

# CAPITULO 2

## 2 IMPLANTACION DEL SISTEMA TUBERIA CON INYECTOR INCORPORADO.

### 2.1 Problemas Frecuentes en Sistemas Tubo Venturi.

Este sistema presenta problemas en el funcionamiento y también en la durabilidad de los materiales, estas fallas han sido detectadas en el campo y cuantificado por medio de un indicador de llamadas de servicio conocido como service call rate, este indicador nos informa sobre el porcentaje de fallas de los últimos doce meses de una clave de producto en específico en todas las producciones que estén en garantía, y las fallas más frecuentes que se debieron por el sistema de combustión venturi son los siguientes:

#### **Puntas amarillas.**

Las puntas amarillas se presentan cuando es insuficiente la cantidad de aire primario para obtener una buena combustión, al reducir la cantidad de aire primario provoca que los conos internos de la llama

se alarguen. a la larga desaparecen, y al irse reduciendo aun más la cantidad de aire primario van apareciendo en su lugar flamas con puntas amarillas, si se suprime por completo el aire primario las flamas se tomaran completamente amarillas.

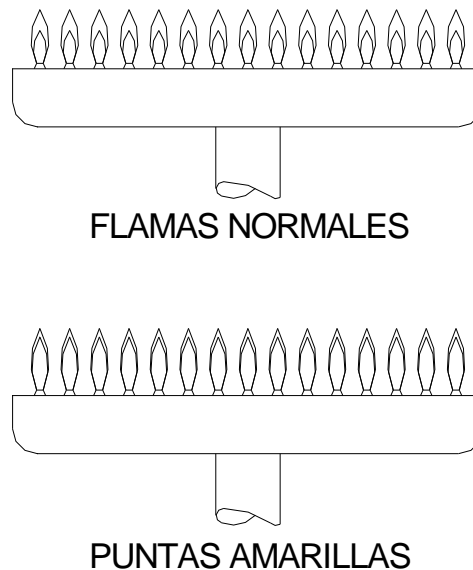


FIGURA 2.1 FLAMAS CON PUNTAS AMARILLAS

Las puntas amarillas son causadas por partículas de carbón que brillan dentro de la flama. Si estas flamas chocan contra una superficie fría, se formaran hollín al terminar la reacción de combustión prematuramente, esto es, antes de que las partículas de carbón se hayan quemado. Las flamas amarilla pueden también formar monóxido de carbono, sobre todo si las flamas chocan contra superficies frías.

### Fugas por descentramiento en la admisión de aire primario.

Esta fuga se produce cuando al colocar la cabeza del quemador este centra el tubo mezclador respecto a la cubierta originando un ligero descentramiento en la unión de la válvula y el tubo mezclador o venturi, lo que en ciertas ocasiones produce fuga de gas en esta zona. En los tubos mezcladores frontales se presentan estos problemas con mas frecuencia que en los tubos mezcladores posteriores, esto se debe por tener poco espacio en dobléz del tubo mezclador no permitiendo la alineación correcta con la válvula y originando en ocasiones fuga de gas.

