

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA  
DETERMINAR EL TIPO DE COMBUSTIBLE A  
USAR EN UNA CALDERA DE 500 BHP”**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECANICO**

**POR LA MODALIDAD DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS**

**ARNALDO F. BALDOCEDA LOPEZ**

**PROMOCION 95-I**

**LIMA – PERU**

**2002**

## PROLOGO

El presente estudio tiene por finalidad analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental del uso de Gas Natural en una Caldera Pirotubular Marca Kewanee Classic III de espalda húmeda, con cámara de combustión 100% sumergida en agua, frente a otros combustibles como son:

- Petróleo D-2,
- Petróleo R-500,
- Gas Natural.

Para la selección del Quemador se dispone de diseños recomendados por la misma Kewanee Boiler Manufacturing, específicamente diseñadas para sus Calderas, con capacidad de quemar Petróleo D-2, R-500 y G.N. Kewanee es una Empresa Americana con más de 100 años de experiencia en la Fabricación de Calderas, la selección del Quemador se ha realizado bajo la elección del mejor diseño que dispone Kewanee para la Caldera Modelo Classic III, como lo es el Quemador Tipo PHOENIX modelo PHX 500 de 500 BHP.

Cabe indicar que tratándose de otra Caldera que no sea Kewanee habría que tomarse en cuenta los parámetros de diseño del Quemador de acuerdo al combustible a utilizar y a las dimensiones de la cámara de combustión de la Caldera, para una selección apropiada del Quemador.

El Estudio contempla una evaluación técnica en el que se determina las características del combustible, los equipos necesarios y el presupuesto para el funcionamiento de cada alternativa, el desarrollo del proyecto es a nivel de ingeniería preliminar.

La Evaluación Económica proporciona los indicadores económicos para determinar la rentabilidad del proyecto.

La Evaluación Ambiental se desarrolla bajo los parámetros de normas de calidad del aire, límites de contaminantes provenientes de las chimeneas, y los niveles de emisión, además de establecer un plan de gestión ambiental.

La información necesaria se ha obtenido de catálogos, cotizaciones, precios de los combustibles, formatos para el monitoreo de emisiones atmosféricas dado por el Ministerio de Energía y Minas, etc que se acompaña a este informe como apéndice.

No podría dejar de expresar el agradeciendo a mi familia por el apoyo brindado en todo momento, así como a todas las personas que de uno u otro modo han colaborado con sus valiosos sugerencias y orientación.

**TITULO: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA DETERMINAR EL TIPO  
DE COMBUSTIBLE A USAR EN UNA CALDERA DE 500 BHP.**

**CONTENIDO**

**CAPITULO I. INTRODUCCION**

1.1	Antecedentes.....	2
1.2	Objetivos .....	3
1.3	Alcances.....	3

**CAPITULO II. COMBUSTIBLES Y PROCESO DE COMBUSTIÓN EN  
CALDERAS INDUSTRIALES**

2.1	Combustibles alternativos .....	4
2.2	Proceso de Combustión .....	5
2.3	Transferencia de Calor en calderos.....	8
2.4	Eficiencia de la Combustión y Térmica de la Caldera.....	10
2.5	Combustión del Petróleo Industrial 500.....	11
2.5.1	Especificaciones técnicas del Petróleo R. 500 .....	11
2.5.2	Relación aire combustible, exceso de aire y eficiencia Térmica de la Caldera.....	12
2.5.3	Selección y Cálculos del Sistema de Combustible.....	12
	Selección del flujo de combustible.....	13
	Calculo del flujo de aire.....	13
	Potencia del ventilador de aire de combustión .....	14
2.6	Combustión del Petróleo D-2.....	14
2.6.1	Especificaciones técnicas del Petróleo D-2 .....	15
2.6.2	Relación aire combustible, exceso de aire y eficiencia Térmica de la Caldera .....	15
2.6.3	Selección y Cálculos del Sistema de Combustible.....	16
	Selección del flujo de combustible .....	17
	Cálculo del flujo de aire.....	17
	Potencia del ventilador de aire de combustión.....	18

2.7	Combustión del Gas Natural.....	18
2.7.1	Especificaciones técnicas del Gas Natural .....	19
2.7.2	Relación aire combustible, exceso de aire y eficiencia Térmica de la Caldera .....	19
2.7.3	Selección y Cálculos del Sistema de Combustible.....	19
	Selección del flujo de combustible.....	20
	Cálculo del flujo de aire.....	20
	Potencia del ventilador de aire de combustión .....	21
2.8	Comparación de Alternativas .....	21
2.8.1	Costos Operativo y Selección de Alternativa .....	23
2.9	Funciones del Quemador .....	24
2.9.1	Consideraciones para la Selección del Quemador.....	24
2.9.2	Quemador seleccionado a utilizar en la Caldera Kewanee Classic III.....	26

### **CAPITULO III. INGENIERIA DEL PROYECTO**

3.1	Características de la Caldera.....	33
3.2	Cálculo de la potencia del Quemador.....	34
3.3	Alternativa 1: “Caldera operando con Petróleo Industrial 500” .....	34
3.3.1	Diseño preliminar del sistema .....	36
3.3.2	Especificaciones Técnicas para el Diseño e Instalación .....	39
3.3.3	Presupuesto. ....	42
3.4	Alternativa 2: “Caldera Operando con Gas Natural”.....	45
3.4.1	Diseño preliminar del sistema.....	45
3.4.2	Especificaciones Técnicas para el Diseño e Instalación .....	57
3.4.3	Presupuesto.....	63
3.5	Análisis de Costos Operativos.....	65
3.5.1	Costos Operativos usando Petróleo R – 500 .....	66
3.5.2	Costos operativos usando Gas Natural. ....	68

## **CAPITULO IV. EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO**

4.1	Índices Económicos .....	72
	Periodo de Repago .....	73
	Retorno de la inversión.....	73
4.2	Análisis de Precios de Combustible.....	75
4.3	Evaluación Económica .....	76
4.4	Sensibilidad del proyecto .....	78

## **CAPITULO V. EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PROYECTO**

5.1	Norma referente a Estudios de Impacto Ambiental en el Perú .....	81
5.2	Identificación de Principales Impactos Ambientales .....	82
5.3	Recomendaciones para la Regulación Correcta de la Combustión .....	93
5.4	Limites Máximos Permitidos de Emisiones Contaminantes en los Gases de Combustión en Calderas Industriales .....	95
5.5	Plan de Gestión Ambiental .....	98
	5.5.1 Programa de Mitigación de Impactos y Mejoramiento Ambiental. ....	98
	5.5.2 Programa de Contingencias .....	103
	5.5.3 Programa de Monitoreo Ambiental .....	104
5.6	Normas ISO 9000 e ISO 14000 .....	106

Conclusiones

Bibliografía

Apéndice

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

El uso del Gas Natural como combustible a nivel industrial en el país es un tema relativamente nuevo, y tomará relevada importancia con la llegada del Gas de Camisea a Lima.

Este informe presenta un análisis de la viabilidad de utilizar el Gas Natural en Calderas Pirotubulares, haciendo la comparación con dos tipos de combustibles más: Petróleo D-2 y R-500.

Los Factores de Evaluación son:

- Evaluación Técnica: Beneficios de rendimiento, Operativos y de Mantenimiento.
- Evaluación Económica: Inversión , Costos Operativos, Indicadores económicos.
- Evaluación del Impacto Ambiental.

El informe se realiza bajo las siguientes Consideraciones:

- 1) El desarrollo de la Ingeniería es a nivel preliminar

- 2) Los accesorios y líneas de instalación para los 3 tipos de combustibles serán Totalmente nuevos.

### **1.1 ANTECEDENTES**

Actualmente en el Perú y particularmente en Lima, se viene utilizando los combustible Petróleo D-2, Petróleo Residual y el G.L.P. que por su característica son utilizados en Calderas Piro tubulares.

La inminente llegada del Gas Natural de Camisea a Lima harán de este combustible el mas indicado para su uso en Calderas Piro tubulares, por sus múltiples ventajas respecto a los combustibles derivados del petróleo.

En estudios hechos por Osinerg, del Gas Natural seco que contiene Camisea no es infinito ni daría una cobertura energética de mas de 110 años como podría mostrar un calculo superficial, lo real es que, la cobertura depende de la tasa de crecimiento de los consumos (simulando una tasa de crecimiento del 4%) y que en un escenario conservador dicha cobertura seria de 43 años.

De los estudios realizados podemos ver que Camisea nos asegura tener una cobertura energética en condiciones conservadoras de 50 años.

Actualmente se esta usando Gas Natural en Países Latinos como Argentina, Bolivia, Chile y en Europa España.

El G.N. tiene múltiples ventajas sobre los derivados del petróleo, tanto en el aspecto técnico, económico y ambiental.

En el Perú el uso del G.N. esta en proceso de estudio, el Ministerio de Energía y Minas aún no ha establecido Reglamentos y Normas para su instalación, por lo

que solo nos limitamos a utilizar las Normas y Reglamentos de Otros Países como Argentina y/o España.

## **1.2 OBJETIVO**

Analizar la factibilidad de implementar el uso del Gas Natural en una Caldera de 500 BHP.

Por ser el Gas Natural una fuente de energía considerable y de gran expectativa en el mercado nacional, se analizará los efectos favorables tanto técnico como económico para su implementación en la industria, así como también el impacto ambiental que genere.

## **1.3 ALCANCES**

El estudio de factibilidad, es a nivel preliminar, desarrollándose el informe alrededor de un diagrama de Ingeniería de Flujo, a partir del cual se podrá desarrollar una ingeniería básica, y definitiva, el diagrama de flujo es desarrollado con indicación estricta a lo recomendado por la empresa KEWANEE. Se han indicado, normas y reglamentos a tener presente en el desarrollo de la Ingeniería básica y definitiva del proyecto.

El análisis económico, se desarrolla bajo el criterio de que toda inversión energética se paga con el costo, usando indicadores para inversiones cuyo retorno de capital es menor a 2 años, no utilizándose indicadores como son el VAN, TIR.

La evaluación ambiental se ha desarrollado bajo estrictas normas que actualmente exigen los ministerios respectivos en su función de controlar la calidad del aire.

En general el presente estudio intenta brindar criterios, normas, sugerencias y recomendaciones en el uso del tipo de combustible en una caldera pirotubular.

## **CAPITULO II**

### **COMBUSTIBLES Y PROCESO DE COMBUSTIÓN EN CALDERAS INDUSTRIALES**

#### **2.1 COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS PARA EL USO EN CALDERAS**

Los combustibles que se usan en calderas industriales son :

- Petróleo D-2
- Petróleo Residual
- Gas Natural
- Gas Licuado de Petróleo (GLP)
- Carbón

De las alternativas GLP y Petróleo D-2, solo se considerará al Petróleo D-2 por ser un combustible cuyas instalaciones son menos costosas, además los reglamentos al respecto son menos complicados. Los Precios del GLP y D-2 tienen ligeras diferencias que para efectos comparativos con otras alternativas a nivel de costos operativos no tendría diferencias significativas.

PRECIO DE COMBUSTIBLE (US\$/MBTU)		
	Diesel -2	GLP
Sin IGV	11.44	10.58
Con IGV	13.49	12.48

El Carbón genera un alto grado de contaminación en los gases de combustión, requiere de un gran espacio para su almacenamiento, y no hay suficiente disponibilidad, toda vez que este combustible es importado, y pocas facilidades de transporte., además el tipo de quemador a utilizar en la caldera no admite al carbón como combustible, es por ello que no se esta considerando al carbón como una alternativa en el proyecto.

Por lo mencionado en líneas arriba, los combustibles que son adecuados y comúnmente usados son el Petróleo D-2 y el Petróleo Residual 500, además del G.N. que por su costos operativos, de instalación y ambientales presentan ventajas sobre los derivados del petróleo.

Para efectos del análisis del uso del tipo de combustible mas adecuado técnica y económicamente en una Caldera Piro-tubular de 500 BHP, evaluaremos a los siguientes combustibles:

- Petróleo D-2
- Petróleo Industrial 500
- Gas Natural.

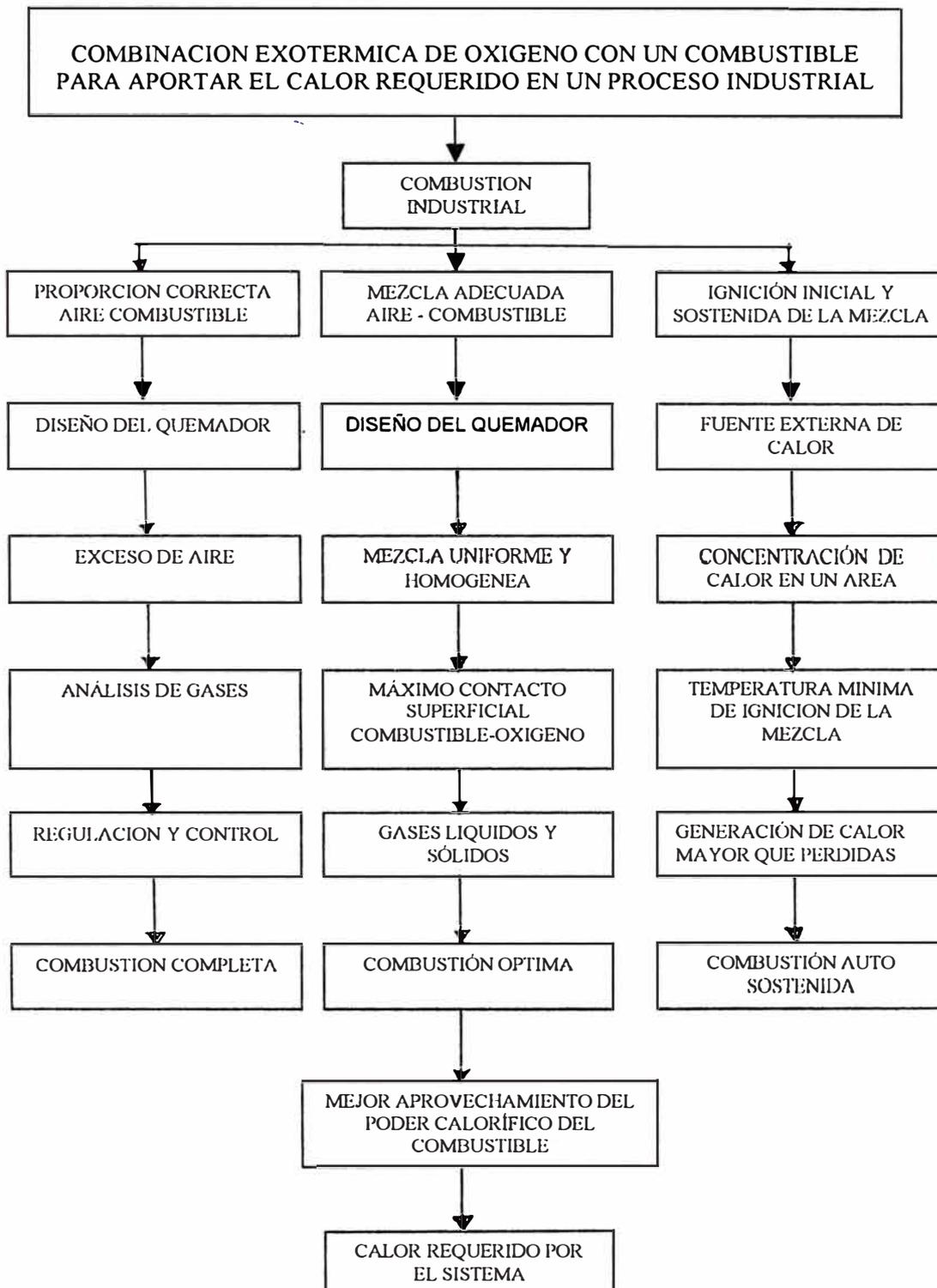
La Primera Consideración, para efectos del análisis es considerar que el G.N. se encuentra disponible en el Mercado.

