ inch (12.7 mm), while constant observation of the flames is maintained. As soon as any noticeable change in the character of the flames occurs, the hood shall be raised $\frac{1}{2}$ inch (12.7 mm). With the hood at this height, a sample of the flue gases shall be secured from the outlet of the hood and analyzed for carbon dioxide. The outlet area of the hood may be gradually reduced to obtain as high a carbon dioxide percentage as possible without altering the flame characteristics.

After the top burners have been in operation for 5 minutes, a sample of the flue gases shall be secured from the hood vent and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide, and when more than one hood is used, an averaging sample from the hood vents shall be secured and analyzed.

Additional tests shall be conducted when deemed necessary with the plates covering other combinations of any two adjacent burners.

c. When the construction of the utensil supports is such that they can be positioned so as to cause the burner flames to impinge on the utensil support bars, the top burner tests shall be conducted with the utensil supports in that position.

d. When an appliance is supplied with a top surface cooking section cover(s) and the burner(s) is capable of operating with the cover(s) closed, an additional test shall be conducted under Test Condition 1 in Table X with the cover in place. On an appliance for use with natural, manufactured and mixed gases, or natural and mixed gases, this test need be conducted with test Gas A only. A suitably designed test hood of sufficient size shall be used to collect the flue gases. After the burner(s) has been in operation for 15 minutes, a sample of the flue gases shall be secured from the hood vent and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide. During this test other burner(s) shall not be in operation.

ANEXO M (PARTE III)

NORMA ANSI Z 21 .1 (COMBUSTION)

TABLE X
GAS PRESSURE AND INPUT RATE CONDITIONS FOR
USE IN THE VARIOUS PERFORMANCE TESTS

Test Condition	Inlet Test Pressure ¹	Manifold Pressure ²	Input Rate ³	Test Gases ⁴
1	Normal	Normal	100%	All
2	Reduced	Resultant	Resultant	All
3a	Increased as necessary	Approx. Increase 25%	112% ⁵	A,B,C,F,G,H
3b	Increased as necessary	Approx. Increase 18%	109% ⁵	E
3c ⁶	Normal	Normal	Resultant	D
4	Normal	4.0" w.c. (995 Pa)	100% ⁷	A
5	Normal	3.0" w.c. (747 Pa)	100% ⁷	B

- ¹ See Table IX.
- ² See 2.3.2.
- ³ See 1.10.
- ⁴ See Table VIII.
- ⁵ See 2.3.3.
- ⁶ See 2.2-e.
- ⁷ Reorifice main burners to obtain full rate at the indicated manifold pressure.

e. An open top bmler section or unit shall be tested with 76 percent of the effective grid area covered with a flat sheet-metal plate. This plate shall be shaped and positioned so the uncovered area is a space of equal width around the perimeter of the bmler grid. During each test a suitably designed test hood of sufficient size to collect the flue gases shall be placed over the bmler section or unit. With the appliance operating under Test Conditions 2 and 3 in Table X, and all burners in operation, samples of the flue gases shall be secured from the hood vent and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide after the burner(s) has been in operation for 6 minutes.

f. An additional test shall be conducted on an open top broiler unit and an open top broiler section when operating under Test Condition 1 in Table X. On an appliance for use with natural, manufactured and mixed gases, or natural and mixed gases, this test need be conducted with test Gas A only. During the test for open top broiler sections, no other burners shall be in operation.

The open top bmler unit shall be covered with a flat sheet-metal plate of a size that will cover the unit to the outer edges.

An open top broiler section shall be covered with a flat sheet-metal plate of the largest size that can be positioned without extending over adjacent cooking sections or controls and be within the confines of the appliance.

For either of the above tests, a suitably designed test hood of sufficient size to collect the flue gases shall be placed on the cooking top. After the burner has been in operation for 16 minutes, a sample of the flue gases shall be secured from the hood vent and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide.

g. An oven or enclosed broiler unit shall be operated for 5 minutes under Test Conditions 2 and 3 in Table X, after which samples of the flue gases shall be secured from the flue outlet and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide.

In the case of an appliance having the top burners at a lower elevation than the oven and bmler burners, such top burners shall be placed in operation simultaneously with the oven and bmler burners and shall be operated during the time the oven and broiler samples are being secured.