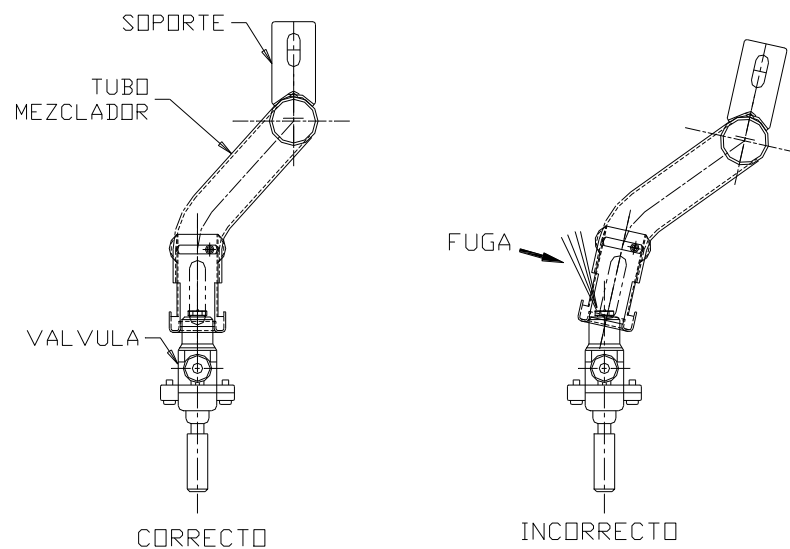


FIGURA 2.2. FUGA POR DESCENTRAMIENTO

### Descentramiento entre tubos mezcladores y quemadores.

La variabilidad que se presenta en el ensamble de la caja de quemadores, es por no tener un control en el proceso durante su fabricación ocasionando variaciones de medidas de las mismas dentro de éstas las piezas más críticas son los tubos mezcladores y soportes tubos mezcladores, que dan como resultado en el ensamble un descentramiento entre los tubos mezcladores y la cabeza del quemador.

El tubo mezclador se sujeta mediante un tornillo al soporte tubo mezclador por medio de un agujero acanalado que permite el deslizamiento del soporte en el ensamble y este origina descentramiento entre ambos componentes mencionados.



FIGURA 2.3. DESCENTRAMIENTO ENTRE TUBO QUEMADORES Y QUEMADORES.

**Corrosión intensa en ambientes ligeramente salinos.**

Los tubos mezcladores utilizados son de acero laminado en frío y galvanizado ASTM A 528.

Estos componentes presentan una rápida corrosión en la parte superior donde va ubicado la cabeza del quemador, esta corrosión es mas acentuada en los productos ubicados en la zona costera que debido al medio salino en que se encuentran presentan una corta durabilidad.

**Difícil regulación de aire primario.**

El sistema tubo venturi no tiene un acceso directo a los tubos mezcladores para realizar una regulación de la entrada de aire primario al proceso de combustión, para realizar esta regulación se debe desensamblar la cubierta y tubos respectivamente, luego destornillar el regulador de aire del tubo y proceder a la regulación girando el regulador Para cerrar la caja de quemadores lugar donde se encuentran los tubos mezcladores se ensambla en última instancia la cubierta quedando sellada la caja de quemadores.



FIGURA 2.4 REGULACIÓN DE AIRE PRIMARIO.

## **2.2 Sistema de Tubería con Inyector Incorporado.**

Este sistema se puede clasificar dentro de los quemadores domésticos con mezcla previa de aire que consiste en tener la mezcla aire combustible en la parte interna del quemador

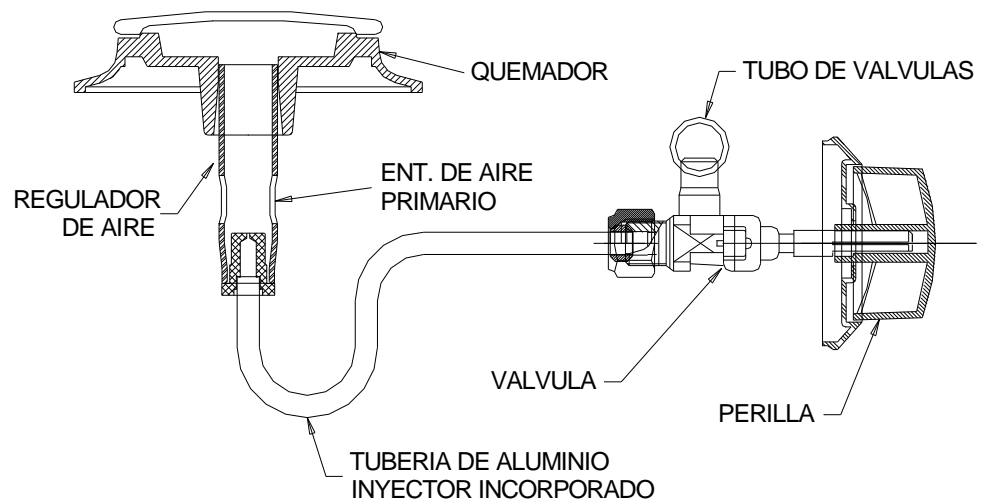


FIGURA 2.5. SISTEMA DE TUBERIA CON INYECTOR INCORPORADO.