## **2.2 PROCESOS DE COMBUSTION**

Los procesos de combustión en instalaciones industriales siempre obedecen a un esquema básico, cuyo conocimiento y comprensión son importantes.

En el Diagrama N°1, se muestra el esquema básico de una combustión industrial, en el cual se establece que para una buena combustión se requieren 3 condiciones fundamentales.

## DIAGRAMA N°1 ESQUEMATICO DE LA COMBUSTIÓN INDUSTRIAL



a) Relación: Aire –Combustible

El diseño del quemador deberá asegurar el suministro de las cantidades adecuadas de aire y combustible en el sistema, estableciendo márgenes de regulación para ambos.

El análisis de los gases de combustión permite conocer el exceso de aire y la eficiencia de la combustión.

En función del análisis de los gases a ejecutarse en forma manual o automatizada, se deberá efectuar ajustes en las variables de operación, controlando los resultados obtenidos.

b) Mezcla Adecuada: Aire – Combustible.

El diseño del quemador deberá proporcionar las condiciones Adecuadas de mezcla aire - combustible.

La mezcla debe ser uniforme y permanente para cada punto de regulación dentro de los márgenes de operación.

El objetivo principal de la Mezcla será lograr el máximo contacto superficial entre el oxígeno del aire y el combustible.

El estado físico del combustible determinará las condiciones operativas que permitan preparar el combustible (pulverización, atomización, vaporización) en el caso de líquidos, y efectuar la mezcla en forma conveniente para cada caso.

c) Ignición inicial y sostenida de la mezcla

El encendido o ignición inicial de la Mezcla requiere el aporte de gran cantidad de calor de una fuente externa para acelerar la reacción.

La mezcla se encenderá solo cuando alcanza su temperatura mínima de ignición, que es variable para cada combustible.

El cumplimiento de los tres requerimientos permitirán:

Lograr el máximo aprovechamiento del poder calorífico del combustible.

Aportar el calor requerido por el sistema con el menor consumo de combustible y las condiciones operativas técnica y económicamente mas adecuadas.

Esta condición de máxima eficiencia, sin embargo, siempre resultará inestable por depender de una serie de variables interdependientes entre si e influenciadas por factores externos, por lo cual el verdadero nivel de eficiencia del sistema dependerá de la existencia de un sistema de control adecuado y efectivo, orientado a mantener niveles permanentes de eficiencia del proceso.

### **2.3 TRANSFERENCIA DE CALOR EN LOS CALDEROS**

La transferencia de calor en un caldero se efectúa por Conducción, Convección y Radiación.

La *Conducción* tiene lugar fundamentalmente en los cuerpos sólidos, cuando el calor de una partícula pasa a la otra que se encuentra en contacto directo con la primera.

La *Convección* es el proceso de intercambio térmico entre las sustancias líquidas o gaseosas por una parte y los cuerpos sólidos por otra, al encontrarse en contacto directo. En el intercambio térmico actúan simultáneamente la conducción y la convección.

La Transferencia de calor por Convección tiene lugar del modo siguiente: las partículas de líquido o de gas al ponerse en contacto con la superficie del cuerpo sólido le entregan o reciben calor.

La *Radiación* es el proceso de intercambio térmico en el espacio activo de la cámara de combustión.

Al quemar Petróleo Industrial 500 da una llama radiante y larga, favoreciendo la transferencia de calor por radiación., la longitud de llama se ha ido acortando con la evolución del diseño de quemadores, mejorando las condiciones de mezcla y permitiendo diseños cada vez más compactos.

Cuando se quema Gas Natural la combustión es muy rápida y la llama muy corta y poco radiante, ya que carece de las partículas de hollín de carbono, además se obtienen emisividades de llama bajas, por consecuencia la transmisión de calor por radiación es baja.

Valores de emisividad de llama para el:

Petróleo	0.95
Gas Natural	0.2 – 0.6

En general la misma cámara de combustión de Calderos Piro tubulares puede utilizarse quemando Gas o Petróleo Industrial 500, En el caso de Calderos

Acuotubulares, la emisividad de llama es un factor que afecta la eficiencia de transferencia de calor por radiación.

## 2.4 EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN Y DE CALDERA

### 2.4.1 EFICIENCIA DE LA COMBUSTIÓN

La eficiencia de la combustión es una medida que indica cuando efectivamente la energía química contenida en el combustible ha sido liberada en forma de calor durante el proceso de combustión. La combustión es óptima cuando es completa y además se realiza con el menor exceso de aire posible.

### 2.4.2 EFICIENCIA DE LA CALDERA

La eficiencia de la caldera puede determinarse por el método Directo o de entrada-salida, mediante la expresión:

$$\eta = \dot{Q}_u / \dot{Q}_f$$

$\dot{Q}_u$  = Flujo de Calor útil absorbida por el fluido térmico.

$\dot{Q}_f$  = Flujo de Calor a consecuencia de la energía química contenida en el Combustible.

$$\dot{Q}_u = \dot{m}_v \times \Delta h$$

$$\dot{Q}_f = \dot{m}_c \times PCI$$

$$\eta = \frac{\dot{m}_v \times \Delta h}{\dot{m}_c \times PCI} \times 100\%$$

Donde:

$\dot{m}_v$  = Flujo de Vapor Saturado (kg/h).

$\Delta h = h_s - h_i$

$h_s$  = Entalpía de Vapor a la Salida, (kJ/kg)

$h_i$  = Entalpía del Agua de Alimentación (kJ/kg)

$\dot{m}_c$  = Consumo de Combustible, (kg/h)

PCI = Poder Calorífico Inferior del Combustible, kJ/kg.

Las Características de la Caldera a utilizar son:

Potencia .....	500 BHP
Marca .....	KEWANEE CLASSIC III
Tipo .....	Pirotubular
Presión de Vapor.....	150 Psig
Temperatura de ingreso del Agua.....	25 °C
Producción de Vapor.....	7841 kg/h.
Temp. de Salida de los Gases Comb.....	400°F
Ubicación de la caldera.....	a nivel del mar.

## 2.5 COMBUSTION DEL PETROLEO INDUSTRIAL 500

El Petróleo Industrial 500, es un combustible de alta viscosidad de 500 S.S.F. a 122 °F, su combustión eficiente depende de la temperatura adecuada para su viscosidad.

Se requiere de un calentamiento tanto para ser bombeado, como para su atomización.

### 2.5.1 CARACTERISTICAS DEL PETROLEO INDUSTRIAL 500

	PETROLEO INDUSTRIAL 500
Gravedad Especifica	0.9705
Densidad a 15°F	0.9699
Punto de Inflamación °F	205
Punto de Inflamación °C	96
Punto de Fluidéz °F	60.8
Punto de Fluidéz °C	16
Azufre % masa	1.2
Cenizas % masa	0.10
Vanadio, ppm	80
Poder Calorífico BTU/Lb.	18350
Poder Calorífico BTU/Gln. (Inf.)	142,652
Poder Calorífico BTU/Gln. (Sup.)	150,841
Temp. de Bombeo min. °C	50
Temperatura de Atomización:	
Tiro Forzado °C	110-120
Tiro Natural °C	120-130

Fuente: Petroperu.

## 2.5.2 RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE Y EXCESO DE AIRE

En el siguiente cuadro se muestra el exceso de aire mínimo necesario para una combustión completa y la eficiencia térmica correspondientes a la Caldera.

COMBUSTIBLE	EXCESO DE AIRE(%)	EFICIENCIA (%)
Petróleo Industrial 500	20 – 30	85

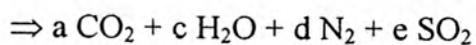
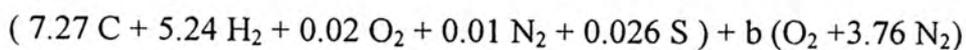
## 2.5.3 SELECCIÓN Y CALCULOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

### 2.5.3.1 CALCULO DE LA RELACIÓN AIRE/COMBUSTIBLE

**Petróleo Industrial 500**

Elemento	% Masa	Comp. Molar
C	87.26	7.27
H <sub>2</sub>	10.49	5.24
O <sub>2</sub>	0.64	0.02
N <sub>2</sub>	0.28	0.01
S	0.84	0.026
Otros	0.49	-

La Ecuación de Combustión para 100 kg de Combustible es:



Resolviendo:

$$a = 7.27, \quad b = 9.896, \quad c = 5.24, \quad d = 37.22, \quad e = 0.026$$

$\Gamma (a/c)_t$  = Relación aire combustible teórico

$\Gamma (a/c)_r$  = Relación aire combustible real

$$\Gamma (a/c)_t = (9.896 \times (32 + 3.76 \times 28)) / 100 = 13.59$$

Considerando un exceso de aire del 25%

$$\Gamma (a/c)_r = 1.25 \times 13.59 = 16.99 \text{ kg aire/kg de comb.}$$

### 2.5.3.2 FLUJO DE COMBUSTIBLE

El calculo del Flujo de combustible se muestra en el apéndice, realizado a máxima demanda de vapor y 100 % de Llama.

$$\text{El consumo de combustible} = 138 \text{ Gal./h. ( } 0.5216 \text{ m}^3/\text{h)}$$

$$\text{Densidad del combustible} = G_{\text{especifica}} \times \text{Densidad agua}$$

$$\text{Densidad del combustible} = 0.965 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 965 \text{ Kg/m}^3.$$

$$m_c = \text{Flujo de combustible en kg/h.}$$

$$\Psi = \text{Flujo de combustible en m}^3/\text{h.}$$

$$\rho = \text{Densidad del combustible kg/m}^3$$

$$m_c = \Psi \times \rho = 0.5216 \times 965 \text{ kg/h.}$$

$$m_c = 503.34 \text{ kg/h. combustible}$$

### 2.5.3.3 CALCULO DEL FLUJO DE AIRE

$$\Gamma (a/c)_r = m_a / m_c = 16.99 \text{ Kg aire/Kg de comb.}$$

$$m_{ar} = \text{Flujo de aire real en kg/h.}$$

$$m_c = \text{Flujo de combustible en kg/h.}$$

$$m_{ar} = 503.34 \times 16.99 = 8551.81 \text{ kg/h. aire}$$

$$\Psi = \text{Flujo de aire en m}^3/\text{hr.}$$

$$\Psi = m_{ar} / \rho_a$$

$\rho_a$  = Densidad del aire  $\text{kg/m}^3$ .

Densidad del aire a 1 atmósfera y  $15^\circ\text{C}$ , es  $1.2 \text{ kg/m}^3$

$V_{ar} = 8551.81 / 1.2 \text{ m}^3/\text{hr}$  aire.

$\bar{V}_{ar} = 7126.51 \text{ m}^3/\text{h}$ . ( $1.98 \text{ m}^3/\text{s}$ .)

La presión del aire al ingreso del quemador es 100mm de columna de agua.

### **Selección del Ventilador de Tiro Forzado**

De tablas Kewanee (ver Apéndice) seleccionamos la Potencia del Ventilador:

Potencia = 20 HP

Caudal =  $1.98 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Flujo de aire)

### **Flujo de Gases de Combustión**

$m_g = m_{ar} + m_c + m_{pérdidas}$

$m_g$  = Flujo de Gases de Combustión ( $\text{m}^3/\text{seg}$ .)

$m_{ar}$  = Flujo de aire real ( $\text{m}^3/\text{seg}$ .)

$m_c$  = Flujo de Combustible ( $\text{m}^3/\text{seg}$ .)

$m_p$  = Perdida de aire en el hogar de la Caldera (5% del aire teórico)

$m_{ar} = 1.98 \text{ m}^3/\text{s}$ . ( $m_{at} = 1.98 / 1.25 = 1.58 \text{ m}^3/\text{s}$ .)

$m_c = 0.000147 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$m_p = 0.05 \times 1.58 \text{ m}^3/\text{s} = 0.07918 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$m_g = 1.98 + 0.000145 + 0.0792 = 2.059 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## **2.6 COMBUSTION DEL PETROLEO D-2**

El Petróleo D-2 es un combustible destilado del Petróleo, tienen componentes más volátiles y son menos viscosos que los combustibles residuales. Además, tienen un porcentaje bajo de nitrógeno y cenizas y, usualmente contienen un bajo porcentaje de azufre. Son usados principalmente para aplicaciones comerciales y domésticas.