When the flue gases from two oven or bmler burners, assembled within the same unit, are vented through separate flues, they shall be tested separately.

h. An appliance having a flue collar outlet, and which incorporates a built-in or permanently attached draft diverting device, shall comply with 2.24.

i. All sections of a floor-supported unit having a flue collar outlet, which does not incorporate a built-in or per-

ANEXO M (PARTE IV)

NORNA ANSI Z 21.1 (COMBUSTION)

manently attached draft diverting device, shall be operated for 15 minutes under Test Condition 1 in Table X with the flue collar outlet blocked. On an appliance for use with natural, manufactured and mixed gases or natural and mixed gases, this test need only be conducted with test Gas A. A sample of the flue gases shall be secured from each section designed to vent through the flue collar and analyzed for carbon monoxide and carbon dioxide.

2.4.2 An appliance for use with natural gas shall comply with 2.4.1, with the exception of clauses "b," "f," "h" and "i," when adjusted and operated with test Gas A at 4.0 inches water column (995 Pa) manifold pressure. This test shall be applied only if the appliance has a normal manifold pressure in excess of 4.0 inches water column (995 Pa).

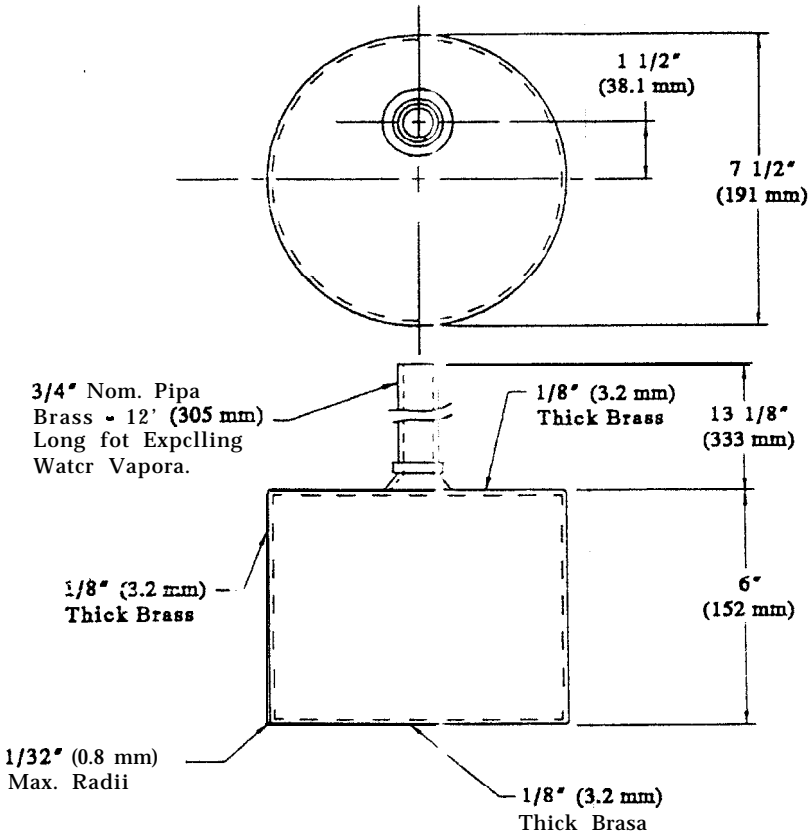


Figure 7. Range Top Burner Test Utensil

BIBLIOGRAFIA

1. Giuliano Salvi, La Combustión: Teoría y Aplicaciones, Editorial Dossat; Madrid, 1968
2. Incotec (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y certificación), Norma Técnica Colombiana NTC 2832-1, Editada por INCOTEC, Santa Fé de Bogotá 1999. pág 89 – 93
3. Inen (Instituto Ecuatoriano de Normalización), Norma NT INEN 2 259:2000, Editada par Inen, Quito, 2000, pág 40- 44.
4. ANSI (American Nacional Estandard Institute), Norma ANSI 222.2, Editada por American Gas Association Laboratories, Ohio, 1993, pág 42- 44.
5. Obert y Gaggioli, Termodinámica, 2^{da} edición, Edit. Mc Graw-Hill, New York, 1965.



6. Ferro Enamel S.A., Manual del Esmaltador, Buenos Aires, 1952.

7. Roper Corporation, Burner Rate Determination Step-by-Step Procedure,
1995.