### Elementos del sistema.

#### Inyector

El inyector de sección de salida define y controla el flujo de gas y contribuye de un modo determinante a la combustión, éste está integrado a la tubería de aluminio

#### La cámara de mezcla.

Es la zona donde pasa el gas tras salir del inyector, aquí se realiza la mezcla aire gas.

#### La cabeza del quemador.

Es la zona donde el gas y aire primario llegan ya mezclados, y pasando la cual, a través de la sección de salida, se inicia el proceso de combustión

### **Elementos modificados.**

Se implementó este sistema realizando cambios en los siguientes componentes

#### **Válvula.**

En la parte posterior de la válvula se cambio el diseño, de utilizar inyector incorporado en la válvula a un sistema de conexión tubería bicono tuerca. Con una salida para tubería de ¼" de diámetro

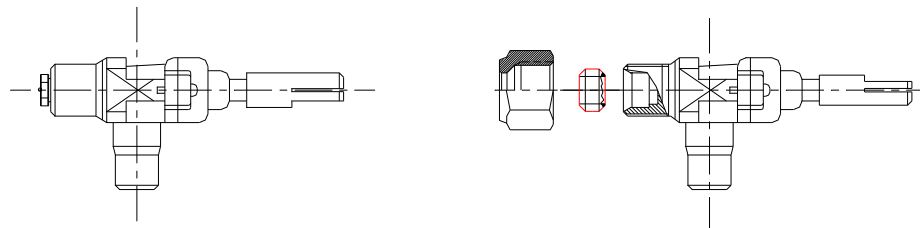


FIGURA 2.6 CAMBIO DE VALVULAS.



### Bicono.

Es un componente que se utiliza para realizar sello mecánico entre la válvula y la tubería de aluminio con inyector incorporado, es de material caucho nitrilo, con una dureza de 80 shore A y para tubería de 1/4".

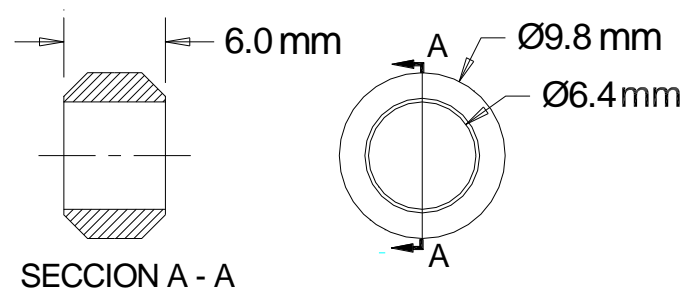


FIGURA 2.7. BICONO.

### Tuerca.

La tuerca de acople es utilizado para realizar la unión entre la válvula y la tubería de aluminio con inyector incorporado el material de este componente es zamak al igual que el de la válvula.

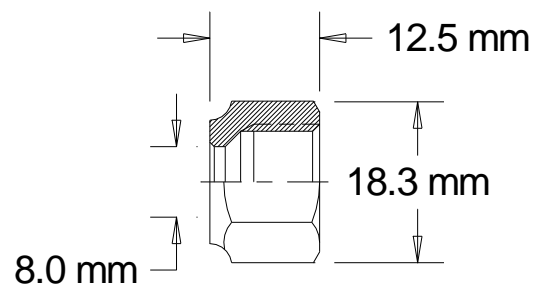


FIGURA 2.8. TUERCA.

### **Tubos de aluminio con inyector incorporado.**

Este sistema utiliza tuberías de aluminio de  $\frac{1}{4}$ " de diámetro para permitir el paso de combustible desde la válvula a la cabeza del quemador. Se conecta en la válvula por medio de la tuerca y el bicono, en el otro extremo lleva una cabeza llamado miniconector unido al tubo de aluminio en este se encuentra el orificio que permite la salida del gas hacia la cabeza del quemador.