### 2.6.1 CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE

<b>PETROLEO D-2</b>	
Gravedad Especifica	0.8529
Densidad a 15°F	0.8592
Punto de Inflamación °F	154.4
Punto de Inflamación °C	68
Punto de Fluidez °F	15.8
Punto de Fluidez °C	-9
Azufre % masa	0.24-0.34
Cenizas % masa	0.001
Vanadio ppm	0.00
Sodio + Potasio / Sodio, ppm	0.08
Punto Final de Ebullición °F	717.8
Poder Calorífico BTU/Lb.	19540
Poder Calorífico BTU/Gln.(Inf)	130,215
Poder Calorífico BTU/Gln. (Sup.)	138,667
Temperatura de Atomización:	
Tiro Forzado °F	—
Tiro Natural °F	—

Fuente: Petroperu.  
Dpto: Mercadotecnia

### 2.6.2 RELACION AIRE COMBUSTIBLE Y EXCESO DE AIRE

En el siguiente cuadro se muestra el exceso de aire mínimo necesario para una combustión completa y la eficiencia térmica correspondientes a la Caldera.

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>EXCESO DE AIRE(%)</b>	<b>EFICIENCIA (%)</b>
Petróleo D - 2	15 – 20	85

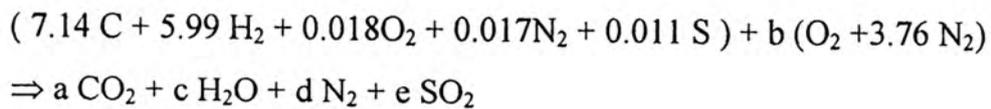
## 2.6.3 SELECCIÓN Y CALCULOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

### 2.6.3.1 CALCULO DE LA RELACION AIRE COMBUSTIBLE

#### Petróleo Diesel 2

Elemento	% Masa	Comp. Molar
C	85.62	7.140
H <sub>2</sub>	11.98	5.990
O <sub>2</sub>	0.60	0.018
N <sub>2</sub>	0.50	0.017
S	0.35	0.011
Otros	0.95	-

La Ecuación de Combustión para 100 Kg. de Combustible es:



Resolviendo:

$$a = 7.14, \quad b = 10.13, \quad c = 5.99, \quad d = 38.10, \quad e = 0.011$$

$\Gamma (a/c)_t$  = Relación aire combustible teórico

$\Gamma (a/c)_r$  = Relación aire combustible real

$$\Gamma (a/c)_t = (10.13 \times (32 + 3.76 \times 28)) / 100 = 13.91 \text{ kg aire/ kg de comb.}$$

Considerando un exceso de aire de 18%

$$\Gamma (a/c)_r = 1.18 \times 13.91 = 16.41 \text{ kg aire/ kg de comb.}$$

### 2.6.3.2 SELECCIÓN DEL FLUJO DE COMBUSTIBLE

De tablas Kewanee para una caldera de 500BHP y usando combustible D-2 (ver Apéndice):

El consumo de combustible = 149.5 Gal./h. ( 0.5651 m<sup>3</sup>/h.)

Densidad del combustible = G\_especifica x Densidad agua

Densidad del combustible = 0.918 x 1000 kg/m<sup>3</sup> = 918 kg/m<sup>3</sup>.

$m_c$  = Flujo de combustible en kg/h.

$\dot{V}$  = Flujo de combustible en m<sup>3</sup>/h.

$\rho$  = Densidad del combustible kg/m<sup>3</sup>

$m_c = \dot{V} \times \rho = 0.5651 \times 918 \text{ Kg/hr.}$

$m_c = 518.76 \text{ kg/h. combustible}$

### 2.6.3.3 CALCULO DEL FLUJO DE AIRE

$m_{ar}$  = Flujo de aire real en kg/h.

$m_c$  = Flujo de combustible en kg/h.

$r(a/c)_r = m_{ar} / m_c = 16.41 \text{ kg aire/kg de comb.}$

$m_a = 518.76 \times 16.41 = 8512.85 \text{ kg/h. aire}$

$\dot{V} = m_{ar} / \rho_a$

$\rho_a$  = Densidad del aire kg/m<sup>3</sup>.

Densidad del aire a 1atmósfera y 15 °C , es 1.2 kg/m<sup>3</sup>

$\dot{V}_a = 8512.85 / 1.2 \text{ m}^3/\text{h aire.}$

$\dot{V}_a = 7094.04 \text{ m}^3/\text{h.}$

$\dot{V}_a = 1.97 \text{ m}^3/\text{s.}$

La presión del aire al ingreso del quemador es 100 mm CDA.

### Selección del Ventilador de Tiro Forzado

De tablas Kewanee (ver Apéndice) seleccionamos la Potencia del Ventilador:

Potencia = 20 HP

Caudal =  $1.97 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Flujo de aire)

#### Flujo de Gases de Combustión

$$m_g = m_{ar} + m_c + m_{p\acute{e}rdidas}$$

$m_g$  = Flujo de Gases de Combustión ( $\text{m}^3/\text{s}$ .)

$m_{ar}$  = Flujo de aire real ( $\text{m}^3/\text{s}$ .)

$m_c$  = Flujo de Combustible ( $\text{m}^3/\text{s}$ .)

$m_p$  = Perdida de aire en el hogar de la Caldera (5% del aire teórico)

$m_{ar} = 1.97 \text{ m}^3/\text{s}$ . ( $m_{at} = 1.97 / 1.18 = 1.67 \text{ m}^3/\text{s}$ .)

$m_c = 0.000157 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$m_p = 0.05 \times 1.67 \text{ m}^3/\text{s} = 0.08 \text{ m}^3/\text{s}$ .

$m_g = 1.97 + 0.000157 + 0.08 = 2.05 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 2.7 COMBUSTION DEL GAS NATURAL

El Gas Natural es una fuente de energía con grandes ventajas sobre otras fuentes, tanto por su bajo costo como por su calidad y limpieza. A diferencia del petróleo el Gas Natural no requiere de plantas de refinación para procesarlos y obtener productos comerciales. Las impurezas que pueda contener son fácilmente separadas por procesos físicos relativamente sencillos.

El principal componente del Gas Natural es el Metano que constituye alrededor del 80%, otros componentes son el etano, propano, butano y elementos mas pesados como el pentano, exano y el heptano.

El Gas Natural que llega a nuestras plantas es básicamente metano ( $\text{CH}_4$ ), debido a que en la planta de separación se extrae los condensados y se elimina las impurezas del gas original, para favorecer su transporte distribución y empleo.

Por lo que el Gas Natural para los cálculos siguientes será solamente  $\text{CH}_4$  (metano)

### 2.7.1 CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL

El Gas Natural de Camisea está constituido por:

Composición volumétrica:

CH <sub>4</sub>	83.46%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	8.27%
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	2.98%
C4 al C12	4.29%
Azufre	0.00%

Peso específico	0.808 kg/m <sup>3</sup>
Densidad relativa al aire	0.625
Potencia Calorífica Superior	1069 Btu/pie <sup>3</sup> <math>\diamond</math> 9513.4 kcal/m <sup>3</sup> (S)
Potencia Calorífica Inferior	962.1 Btu/pie <sup>3</sup> <math>\diamond</math> 8562.0 kcal/m <sup>3</sup> (S)

Nota: (S) son condiciones estándar, 15°C y 1 atm.

Las potencias caloríficas del Gas corresponden al G.N. seco de Camisea.

El Gas Natural que llega a nuestra planta es básicamente Metano, debido a que en la planta de separación se extrae los condensados, para favorecer su transporte distribución y empleo.

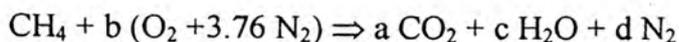
### 2.7.2 RELACIÓN AIRE / COMBUSTIBLE Y EXCESO DE AIRE

En el siguiente cuadro se muestra el exceso de aire mínimo necesario para una combustión completa y la eficiencia térmica correspondiente a la caldera.

COMBUSTIBLE	EXCESO DE AIRE(%)	EFICIENCIA (%)
Gas Natural	10 – 20	82.5

### 2.7.3 SELECCIÓN Y CALCULOS DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE

#### 2.7.3.1 CALCULO DE LA RELACION AIRE/COMBUSTIBLE



Resolviendo:

$$a = 1, \quad b = 2, \quad c = 2, \quad d = 7.52$$

$$\Gamma(a/c)_t = (2 \times (32 + 3.76 \times 28)) / (12+4) = 17.16 \text{ kg aire/kg de comb.}$$

Considerando un exceso de aire de 15 %

$$\Gamma(a/c)_r = 1.15 \times 17.16 = 19.734 \text{ kg aire/kg de comb.}$$

### 2.7.3.2 SELECCIÓN DEL FLUJO DE COMBUSTIBLE

De tablas KEWANE para una caldera de 500 BHP y usando combustible Gas Natural:

La Potencia Calorífica del Quemador es = 20,925 MBH. (miles de Btu/hora).

$$\text{Potencia Calorífica del Quemador} = m \times \text{PCI}_c$$

$$\text{PCI}_c = 42,049.7 \text{ BTU/kg.}$$

$$20,925,000 \text{ Btu/hr} = m_c \times 42,049.7 \text{ Btu/kg.}$$

$$m_c = 497.62 \text{ kg/h.}$$

### 2.7.3.3 CALCULO DEL FLUJO DE AIRE

$$\Gamma(a/c)_r = m_a / m_c = 19.734 \text{ kg aire/kg de comb.}$$

$$m_a = 497.62 \times 19.734 = 9,818.14 \text{ kg/h. aire}$$

$$V = m_a / \rho_a$$

$$\rho_a = \text{Densidad del aire kg/m}^3.$$

Densidad del aire a 1atmosfera y 15°C , es 1.2 Kg/m<sup>3</sup>

$$V_a = 9,818.14 / 1.2 \text{ m}^3/\text{h. aire.}$$

$$V_a = 8,181.78 \text{ m}^3/\text{h.}$$

$$V_a = 2.27 \text{ m}^3/\text{s.}$$

La presión del aire al ingreso del quemador es 80 mm C.D.A.

### Selección del Ventilador de Tiro Forzado

De tablas Kewanee (ver Apéndice) seleccionamos la Potencia del Ventilador:

Potencia = 20 HP

Caudal =  $2.27 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Flujo de aire)

### Flujo de Gases de Combustión:

$$m_g = m_{ar} + m_c + m_{p\acute{e}rdidas}$$

$$m_g = \text{Flujo de Gases de Combustión (m}^3/\text{s.)}$$

$$m_{ar} = 2.27 \text{ m}^3/\text{s. ( } m_{at} = 2.27 / 1.15 = 1.97 \text{ m}^3/\text{s)}$$

$$m_c = 497.62 \text{ kg/h. } \triangleleft 0.173 \text{ m}^3/\text{s ( } \rho_c = 0.8 \text{ kg/m}^3)$$

$m_p$  = Perdida de aire en el hogar de la Caldera (5% del aire teórico)

$$m_p = 0.05 \times 1.97 \text{ m}^3/\text{s.} = 0.098 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$m_g = 2.27 + 0.173 + 0.098 = 2.541 \text{ m}^3/\text{s.}$$

## 2.8 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

- De los cálculos realizados se puede ver que el volumen de gases de combustión cuando se quema Gas Natural es mayor que cuando se quema Petróleo Residual, por ende los gases de combustión en el G.N. fluirán a mayor velocidad originando una disminución en la eficiencia del caldero por este concepto.

La posibilidad evidente de trabajar con menos exceso de aire puede compensar parcialmente este factor, disminuyendo el volumen real de gases, pero al ser ellos mas calientes, resulta probable que no se llegue a transferir todo el calor potencialmente aprovechable en arreglo de tubos de calderos 2 y 3 pasos. En estos casos una opción muy interesante considera el aprovechamiento de la mayor velocidad de gases confiriendo mayor turbulencia mediante la instalación de turbuladores o torbellinadores.

- En el cuadro 2.8.1 se muestra un resumen de los costos operativos para las tres alternativas, el desarrollo de los cálculos se muestran en el capítulo III Análisis de costos operativos.

Del Cuadro observamos el consumo de combustible y sus costos al año, tanto para Petróleo D-2, Petróleo Industrial 500 y Gas Natural. Llegando a la conclusión, que el uso de Petróleo D-2, para una caldera de 500 BHP no es rentable debido al exagerado costo operativo, que comparado con el Petróleo Industrial 500, se estaría gastando en mas de US\$ 373,256 al año, lo que equivale a comprar tres calderas nuevas. Por lo que se concluye que no es conveniente económicamente utilizar Petróleo D-2 para una caldera de 500 BHP.

De las tres alternativas descartamos el uso de Petróleo D-2 y de aquí en adelante solo analizaremos al Petróleo Industrial 500 y al Gas Natural.

**CUADRO N° 2.8.1 CUADRO RESUMEN DE COSTOS OPERATIVOS**

CALDERA: KEWANEE CLASSIC III - 500 BHP  
 CARGA DE TRABAJO: 100% DEMANDA DE VAPOR  
 PORCENTAJE DE LLAMA: 100%  
 REGIMEN DE TRABAJO 8 HORAS/DIA

	PETROLEO D-2	PETROLEO R-500	GAS NATURAL
Consumo de combustible	150 Gal/h	138 Gal/h.	20,950.0 MBTU/h.
Rendimiento Térmico de la Caldera %	85	85	82.5
Consumo de Combustible al año	360,000 Gal.	331,200 Gal.	50,280 MMBTU
Precio del combustible inc. IGV	1.60 US\$/Gal.	0.61 US\$/Gal.	3.9 US\$/MMBTU
Poder Calorífico Inferior	130215 Btu/Gln.	142652 Btu/Gln	8562 Kcal/m <sup>3</sup>
Precio del combustible inc. IGV	12.30 US\$/MMBTU	4.30 US\$/MMBTU	3.9 US\$/MMBTU
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>			
<b>COSTOS OPERATIVOS POR COMBUST.</b>			
Consumo Combustible US\$/Año	489,017.0	172,300.6	162,142
Flete US\$/Año	22,890.2	21,059.0	-
Sub-total	511,907.5	193,359.6	162,142
IGV 18%	92,143.4	34,804.7	29,186
Total US\$/Año.	604,050.9	228,164.3	191,327
<b>COSTOS DE OPERACION Y MANTENIM.</b>			
Mantenimiento US\$/Año	2,100.0	2,430.0	2,550.0
Energía Eléctrica US\$/Año	-	1462.8	-
Costo de Vapor para Calentamiento	-	463.3	-
De combustible US\$/Año			
Consumo de Aditivos US\$/Año	2,736.0	2,709.2	-
Sub total	4,836.0	7,065.3	2,550
IGV 18%	870.5	1,271.7	459
Total US\$/Año.	5,706.5	8,337.0	3,009

## **2.9 FUNCIONES DEL QUEMADOR**

El Quemador representa el corazón del sistema de combustión en la Caldera y su diseño, montaje y funcionamiento, son factores determinantes para lograr el aprovechamiento racional del potencial calorífico del combustible.

El Quemador cumple las siguientes funciones en el proceso de combustión:

- Aportar combustible en las condiciones adecuadas para su adecuado encendido y combustión.
- Aportar parcial o totalmente, el aire con el oxígeno necesario para la combustión.
- Mezclar aire y combustible, aportando la energía cinética para formar la llama que resulte adecuada a la cámara de combustión y el proceso: esta es la principal función de los quemadores.
- El encendido y Quemado de la mezcla en el Quemador, se efectúa mediante un quemador auxiliar piloto o ignitor con diesel o gas, que debe mantenerse hasta que el calor liberado sea mayor que el absorbido por el medio, manteniéndose estable la llama por encima del punto de ignición.
- Desplazar los productos de la combustión, cuando se trabaja con tiro forzado.

### **2.9.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE QUEMADOR**

Para la selección del tipo de Quemador se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- La forma, dimensiones de la cámara de combustión de la Caldera Kewanee Classic III.
- Temperaturas de las paredes del hogar o cámara de combustión.
- El Funcionamiento de la Caldera es continuo.
- El Tipo de Combustible: G.N. o Petróleo R-500.
- El Régimen de Carga de la Caldera es a Máxima Demanda de Vapor.
- El Margen de Regulación entre el caudal térmico máximo y el caudal térmico mínimo deberá ser compatible con el correcto funcionamiento del Quemador (estabilidad de llama y ausencia de inquemados).
- EL Quemador deberá mantener la llama dentro de los límites de su campo de regulación, es decir mantener estable el frente de llama, incluso con la cámara de combustión fría.
- El Quemador deberá controlar la forma y dimensiones de la llama, con capacidad de poder modificarse dentro de ciertos límites, debido a una serie de variables entre las que se pueden destacar:
  - Grado de turbulencia
  - Velocidad de la mezcla
  - Exceso de aire
  - Presión de aire de combustión
  - Tamaño de las gotas pulverizadas en los combustibles líquidos.
- Deberá disponer de sistemas de Protección principalmente en los siguientes puntos:
  - Puesta en marcha: Antes de la ignición debe procederse al barrido de la cámara de combustión para evitar el riesgo de explosiones.

- Protección ante el fallo de llama: la pérdida de llama por cualquier causa debe cortar inmediatamente la alimentación de combustible.
  - Protección ante situaciones peligrosas: Bajo nivel de agua en la caldera debe cortar inmediatamente la alimentación de combustible.
  - Lograr una intensidad elevada de combustión es decir, quemar la mayor cantidad de combustible en un volumen determinado.
  - Conseguir el máximo campo de regulación que sea compatible con el rendimiento de la combustión.
  - Evitar desperfectos en las paredes o en los tubos de la cámara de combustión debido a depósitos de carbón y hollín.
  - Capacidad de modificar la forma de llama dentro de algunos límites, para permitir la posibilidad de adaptación a las dimensiones de la cámara de combustión.
- El Quemador deberá disponer de elementos auxiliares para:
    - Proteger las canalizaciones y los mezcladores de los retornos de llama
    - Encendido automático
    - Detección de las llamas
    - Regulación automática.

### **2.9.2 QUEMADOR SELECCIONADO A UTILIZAR EN LA CALDERA KEWANEE CLASSIC III**

Para la selección del Quemador se dispone de diseños recomendados por la misma Kewanee Boiler Manufacturing, específicamente diseñadas para sus Calderas, Cabe

indicar que Kewanee es una empresa americana con mas de 100 años de experiencia en la Fabricación de Calderos. La selección del Quemador se ha realizado por la elección del mejor diseño que cuenta Kewanee para la Caldera de 500 BHP, Modelo Classic III, Que tratándose de otra Caldera que no sea Kewanee y no contando la Caldera con un diseño definido del Quemador con otro tipo de combustible, habría que tomarse en cuenta las dimensiones de la cámara de combustión y el tipo de combustible, además de los criterios de diseño para una selección apropiada del quemador.

El Quemador a utilizar en la caldera Kewanee Clasicc III, es:

Tipo : PHOENX modelo PHX 500,

El cual es de diseño de tiro forzado,

Disponibilidad para Operar con: Petróleo Residual o Gas Natural, Cabe indicar que Kewanee dispone de un diseño especial para el Petróleo R-500,

El método de atomización es por aire.

Con ignición a Gas.

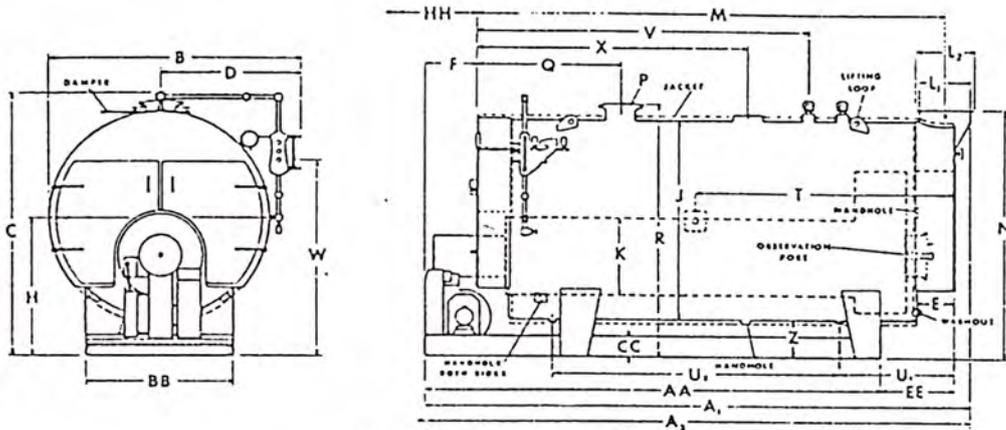
La Modulación es Total: Mientras la presión de vapor (o Temperatura de agua) se incrementa el control modulante reduce el régimen de Quemado en respuesta a la presión de vapor. Si la presión de vapor (o Temperatura de agua) disminuye el régimen de quemado aumenta. Si la Presión de vapor (o temperatura de agua) alcanza ciertos valores predeterminados el quemador se apaga.

Para mantener una aceptable relación combustible / aire Kewane dispone del diseño CAMCommand este diseño permite equilibrar la dosificación de combustible para cada flujo de aire en diferentes puntos en el rango de modulación. (ver detalles apéndice)

El Quemador esta equipado con una válvula caracterizada tipo leva con un mínimo de 16 puntos de ajustes y es capaz de lograr ajustes de mas o menos  $20^\circ$  en todo el recorrido. El motor modulador deberá mover la leva por medio a su eje.

El diferencial de fogueo es decir la relación entre el alto y bajo fuego es de 5:1.

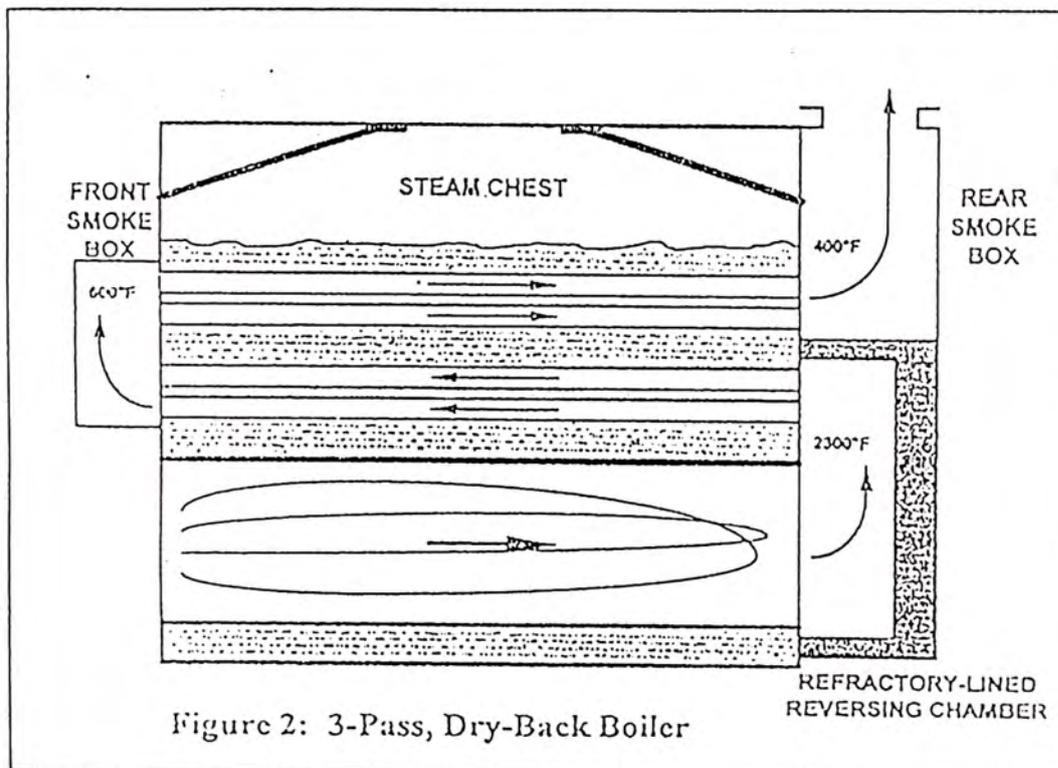
## CALDERA KEWANEE 500BHP DIMENSIONES



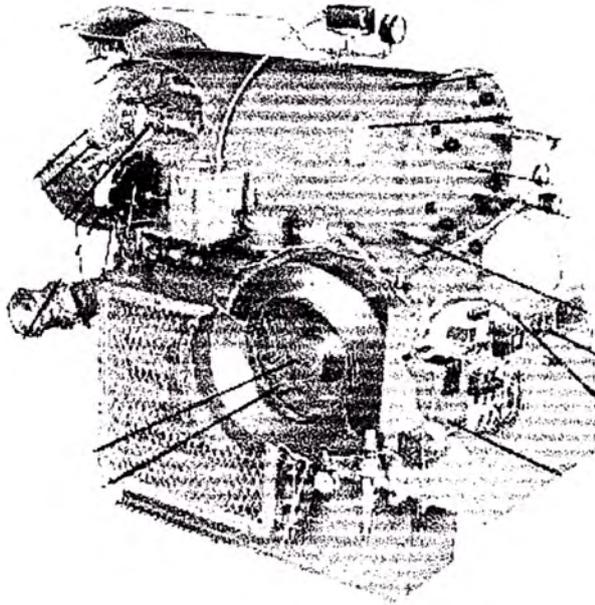
300 HP thru 1,200 HP

DIMENSIONS (feet-inches)

UNIT NUMBER	500 HP
A <sup>1</sup> - Overall Length	21' 6"
A <sup>2</sup> - Overall lgth incl tube remvl	31' 7"
B - Overall Width	9' ½"
C - Overall height	9' 11 ½"
D - Boiler Cl to greatest width	4' 11"
E - Rear fluebox to shell	1' 4"
F - Burner to front of boiler	3' 6"
H - Boiler Centerline height	5' ½"
J - Shell diameter	7' 6"
K - Furnace diameter	2' 10"
L <sup>1</sup> - Flue outlet diameter	2' 0"
L <sup>2</sup> - Flue Outlet flange diameter	2' 3"
M - Flue Outlet Centerline	16' 10 ½"
N - Flue Outlet height	9' 2"
P - Sup sz 300lb. ANSI flange	8"
Q - Supply centerline	4' 6 ½"
R - Supply height	9' 4"
T - Feedwater CL- ea side	9' 10 ½"
- Feedwater size - NPT	2 ½"
U <sup>1</sup> - Rear blowolt-CL to rear of boiler	4' 8"
U <sup>2</sup> - Blowolt CL to CL	10' 1"
Blowolt size - both - NPT	2"
V - Safety valve centerline	10' 3 ½"
W - Normal waterline	7' 6"
X - Handhole centerline	-
- Manhole centerline	7' 3 ½"
Z - Base - floor to boiler	1' 3"
AA - Base length	17' 3"
BB - Base width	5' 4"
CC - Base height	10"
EE - Base to rear of boiler	2' 9"
FF - Base to front of burner	-
HH - Tube removal space	13' 7"