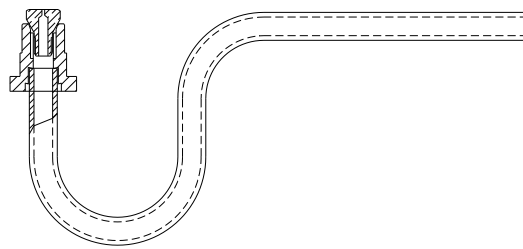


FIGURA 2.9 TUBERIA DE ALUMINIO CON INYECTOR INCORPORADO

El diámetro del orificio que se encuentra en el miniconector es calculado mediante fórmulas o tablas y determina las potencias respectivas de los quemadores. Los quemadores utilizados están diseñados para trabajar a una cierta potencia dependiendo de su tamaño, los quemadores superiores utilizados son de las siguientes potencias.:

Dimensión del Quemador	Potencia suministrada (teórico) Btu/h	Potencia quemador (Labor.) Btu/h	Variación %
3"	5286	4996	5,8
4"	6904	7225	4,4

TABLA 1 POTENCIA DE QUEMADORES.

### Procedimiento para el cálculo del diámetro en el miniconector.

Se puede obtener el diámetro en el miniconector de dos formas.

1°.- Por método de cálculos.

2°.-Utilizando tablas.

#### 1.- Por método de cálculo.

Se determina el flujo de gas.

$$V = C_1 A v \quad (1)$$

donde:  $V$  = flujo de gas, o caudal, en  $m^3/s$ ;

$C_1$  = coeficiente de contracción de la vena gaseosa;

$A$  = sección del orificio, en  $m^2$ ;

$v$  = velocidad del gas, en  $m/s$ .

A su vez, la velocidad del gas que pasa a través de un orificio se obtiene por la fórmula:

$$v = C_2 \sqrt{\frac{2gh}{\rho}} \quad (2)$$

en la que:  $v$  = velocidad del gas, en m/s;

$C_2$  = coeficiente de rozamiento;

$g$  = aceleración debido a la gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ );

$h$  = presión estática del gas, en mm de  $\text{H}_2\text{O}$ ;

$\rho$  = peso específico del gas, en  $\text{Kg/m}^3$ ;

Sustituyendo en la formula (1)  $v$  por su expresión dada en la formula (2) resulta:

$$V = C_1 \cdot A \cdot C_2 \sqrt{\frac{2gh}{\rho}} \quad (3)$$

Como se ha apuntado, el coeficiente  $C_1$  tiene en cuenta la formación de vena gaseosa y el  $C_2$  las pérdidas de carga por rozamiento.

Estos dos coeficientes de corrección pueden englobarse en un solo coeficiente  $k$ , que se define como el coeficiente de flujo de un fluido a través de un orificio y que depende de la forma de éste, del espesor del material de que se ha hecho el agujero, del tipo de material empleado, y del esmero del trabajo.

La fórmula definitiva se convierte por lo tanto en:

$$V = k \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2gh}{\rho}} \quad (4)$$

el valor del coeficiente  $k$  difícilmente puede alcanzar la unidad, por lo tanto la cantidad de gas que puede pasar a través de un orificio es

casi siempre inferior a la que debería corresponder a su sección efectiva de salida.

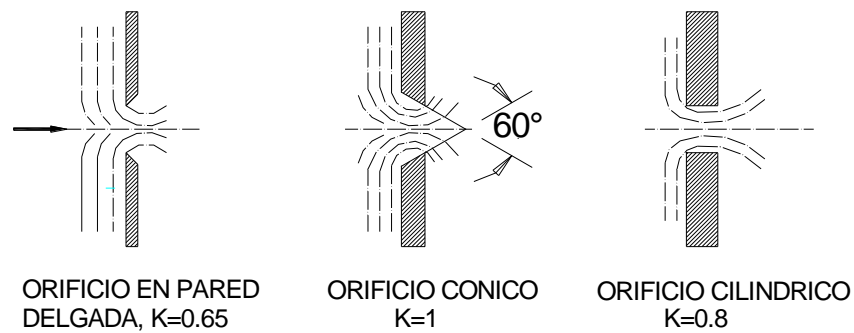


FIG 2.10 VALORES DEL COEFICIENTE K

En la figura se ve claramente que el factor k esta estrechamente ligado por la forma y espesor de las paredes del orificio.

En la formula (1) el flujo está expresado en  $m^3/s$ . En la práctica es más corriente expresarlo en  $m^3/h$ ; y también frecuentemente se sustituye el peso específico del gas por la densidad respecto al aire.