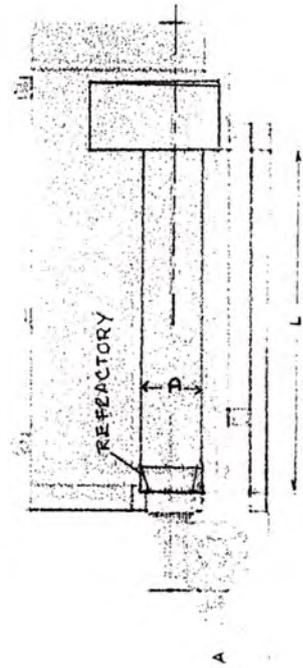
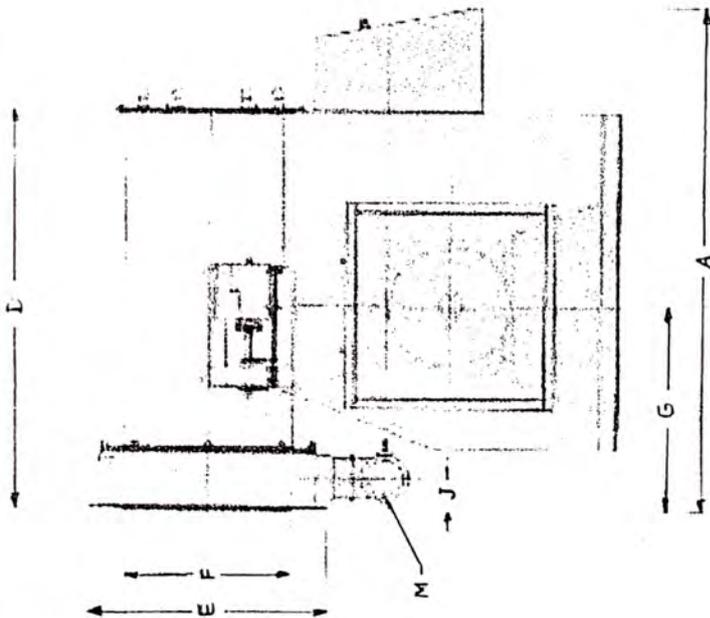
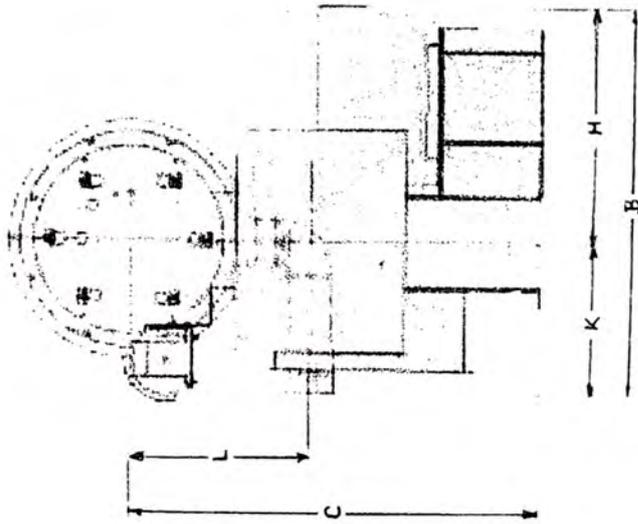
**CALDERA KEWANEE CLASSIC III****CON CAMARA DE COMBUSTION 100% SUMERGIDO EN AGUA****NUMERO DE PASOS: TRES****NIVELES DE TEMPERATURA EN LOS GASES DE COMBUSTION**

**QUEMADOR A GAS NATURAL KEWANEE**



# QUEMADOR KEWANEE MODELO PHX 500

Dimen. Pulg.	DESCRIPCION	PHX 500
A	Largo Total	53.5
B	Ancho Total	38.62
C	Eje del Quemador a la Base	38.56
D	Borde de la Base a Plato de Montura	41.44
E	Diámetro del Plato de Montura del Quemador	23.00
F	Diámetro del Anillo de Gas	14.16
G	Plato de Montura al eje del Motor	24.50
H	Motor al Centro del Quemador	22.62
J	Línea Suministro Gas al Plato de Montura	3.50
K	Centro del Quemador a Línea Suministro Gas	12.00
L	Centro del Cabezal a Línea Suministro de Gas	18.56
M	Tamaño Línea Suministro de Gas	3.00



D = 33" L = 143"

## DIMENSIONES MINIMAS DE LA CAMARA DE COMBUSTION

## CAPITULO III

### INGENIERIA DEL PROYECTO

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA CALDERA

La Caldera de 500BHP, trabajara a nivel del mar, se analizará la viabilidad técnica, la rentabilidad económica y el impacto ambiental, en el uso del tipo de combustible adecuado, para ello se analizarán los siguientes combustibles, Petróleo Industrial 500 y el Gas Natural, cada uno con un tipo de quemador respectivo. Cabe indicar que solo se hará un análisis de costos operativos para el Petróleo D-2., toda ves que esta alternativa ha sido descartada en el capitulo II.

Potencia .....	500 BHP
Marca .....	Kewanee Classic III
Tipo .....	Pirotubular
P_Vapor.....	150 Psig
T-Ingreso Agua.....	25 °C
Producción de Vapor.....	7841 kg/h.
Temperatura salida gases Comb.....	400 °F
Ubicación de la caldera.....	a nivel del mar.

### 3.2 CALCULO DE POTENCIA DEL QUEMADOR

hi\_agua = Entalpía del agua de ingreso a Caldera = 104.5kJ/kg.

hs\_agua = Entalpía del agua de salida a Caldera = 2785.5kJ/kg.

$$\underline{\underline{Potencia = \dot{m} \times (hs - hi)}}$$

Potencia = 7841 kg/h x(2785.5-104.5) kJ/kg = 21'021,721 kJ/h <> 19'956,824.82Btu/h

Considerando pérdidas del 4.6%, por lo tanto se requiere:

$$\underline{\underline{Potencia del quemador = 20'925,000 Btu / h.}}$$

Como verificación usando tablas Kewanee seleccionamos la Potencia del quemador para una caldera de 500 BHP.....Potencia = 20'925,000 BTU/h. (con lo cual queda verificada la potencia calculada).

### 3.3 CALDERA OPERANDO CON PETROLEO INDUSTRIAL 500

De tablas Kewanee (Ver apéndice) seleccionamos los datos del combustible:

Flujo. ....140 Gal/h

Temp. de Ingreso .....125 °C

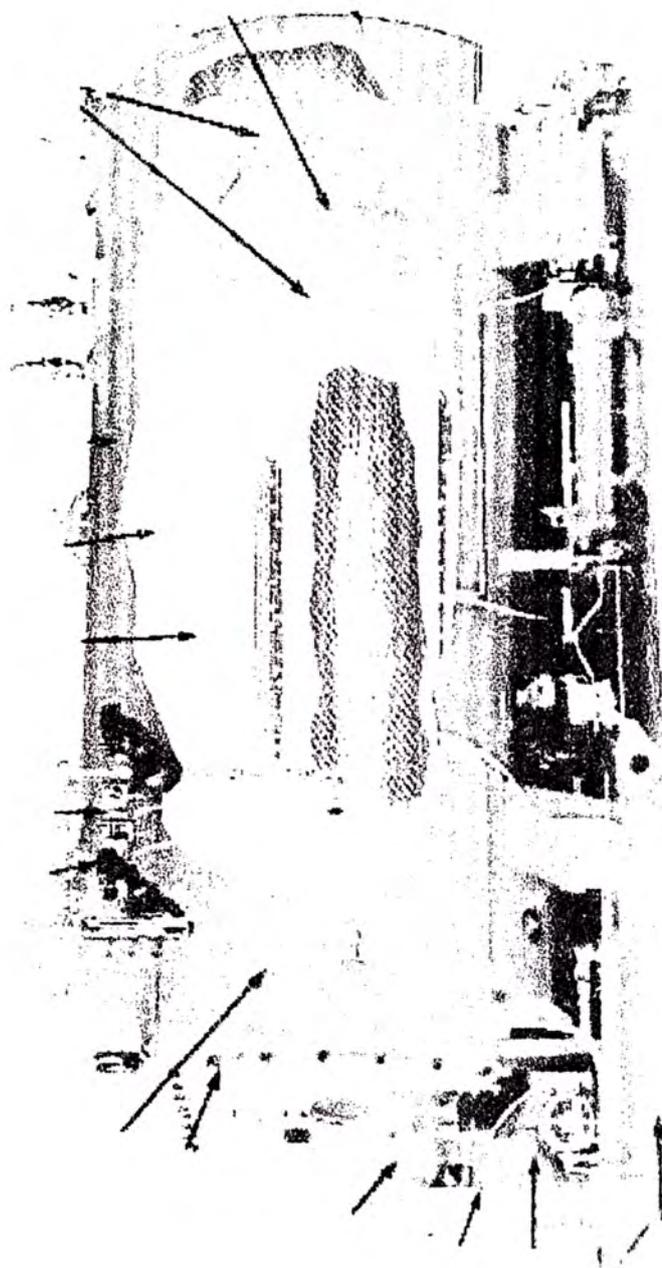
Presión Comb.....45 Psig

Presión aire atomización.....20 Psig

Combustible Primario.....Petróleo Industrial 500

Combustible piloto.....Gas GLP

CALDERA PIROTUBULAR KEWANEE  
COMBUSTIBLE PETROLEO R-500



### 3.3.1 DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA

El sistema de alimentación de combustible a la Caldera con Petróleo Residual 500, requiere de los siguientes equipos y accesorios:

1. Tanque Cisterna
2. Bomba de Trasvase de Cisterna a Tanque Diario
3. Tanque Diario
4. Filtro de Combustible
5. Bomba de abastecimiento a Caldera
6. Calentador de Combustible Mixto.
7. Reguladores de Presión del Combustible.
8. Leva Moduladora. (Regulación aire / combustible)
9. Válvulas Solenoides
10. Quemador para R-500

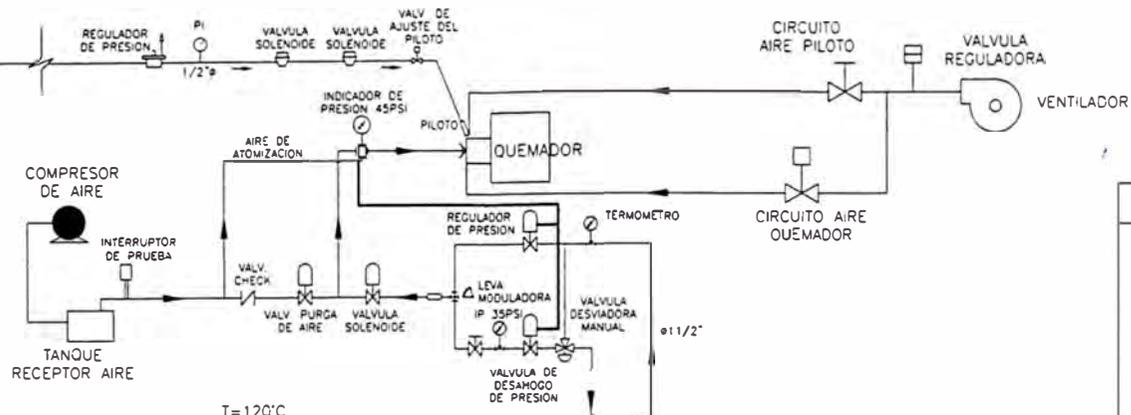
Ver diagrama de Flujo en la página siguiente.

El Petróleo Residual es distribuido en el sistema por la bomba de suministro de combustible la cual succiona del tanque diario a una temperatura de 80 °C, Parte del combustible es llevado al calentador del petróleo, el resto del petróleo regresa al tanque de almacenamiento a través de una válvula de desahogo del combustible.

El precalentador combinado eléctrico y vapor es controlado por termostatos, calentando el combustible a una temperatura de 125 °C. El termostato del calentador eléctrico activa el calentador eléctrico que se provee para suministrar petróleo en arranques fríos. El termostato del calentador a vapor controla la operación de la válvula solenoide del vapor para permitir el flujo de vapor al calentador cuando hay vapor.

## DIAGRAMA DEL SISTEMA DE ALIMENTACION COMBUSTIBLE CALDERA PIROTUBULAR DE 500BHP USANDO PETROLEO R-500

VENTILADOR DE TIRO FORZADO	
CANT:	1
TIPO:	CENTRIFUGO
POTENCIA:	20HP, 220V, 60Hz, 3Ø
CAUDAL:	2.09 m <sup>3</sup> /s

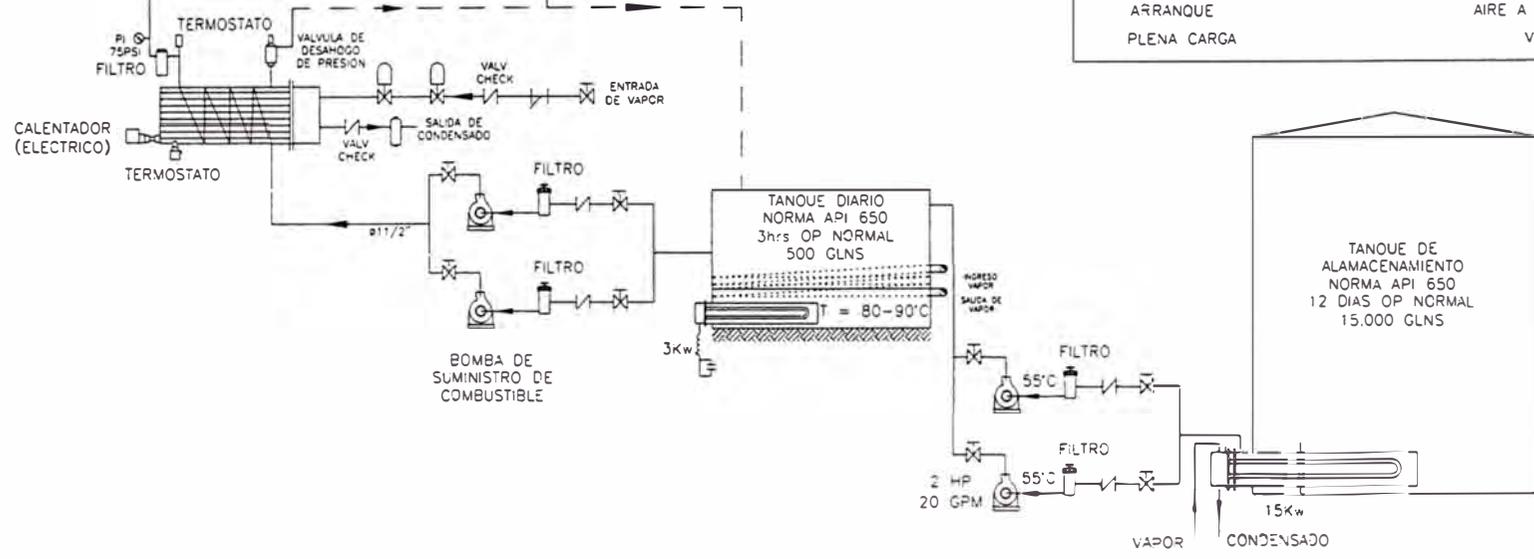


COMPRESOR - ATOMIZACION	
CANT:	1
TIPO:	PISTON
POTENCIA:	5HP, 220V, 60Hz, 3Ø
CAUDAL:	

CALENTADOR ELECTRICO Y/O VAPOR	
CANT:	1
TIPO:	CONTACTO INDIRECTO
POTENCIA:	10,000 WATTS

BOMBA DE COMBUSTIBLE	
CANT:	1
TIPO:	ENGRANAGE
POTENCIA:	3/4HP, 220V, 60Hz, 3Ø
CAUDAL:	139.5 GPH

QUEMADOR PARA PETROLEO INDUSTRIAL 500	
POTENCIA:	20'295,000 BTU/hr
PRESION :	45 PSI
RANGO DE REGULACION	MODULACION TOTAL
TEMP. INGRESO DEL COMBUSTIBLE:	120°C
EXCESO DE AIRE A LA POTENCIA NOMINAL	30%
ATOMIZACION	
ARRANQUE	AIRE A PRESION
PLENA CARGA	VAPOR



TANQUE DE ALMACENAMIENTO NORMA API 650 12 DIAS OP NCRMAL 15.000 GLNS	
---	--

El Petróleo caliente pasa a través de un filtro para evitar que penetren, materiales extraños en las válvulas de control y en la boquilla.

El controlador de petróleo tiene en una sola unidad las válvulas necesarias, reguladores e indicadores para regular la presión y el flujo de petróleo al quemador.

El rele programado activa o desactiva la válvula solenoide del petróleo para permitir el cierre del flujo al quemador. El solenoide se cierra al desactivarse. No puede abrirse (activarse) a menos que estén cerrados el interruptor de prueba del aire de combustión, el interruptor de prueba del aire atomizado, el interruptor por baja temperatura del petróleo y cualquier otro interruptor de presión. Estos se satisfacen respectivamente, por suficiente presión de aire de combustión del ventilador de aire forzado, aire presurizado del compresor de aire y suficiente temperatura y presión del petróleo.

El flujo del petróleo al Quemador está controlado por el movimiento del vástago de la válvula medidora del petróleo, que varía el flujo para satisfacer demandas de carga. La válvula medidora y la compuerta de aire están controladas simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir el aire de combustión y combustible para los cambios en las demandas de carga.

El Petróleo se purga por medio del inyector del Quemador después de cada paralización del Quemador. La válvulas solenoide de purga del aire se abren al cerrarse la válvula del combustible y desvía el aire atomizado a través de la línea de petróleo. Esto asegura que la boquilla y la línea estén limpias para el arranque subsiguiente.

### 3.3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO, INSTALACIÓN Y PRUEBAS

Las siguientes Normas y Reglamentos son considerados esenciales para el diseño e instalación del sistema de alimentación de combustible a la Caldera con Petróleo Residual 500.

MEM	Reglamento de Seguridad, Almacenamiento y Transporte de Hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas.
MEM	Reglamento de Seguridad para la Instalación y Transporte de GLP.
ASTM A-53, A-106 Gr. B S/C	Para tuberías de acero
ASME B31.4	Norma para Pruebas de Presión de Tuberías Instaladas
AWS	Norma para Soldadura
ASME secc, IX	Normas de calificación para procedimientos de Soldado, Soldadores y Operarios.
API 650	Norma para Fabricación de Tanques de combustible.
ASME secc. I	Calderas de Potencia.
ACI 318-56	Requisitos de construcción para concreto reforzado, regirá a todo el diseño de concreto y las especificaciones para el cemento, los agregados y las mezclas y vaciados de ellos.
ASME secc. VI	Reglas de Mantenimiento y funcionamiento de Calderas.

#### 3.3.2.1 MATERIALES

Las tuberías serán de Acero al Carbono, Schedule 40, ASTM A53 Grado B sin costura, para uniones roscadas u otro tipo según se especifique en los planos.

Las planchas y perfiles serán de Acero Estructural de acuerdo a la Norma ASTM A36

Los pernos y tuercas de acero al carbono de alta resistencia de acuerdo a las normas ASTM A 325.

Los accesorios como son los codos, Tees, reducciones serán ASTM A197.

Los electrodos para la soldadura serán de acuerdo a norma AWS E6011, E7018.

### **3.3.2.2 PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA EL ARMADO DE TUBERÍAS**

- 1.- Arenado y pintado de las tuberías con base anticorrosiva epóxica
- 2.- Proceso de armado de tubos (unión soldable o roscada).
- 3.- Lavado interior de las tuberías (agua a presión y secado con aire a presión)
- 4.- Instalación de las tuberías.
- 5.- Pintado de acabado, de las tuberías, con esmalte epóxico.

Toda instalación de tuberías será de acuerdo a ASME B31.4

Las conexiones de la línea y accesorios deberán ser absolutamente herméticas, utilizando en las conexiones roscadas (cuando se requiera) un sello o adhesivo apropiado y una empaquetadura de asbesto intermedia entre bridas de empalme, también puede usarse cinta teflón de 1/8 de alta hermeticidad.

Los empalmes soldados de la línea deberán ser a tope previa preparación de las superficies a unir, tales como la remoción de escorias, óxidos, pinturas, y otros elementos que pudieran perjudicar la unión. Las partes a unir deben achaflanarse para una buena penetración del cordón de soldadura, teniendo cuidado de alinear la junta con el espesor de la pared de emparejamiento.

Todas las tuberías deben necesariamente lavarse, arenarse y secarse antes de entrar en operación.

### **3.3.2.3 PINTURA**

Las superficies metálicas de todas las tuberías de acero antes de ser pintadas en taller, serán sometidas a limpieza por sopleteado antes de la limpieza con chorro de arena.

Todas las superficies metálicas en general serán sometidas a un proceso de arenado a metal blanco, según Norma SSPC-SP-5, la arena que se emplee para la remoción de

aceite o grasa aunque solo sea en cantidades pequeñas no debe ser utilizado para la limpieza de otras partes.

Se usará arena libre de humedad con tamaños de partículas correspondiente a un tamaño entre mallas N°16. Las superficies deben pintarse después de 2 horas de efectuada la limpieza de la misma y en ningún caso se debe exceder de las 4 horas.

En todos los casos se usara pintura EPOXICA anticorrosiva.

BASE: Aplicar dos manos de Anticorrosivo Epóxico, espesor mínimo de 6 mills.

ACABADO: Aplicar dos manos de esmalte color Amarillo a base de Resina Epóxica Anticorrosiva , espesor mínimo de 6 mill.

#### **3.3.2.4 LIMPIEZA DE TUBERÍAS**

La limpieza interior de las tuberías se hará venteando con fuerza, usando aire seco libre de aceite., para remover todas las estrías, mohos y otros agentes extraños impregnados en el interior de las tuberías.

#### **3.3.2.5 PRUEBA EN TUBERIAS**

Se realizará de acuerdo con el American National Standar Code for Pressure Piping , ANSI B31.4, "Liquid Petroleum Transportation Piping system".

Para las tuberías de acero al carbono las presiones de Prueba serán de 1.5 veces las presiones de trabajo de las tuberías, la misma que debe mantenerse por lo menos durante 45 minutos.

### **3.3.2.6 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

El arranque y funcionamiento de prueba se ejecutará de acuerdo con las normas aplicables, reglamentos, y a las recomendaciones de los fabricantes de los accesorios. Será necesario convocar la participación de un representante calificado de los fabricantes de los equipos para que asesore en los procedimientos de pruebas de funcionamiento y arranque de la instalación.

El contratista de obra es responsable de la revisión cuidadosa de cada accesorio antes de efectuar cualquier tipo de prueba. Debe asegurarse que cada accesorio este correctamente instalado y fijado además que no existan elementos que interfieran con las partes del accesorio.

El contratista de obra será responsable de todo trabajo requerido para poner los equipos en condiciones inmejorables de funcionamiento. Esto incluirá trabajos no indicados en los planos o requeridos en las especificaciones, pero considerados como parte normal para el proceso de montaje de los equipos.

### **3.3.3 PRESUPUESTO DEL SISTEMA PETROLEO INDUSTRIAL 500**

Ver desarrollo del presupuesto en la página siguiente, el Presupuesto es en US\$, ala fecha de setiembre del 2001.

**CUADRO N°3.3.3.1**  
**PRESUPUESTO**  
**CALDERA PIROTUBULAR 500 BHP**  
**PETROLEO INDUSTRIAL 500**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT US\$	P.PARCIAL US\$
1.00	<b>TANQUE CISTERNA R-500</b>				
	TANQUE DE 15,000 GALONES	U	1	12,750	12,750
	CALENTADOR A VAPOR EN LA SUCCION DE 15 Kw	GLB	1	500	500
	INSTALACION DE TANQUE Y ACCESORIOS	GLB	1	800	800
	TOTAL ITEM 1.00				<b>14,050</b>
2.00	<b>TANQUE DIARIO R-500</b>				
	TANQUE DE 500 GALONES	U	1	450	450
	CALENTADOR ELECTRICO Y VAPOR DE 3 Kw	GLB	1	250	250
	INSTALACION DE TANQUE Y ACCESORIOS	GLB	1	300	300
	TOTAL ITEM 2.00				<b>1,000</b>
3.00	<b>SISTEMA DE BOMBEO DE TANQUE CISTERNA A TANQUE DIARIO</b>				
	BOMBA DE PETROLEO	U	2	700	1,400
	FILTRO PARA PETROLEO	U	2	250	500
	VALVULAS DE COMPUERTA	U	4	60	240
	TUBERIAS DE Ø 2" Y ACCESORIOS	GLB	1	800	800
	INSTALACION	GLB	1	300	300
	TOTAL ITEM 3.00				<b>3,240</b>
4.00	<b>QUEMADOR PARA PETROLEO R-500</b>	GLB	1	29,700	29,700
	INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS				
	<b>- SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMB. A CALDERA</b>				
	BOMBA DE PETROLEO, 3/4HP, 220V, 60Hz, 3Ø				
	FILTRO PARA PETROLEO				
	VALVULAS DE COMPUERTA				
	<b>- SISTEMA DE ALIMENTACION DE AIRE PARA COMB.</b>				
	VENTILADOR DE TIRO FORZADO, 20HP, 220V, 60Hz, 3Ø				
	<b>- SISTEMA DE PRECALENTAMIENTO VAPOR/ELECTRICO</b>				
	CALENTADOR ELECTRICO, 10Kw.				
	TERMOSTATO				
	VALV. SOLENOIDE				
	VALV. DE ALIVIO PARA RETORNO DE PETROLEO				
	TERMOMETRO 0-200°C				
	MANOMETRO				
	VALV. COMPUERTA				
	FILTRO				
	<b>- SISTEMA DE ATOMIZACION POR COMPRESION DE AIRE</b>				
	COMPRESOR DE AIRE TIPO PISTON, 5HP, 220V, 60Hz, 3Ø				
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO				
	INTERRUPTOR DE PRUEBA				

**CUADRO N°3.3.3.1 (Continuación)**  
**PRESUPUESTO**  
**CALDERA PIROTUBULAR 500 BHP**  
**PETROLEO INDUSTRIAL 500**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT US\$	P.PARCIAL US\$
	<b>- SISTEMA DE ENCENDIDO POR PILOTO A GAS</b>				
	TRANSFORMADOR DE IGNICION				
	VALVULA MAXITROL				
	VALVULA SOLENOIDE				
	<b>- SISTEMA AUTOMATICO DE MODULACION</b>				
	MOTOR MODUTROL HONEYWELL				
	VALVULAS REGULADORAS DE PETROLEO				
	<b>- SISTEMA DE COMBUSTION</b>				
	VALV. MAXITROL				
	REGULADOR DE PRESION				
	VALV. INGRESO DE GAS ON/OFF				
	<b>- SISTEMA DE CONTROL DE FLAMA COMPUTARIZADO</b>				
	PROGRAMADOR (Micro Procesador Honeywell)				
	Con secuencia de Purga, Encendido, Piloto, Llama baja, Llama Alta				
	<b>INSTALACION DEL QUEMADOR</b>	GLB	1	1,800	1,800
	TOTAL ITEM 4.00				<b>31,500</b>
5.00	<b>LINEA DE GAS GLP, PILOTO</b>				
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 45Kg	GLB	1	100	100
	INSTALACION DE TANQUE, Y LINEA DE GLP	GLB	1	950	950
	INCLUYE ACCESORIOS				
	TOTAL ITEM 5.00				<b>1,050</b>
6.00	<b>INSTALACION LINEA DE VAPOR</b>				
	INST. LINEA DE VAPOR A CALENTADOR MIXTO	GLB	1	450	450
	INST. LINEA DE VAPOR A TANQUE DIARIO Y CISTER.	GLB	1	600	600
	INST. LINEA DE VAPOR A LINEA DE ATOMIZACION	GLB	1	350	350
	TOTAL ITEM 6.00				<b>1,400</b>
7.00	<b>ASESORAMIENTO TECNICO</b>	GLB	1	2,500	<b>2,500</b>
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>54,740</b>
GASTOS GENERALES 5%C.D.					2,737
UTILIDADES 5% C.D.					2,737
<b>TOTAL SIN IGV EN US\$</b>					<b>60,214</b>
IGV 18%					10,839
<b>TOTAL EN US\$, INCLUIDO IGV</b>					<b>71,053</b>

### 3.4 CALDERA OPERANDO CON GAS NATURAL

Características del Gas Natural seco de Camisea.

Poder Calorífico Superior.....9,513.3 Kcal/m<sup>3</sup>.(S)

Poder Calorífico Inferior .....8,562.0 Kcal/m<sup>3</sup>.(S)

Gravedad específica.....0.625

Peso Especifico G.N.....0.80 kg/m<sup>3</sup>

#### 3.4.1 DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA

El sistema de alimentación de combustible a la Caldera con G.N. esta compuesto:

- Estación Receptora o de Regulación y Medida
- Red interior de tuberías
- Equipos de Regulación al Quemador.

Ver diagrama de flujo del sistema a G.N. en la pagina siguiente.