Si además expresamos la sección A del orificio en función del diámetro del mismo dado en mm, y sustituimos g por su valor, indicado anteriormente, se obtiene la siguiente fórmula aproximada:

$$V = \frac{11}{10^3} kd^2 \sqrt{\frac{h}{d(rel)}} \quad (5)$$

Esta formula es válida para presiones no demasiado elevadas, hasta de un valor de 2 atm valor difícilmente alcanzable con los equipos domésticos.

$$d = \sqrt{\frac{10^3 V}{11k \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}}} \quad (6)$$

2.- Podemos obtener la potencia generada por el combustible si conocemos el flujo de gas o caudal y el calor específico del mismo, mediante la fórmula.

$$Q_t = VxPC \quad (7)$$

donde.

$Q_t$  = potencia generada

$V$  = caudal

$PC$  = poder calorífico.

3.- Partiendo como referencia que los quemadores actuales están diseñados para una potencia determinada, se procede a determinar el diámetro de los agujeros en las tuberías de aluminio.

Para calcular el flujo térmico del quemador al cual esta diseñado utilizamos la fórmula.

$$Q_t = AQ_U \quad (8)$$

Donde  $Q_i$  = flujo térmico del quemador, en kcal/h;

$A$  = Area, en  $\text{cm}^2$  ;

$Q_u$  = flujo unitario o carga térmica, en kcal/h.  $\text{cm}^2$

$Q_u = 700 \text{ kcal/h. cm}^2$ .

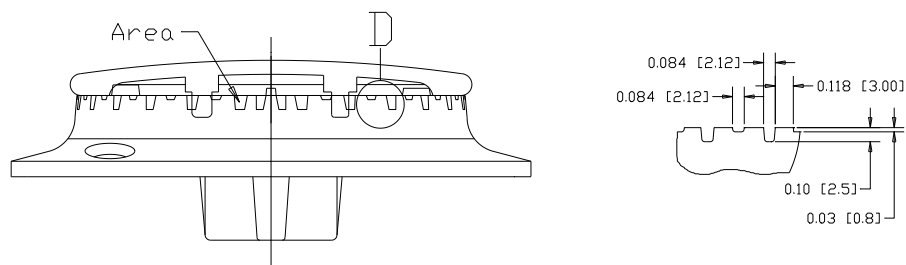


FIGURA 2.11 AREA DEL QUEMADOR

Valores para quemador de 3" de diámetro:

$$A = 1.5391 \text{ cm}^2$$

$$Q_i = A Q_u = 1077.384 \text{ kcal/h} = 4886.17 \text{ BTU/h.}$$

Para quemador de 4" de diámetro.

$$A = 2.7366 \text{ cm}^2$$

$$Q_i = A Q_u = 2189.312 \text{ kcal/h} = 8687.892 \text{ Btu/h.}$$

Calculamos el flujo.

Para quemador de 3".

$$Q_i = VxPC$$

$$V = \frac{Q_t}{PC}$$

Para valores de:

$$Q_t = 4886.17 \text{ Btu/h}; \quad PC = 2640 \text{ Btu/h, tenemos}$$

$$V = 1.85082 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.05245 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$d = \sqrt{\frac{10^3 V}{11k \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}}}$$

Para valores de:

$$V = 0.05245 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$k = 0.8$$

$$h = 11 \text{ in } H_2O = 279.4 \text{ mm } H_2O$$

$$d(rel) = 1.65$$

$$d = 0.67 \text{ mm}.$$

De la misma forma se obtiene el diámetro del agujero en la tubería de aluminio para el quemador de 4" de diámetro

$$Q_t = VxPC$$

$$V = \frac{Q_t}{PC}$$

Para valores de:

$$Q_t = 8667.9 \text{ Btu/h}; \quad PC = 2640 \text{ Btu/h, tenemos}$$

$$V = 3.2908 \text{ ft}^3/\text{h} = 0.0932 \text{ m}^3/\text{h}.$$



$$d = \sqrt{\frac{10 V^3}{11k \sqrt{\frac{h}{d(rel)}}}}$$

Para valores de:

$$V = 0.0932 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$k = 0.8H$$

$$h = 11 \text{ in } H_2O = 279.4 \text{ mm } H_2O$$

$$d(rel) = 1.65$$

$$d = 0.90 \text{ mm}.$$

Utilizando la tabla (ver apéndice B) para el cálculo del diámetro en las tuberías de aluminio obtenemos:

Para quemador de 3":  $d = 0.025" = 0.63 \text{ mm}$ .