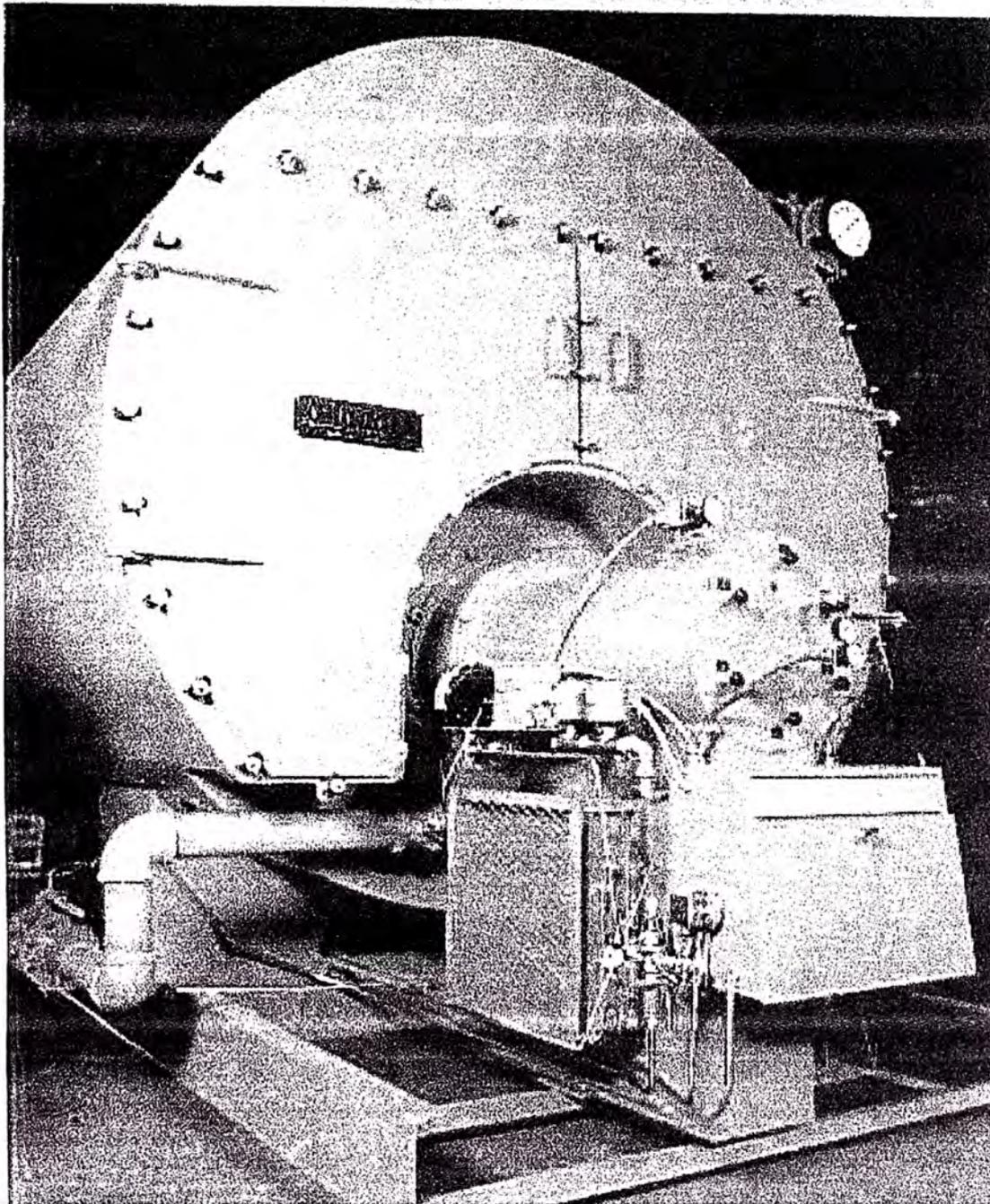
❖ Segunda consideración: El abastecimiento de G.N. será continuo.

##### 3.4.1.1 ESTACION RECEPTORA O ESTACION DE REGULACIÓN Y MEDIDA

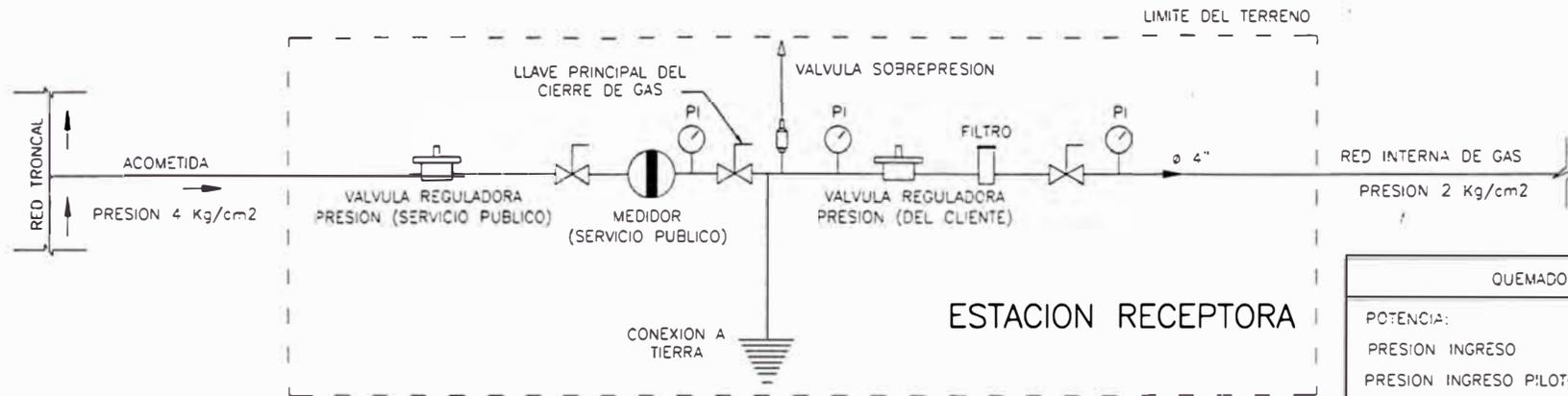
Se denomina, así al conjunto de elementos (filtros, reguladores de presión, tuberías, contador, válvulas de seguridad y seccionamiento, bridas, etc.) que tienen por misión reducir y mantener a un valor constante la presión del gas a la salida de la misma. Así mismo, controla y mide el volumen de gas que ha sido suministrado a la industria.

El terreno escogido para la instalación receptora será fácilmente accesible, estando lo mas cerca posible a la vía publica, además estará suficientemente alejada de los accesos a otros edificios y talleres, de tal forma que los posibles escapes de gas no puedan alcanzar los locales vecinos.

**CALDERA PIROTUBULAR KEWANEE  
COMBUSTIBLE GAS NATURAL**

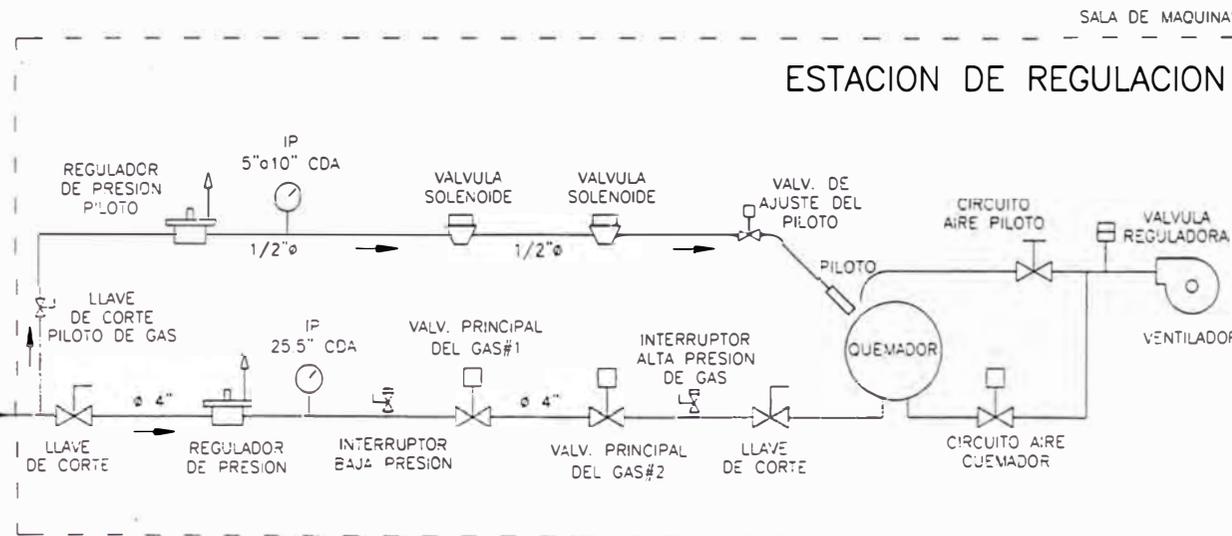


## DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE COMBUSTIBLE CALDERA PIROTUBULAR DE 500BHP USANDO GAS NATURAL



### ESTACION RECEPTORA

QUEMADOR PARA GAS NATURAL	
POTENCIA:	20'295,000 BTU/hr.
PRESION INGRESO	25.5" CDA
PRESION INGRESO PILOTO	10" CDA
RANGO DE REGULACION	MODULACION TOTAL
EXCESO DE AIRE A LA POTENCIA NOMINAL:	15%

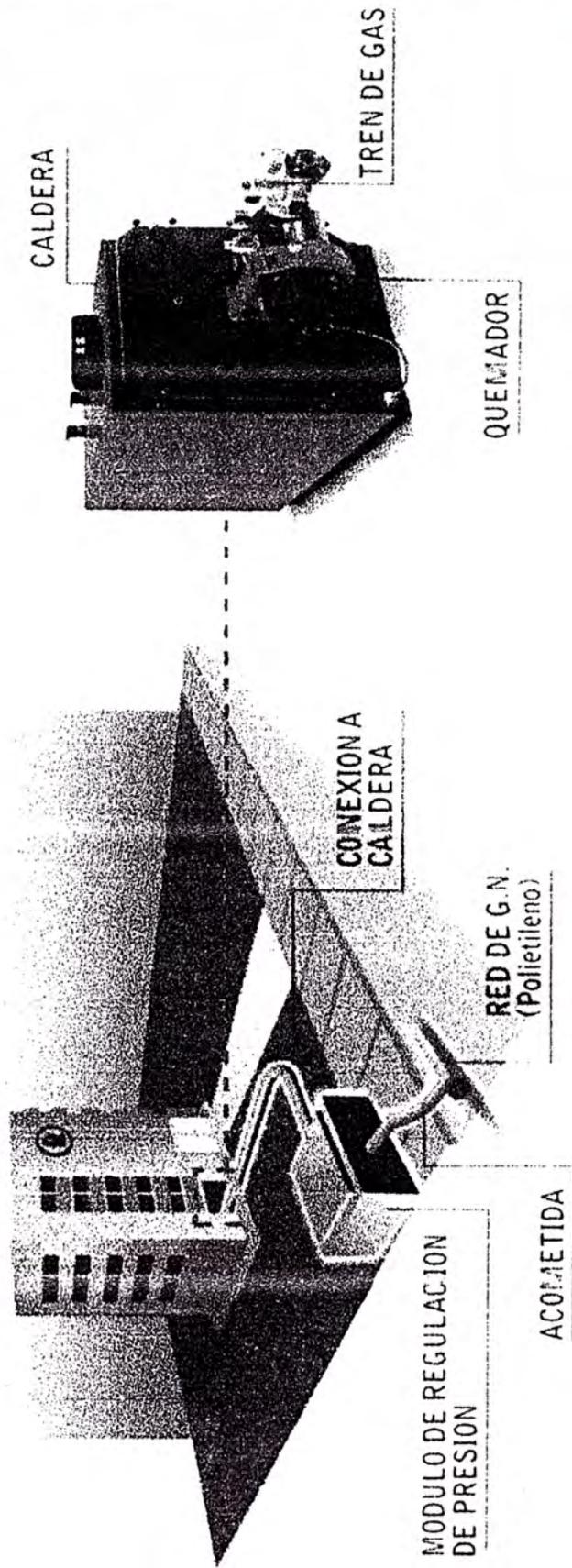


### ESTACION DE REGULACION

VENTILADOR DE TIRO FORZADO	
CANT:	1
TIPO:	CENTRIFUGO
POTENCIA:	20HP, 220V, 60Hz, 3Ø
CAUDAL:	2.08 m³/s

# Distribución de Gas Natural

## Elementos de la Red Industrial



La conexión de la estación receptora a la red de distribución exterior, mejor dicho, a la válvula del ramal de alimentación, se realizará con una tubería capaz de resistir la presión de servicio de la tubería de la empresa suministradora.

Así mismo antes de la entrada a la estación receptora se instalará una válvula de interceptación de apertura y cierre rápido (un cuarto de vuelta), fácilmente accesible y claramente señalizada, que permita aislar la estación.

La estación receptora estará instalada al aire libre protegida por tres muros, de ésta forma se estará garantizando las mejores condiciones de ventilación.

La estación receptora contará además con un sistema de seguridad a tierra cuya resistencia será inferior a 10 Ohmios.

Las tuberías de escape de las válvulas de salida a la atmósfera se prolongarán por encima del local, por lo menos un metro sobre el punto más alto del techo.

Se instalarán extintores de polvo seco en número suficiente en las proximidades de la estación y fuera de la misma.

Se colocarán letreros de prohibición de fumar o producir chispas en la cámara de regulación, en número suficiente y en lugares visibles.

Instalaciones eléctricas:

En el interior de la estación se permitirá solamente la conexión a una red de baja tensión (220voltios).

Las instalaciones eléctricas interiores (Iluminación, interruptores, cables, etc.) cumplirán las prescripciones para baja tensión y en particular el artículo a que se refiere a locales que presentan peligros de incendio o explosión.

Todas las instalaciones interiores y las conducciones eléctricas, en toda su longitud, se efectuarán bajo tubo de acero.

No se permitirá ninguna toma de corriente en el interior de la estación.