Para quemador de 4":  $d = 0.033" = 0.83 \text{ mm}$ .

DIAM. DEL QUEMADOR	d (mm)		
	Formulas	Tablas	Real
<b>3"</b>	0,67	0,63	<b>0,70</b>
<b>4"</b>	0,90	0,83	<b>0,80</b>

TABLA 2 DIAMETROS DE INYECTORES

### Tubo regulador

Es un tubo de aluminio de diámetro 16 mm y esta en la parte superior del tubo con inyector incorporado, tiene como función principal regular la entrada de aire primario que permite la mezcla aire

combustible en la cabeza del quemador y posteriormente la combustión. Esta regulación se realiza por medio de un anillo deslizante que va cubriendo las cavidades o ventanas que se encuentran en el tubo regulador.

### **2.3 Análisis de costos.**

Un factor importante para que se realice el proyecto fue el resultado de un análisis de costo, donde se mostró que el producto no incrementaba su costo por el cambio de este sistema de combustión, se realizó un comparativo entre el costo del sistema tubo venturi y el sistema de tubería de aluminio con inyector incorporado.

Análisis de costo del sistema de combustión con tuberías ventury vs sistema de combustión tubería de aluminio con inyector incorporado.

<b>SISTEMA DE ALUMINIO</b>	<b>\$ / UNIT</b>	<b>CANT</b>	<b>TOTAL</b>
TUBO REGULADOR	0,09	4,00	0,36
TUBO C/CONECTOR 194 MM 0,7	0,21	2,00	0,42
TUBO C/CONECTOR 436 MM 0,7	0,27	2,00	0,54
VALVULA ZAMAK 7MM	0,39	4,00	1,57
BICONO CAUCHO 1/4	0,01	4,00	0,06
TUERCA 1/4 ZAMAK	0,04	4,00	0,16
TORNILOS TCC 7P*12.7 (1/2)	0,01	8,00	0,05
ARANDELA PLASTICA	0,01	8,00	0,06
SOP TUBO QUEM O.H "U"	0,06	4,00	0,22
<b>TOTAL</b>			<b>3,43</b>

Costo del sistema de tubería venturi

<b>SISTEMA GALVANIZADO</b>	<b>\$ / UNIT</b>	<b>CANT</b>	<b>TOTAL</b>
TUBO GALV 3/4	2,18	0,17	0,38
VALVULA ZAMAK 8MM INY	0,45	4,00	1,81
REGULADOR DE AIRE	0,71	0,08	0,05
TORNILOS TCC 7P*12.7 (1/2)	0,01	4,00	0,04
TORNILOS 7PP*7MM	0,01	4,00	0,04
SOP TUBO 3/4 GALV	0,61	0,06	0,04
REMACHE ALUM POP 4,8*18	0,01	2,00	0,03
SOP. TUBO QUEM	0,71	0,33	0,23
TUERCA LAM RECTA	0,01	4,00	0,04
<b>TOTAL MATERIAL</b>			<b>2,66</b>

Costo no materiales

<b>PIEZAS</b>	<b>CORTE \$</b>		<b>CANT.</b>	<b>COSTO</b>
	<b>STD</b>	<b>\$</b>		
REGULADOR DE AIRE	0,0053	0,05	4	0,20
SOPOR TUBO QUEM	0,0075	0,07	2	0,14
SOPORTE TUBO 3/4	0,0071	0,07	2	0,14
<b>SUBTOTAL</b>				<b>0,48</b>

<b>TUBO 3/4 GAL</b>	<b>STD</b>	<b>\$/HORA</b>	<b>COSTO</b>
CORTE	0,003	3,59	0,01
PRENSAS	0,015	3,13	0,05
SOLDADURA	0,003	2,90	0,01
PULIDO	0,003	2,67	0,01
			0,07
CANT. TUBOS			4
MANO DE OBRA			0,29
<b>TOTAL NO MATERIAL</b>			<b>0,77</b>

SISTEMA DE COMB TUB. DE AL.CON INY. INC.	3,425
SISTEMA DE COMB. TUBO VENTURI	3,431
<b>AHORRO</b>	<b>-0,006</b>