Con respecto a la seguridad contra el exceso de presión a la salida del regulador, por funcionamiento defectuosos de éste, o por cualquier otra causa, cada línea de regulación irá equipada con dos válvulas de seguridad diferentes que, independientemente una de la otra, impidan a la salida del regulador un aumento de la presión superior a los límites fijados en sus condiciones de trabajo. Una de las válvulas actuara como reserva de la otra. Una de estas válvulas será de rearme manual, es decir necesita la intervención del hombre para restablecer sus condiciones de trabajo. La otra será automática, restableciéndose las condiciones de trabajo tan pronto como cese la anormalidad (válvula de resorte). La primera de estas válvulas se podrá utilizar para cortar la alimentación de la línea si la presión de salida del regulador desciende por debajo del valor mínimo fijado para su buen funcionamiento (válvula de seguridad de máxima y mínima presión).

Los representantes de la Empresa distribuidora de gas tendrán acceso libre a la cabina en todo momento, sin perdida de tiempo. Quedando reducidas las formalidades eventuales al mínimo.

*El contador* que será admitido deberá estar homologado y verificado por las autoridades correspondientes, y serán autorizados de acuerdo con las normas que establezca la empresa suministradora de gas.

En general los sistemas de contaje normalmente utilizados para el gas natural son: el Volumétrico ( membrana, pistones rotativos u otro tipo con totalizador e integrador), el de turbina (paletas, hélice, turbina, etc.).

El uso del G.N. tiene incidencia en las cámaras de combustión de las calderas, pueden reducirse con respecto a las dimensiones corrientes de estas, pues la perfecta

mezcla de aire/gas y la rápida combustión de éste, permite aumentar la carga térmica específica.

### **3.4.1.2 RED INTERIOR DE TUBERÍAS**

Las Tuberías serán de Acero al Carbono, API 5L Grado B sin costura.

Se recomienda usar para tubos de pequeño diámetro y alta presión, siempre que sea posible la unión por soldadura o bridas o bien anillos del tipo Ermeto.

Se recomienda utilizar las bridas para presiones comprendidas entre 2 y 12 kg/cm<sup>2</sup> del tipo PN16 con cuello.

Las tuberías no deberán empotrarse en muros, ni paredes ni recintos pocos ventilados.

Los tubos se sujetaran a las paredes y otros elementos fijos de la construcción mediante grapas. La distancia entre éstas será de 1.8 m, para los de acero inferior a 15mm; y de 2.5m para los de acero superior a este diámetro. Las uniones roscadas se sellaran con teflón o similar.

Los tubos de acero llevaran dos manos de imprimación anticorrosiva, con acabado de color amarillo.

La acometida estará puesta a tierra con una resistencia inferior a 10 ohmios.

Las Planchas y perfiles serán de Acero Estructural de acuerdo a la Norma ASTM A36

Los Pernos y tuercas de acero al carbono de alta resistencia de acuerdo a las normas ASTM A 325.

Los Accesorios como son los codos, Tees, reducciones serán ASTM A197.

Los soportes de tuberías, Fabricadas o de tipo especial deben estar de acuerdo con los detalles especificados en los planos de diseño.

Los electrodos para la soldadura serán de acuerdo a norma AWS E6011, E7018.

Las tuberías no se deben empotrar en muros

### **3.4.1.3 EQUIPOS DE REGULACION**

Equipos de Regulación: se denomina, así al conjunto de elementos (válvulas, manómetros, filtros y reguladores de presión) que tienen por misión filtrar, regular y mantener la presión del gas dentro de los límites requeridos para el buen funcionamiento del quemador.

**Filtros:** El filtro tiene por objeto retener el polvo, agua, aceite o impurezas de arrastre transportadas por el gas en las tuberías, de forma que no solo retenga las partículas más pequeñas, sino que lo hagan provocando una pérdida de carga aceptable. El gas penetra en el filtro entre el cuerpo exterior y el cartucho filtrante, y sale por el centro del mismo después de filtrado.

**Válvula piloto del gas:** Válvula solenoide que se abre durante el periodo de la ignición para dejar pasar combustible al piloto. Se cierra después que se encienda la llama principal, la secuencia de activación y desactivación esta controlada por el rele programado. Regulaciones de seguros pueden requerir una segunda válvula de este tipo.

**Válvula respiradera del piloto de gas:** Cuando se requiere una segunda válvula del piloto de gas se instala una válvula respiradera normal entre las dos. El propósito es ventilar los gases a la atmósfera en caso el caso este presente en la línea cuando se cierran las válvulas del piloto. La válvula se cierra cuando se activan las válvulas del piloto.

**Llave de cierre del piloto de gas:** Para abrir y cerrar manualmente la alimentación de gas a la válvula del piloto.

**Llave de ajuste del piloto de gas:** Se provee para regular el tamaño de la llama del piloto.

**Aspirador del piloto de gas:** Aumenta el flujo de gas al piloto.

**Indicador de presión del gas:** Indica la presión del gas al piloto.

#### VÁLVULAS REGULADORAS – REDUCTORAS

La distintas presiones en el transporte y distribución del gas, así como en la alimentación del quemador, exige la instalación de reguladores de presión cuya función específica es:

- Reducir la presión del gas al límite deseado
- Mantener prácticamente constante y sin oscilaciones dicha presión reducida, aunque varíe entre ciertos límites la presión a la entrada del regulador y se mantenga un campo de caudales dentro de límites definidos.

Las cualidades que debe reunir un regulador son:

- Fidelidad: Un regulador es fiel si, colocados en la misma condiciones de presión de entrada y caudal, para una regulación determinada, da siempre, en régimen permanente, la misma presión de salida.
- Precisión: la precisión de un regulador está caracterizada por la diferencia entre los valores máximos y mínimos de la presión de salida para una regulación determinada del aparato y por todos los valores de la presión de entrada y de caudal correspondientes a su campo de variación.

- Sensibilidad: Como consecuencia de las imperfecciones mecánicas, cuando el régimen de funcionamiento de un regulador cambia, el obturador permanece inmóvil durante cierto tiempo.
- Estabilidad: Consideremos un sistema en régimen permanente. A consecuencias de una perturbación (variación de presión o variación del caudal, por ejemplo) el regulador reacciona (las partes móviles del regulador entran en acción). Si el sistema es estable, alcanzará un nuevo régimen permanente después de un corto período de régimen transitorio, en el transcurso del cual los diferentes valores no presentaran grandes oscilaciones.
- Estanqueidad al cierre: Normalmente es necesario que al cierre del obturador, el caudal sea nulo, con el objeto de evitar peligrosas subidas de presión.
- Sobrepresión al cierre: Según la red de tuberías a la que el reductor está conectado, y según la manera de realizar la interrupción del caudal, el reductor puede dar una presión de salida que crece cuando se produce el cierre. Se corrige mediante una pequeña válvula de seguridad que descarga en la atmósfera dicha sobrepresión.
- Límites de Presión y caudal: Todo regulador-reductor funciona siempre entre dos límites:
  - De Presión de entrada: Presión máxima de servicio (inferior a la presión nominal en general ) y presión mínima de funcionamiento.

- De caudal: desde el cierre hasta la abertura máxima del obturador, el caudal va aumentando, y su máximo es función de las dimensiones geométricas del obturador y de las condiciones de presión.
- De presión de regulación: cada reductor está concebido para proporcionar una cierta gama de presiones de salida.

*Válvula Reguladora de la presión del gas.*- Disminuye la presión del gas para satisfacer los requisitos del piloto, entre 5" a 10" CDA.

#### *CAMBIADOR DE CALOR*

Las estaciones receptoras deberán ir provistas de un sistema de calentamiento del gas de forma que éste, después del enfriamiento producido en el regulador, no tengan a la salida del mismo una temperatura inferior a + 5° C.

Para el cálculo del calentamiento se considera que para el gas natural, como hemos dicho, cada reducción de la presión de 1 kg/cm<sup>2</sup> provoca un enfriamiento de 0.5°C en el gas.

Los dispositivos de calentamiento del gas pueden estar constituidos:

- Por una resistencia eléctrica en el caso de cámaras de bajo caudal
- Por un intercambiador de calor situado en la línea de regulación y antes del regulador: está alimentado por agua caliente, procedente de una caldera independiente o de una fuente de calor existente en la industria.

*Válvula de mariposa:* El disco pivotado en esta válvula la activa una interconexión desde la leva moduladora de gas para regular la cantidad del flujo de gas al quemador.

***Leva moduladora del gas:*** Un ensamble de una serie de tornillos ajustables con cabeza allen y un resorte perfilado, proporcionando el ajuste de la entrada de gas en cualquier punto del campo de modulación.

***Llave de cierre principal del gas:*** Para abrir y cerrar manualmente el suministro principal de gas en dirección del flujo al regulador de presión de la línea principal de gas. Una segunda llave de cierre, en dirección de la (s) válvula (s) principal (es) de gas puede instalarse para poder cerrar la línea del gas siempre que se verifiquen fugas en la válvula principal.

Esta válvula debe ser de acero de las siguientes cualidades:

- Cierre estanco interno y externo
- Apertura o cierre suave y, en algunos casos, rápida (un cuarto de vuelta).
- Mantenimiento mínimo
- Resistencia al desgaste mecánico y químico
- Resistencia a la presión de servicio

***Válvulas principales de gas:*** Válvula de cierre actuadas eléctricamente que se abren simultáneamente para dejar pasar gas al quemador. La siguiente válvula esta equipada con un interruptor “ a prueba de cierre” está conectado al circuito de entre cierre de pre ignición.

***Válvula respiradera principal del gas:*** Una válvula solenoide que normalmente esta abierta y entra las dos válvulas principales de gas para ventilar el gas a la atmósfera en caso que exista gas presente en la línea principal del gas cuando se desactivan las válvulas de gas. La válvula respiradera se cierra cuando se activan las válvulas de gas.

**Válvulas de Seguridad :** Son válvulas interceptoras automáticas, de rearme manual, de máxima y mínima presión a la salida del regulador, situadas antes de éste, y que garantizan el cierre en caso de sobre presión o de presión insuficiente.

**Interruptor por baja presión de gas.-** Un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal del gas sea mayor que la presión preseleccionada. En caso la presión baje de este punto, los contactos del interruptor abrirán un circuito provocando el cierre de las válvulas principales del gas o evitando que se encienda el quemador. Este interruptor esta generalmente equipado con un dispositivo que se debe reajustar manualmente después que el circuito a fallado.

**Interruptor por alta presión de gas.-**Un interruptor actuado a presión que se cierra siempre que la presión en la línea principal del gas sea menor que la presión preseleccionada. En caso la presión sea mayor que este punto, los contactos del interruptor abrirán un circuito provocando el cierre de las válvulas principales del gas, o evitando que se encienda el quemador. Este interruptor esta generalmente equipado con un dispositivo que se debe reajustar manualmente después que el circuito a fallado.

**Conexión de fuga.-** El cuerpo de esta válvula tiene un orificio obstruido que se usa siempre que sea necesario o se desea verificar fugas en la válvula cerrada.

### **3.4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO, EQUIPOS E INSTALACIÓN.**

Actualmente el Ministerio de Energía y Minas no ha dispuesto ningún reglamento a cumplir para la acometida interior, así como de todos los accesorios y elementos

auxiliares que lo componen. Es por ello que mencionaremos Normas y Reglamentos para instalaciones de Gas Natural aplicables en otros países.

Se utilizarán las siguientes Normas y Reglamentos:

UNE	Norma de España para Instalación desde la troncal, acometida interior y a los equipos.
ANSI/ASME B31.2	Fuel Gas Piping
ANSI/ASME B31.1	Power Piping
API 5L	Line Pipe
ASTM	Norma para Pruebas de Presión de Tuberías instaladas.
AWS	Norma para Soldadura
ASME secc, IX	Normas de calificación para procedimientos de soldado, soldadores y operarios.
ASME secc. VI	Reglas de mantenimiento y funcionamiento de Calderas.

### **Cálculo del Caudal de G.N. para Efectos de Diseño**

Caldera ..... 20'925,000 Btu/h  $\diamond$  5'273,100 kcal/h.. (Potencia instalada).

Considerando el Poder Calorífico Inferior de 8,562 kcal/m<sup>3</sup> del Gas de Camisea y la potencia instalada, obtenemos un consumo planificado de:

$$Q = 5'273,100 / 8,562 = 615.87 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Se diseñara con un caudal de 750 m<sup>3</sup>/h., suficiente para el consumo planificado.

#### **3.4.2.1 ACOMETIDA ALTA PRESIÓN**

Su instalación se realizara mediante tubería enterrada.

##### **Bases de cálculo**

Esta acometida interior tiene una longitud de 6 m. y deberá calcularse para las siguientes bases de diseño:

Caudal Nominal : 750 m<sup>3</sup>/h., suficiente para el consumo planificado.

Presión mínima : 2,5 kg/cm<sup>2</sup>

Presión máxima : 4 kg/cm<sup>2</sup>

Velocidad Máxima : 30 m/s.

### Características de la tubería

Material	: Acero API 5L
Diámetro Nominal	: 4"
Longitud	: 6m.
Uniones	: Soldado al arco eléctrico, todas las uniones serán radiografiadas al 100% y se exigirá un nivel de calidad de 1 ó 2.
Protección	: Dos manos de imprimación anticorrosiva de pintura de minio, con acabado de amarillo.
Toma de Tierra	: La acometida de alta presión estará puesta a tierra con una resistencia inferior 10 ohmios. Esta toma de tierra se utilizara exclusivamente para la acometida de alta presión.

### 3.4.2.2 ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDIDA

Conjunto de elementos como son filtros, reguladores de presión, tuberías, contador, válvulas de seguridad y seccionamiento, bridas, etc., tiene por misión reducir y mantener a un valor constante la presión del gas a la salida de la misma. Así mismo, controla y mide el volumen de gas que ha sido suministrado a la industria.

Caudal Nominal : 750 m<sup>3</sup>/h., suficiente para el consumo planificado.

Presión máxima de entrada : 4 kg/cm<sup>2</sup>

Presión Mínima de entrada : 2,5 kg/cm<sup>2</sup>

Presión de salida regulada : 2 kg/cm<sup>2</sup>

Presión nominal de los equipos: PN-25, ANSI-150

Características de los accesorios:

### **Válvula de seccionamiento rápido ¼ vuelta**

Características: Tipo de esfera  
4" PN-25  
Cuerpo de acero  
Obturador acero inoxidable  
Conexión bridas.

### **Filtro de Gas**

Características: Tipo cartucho cilíndrico vertical  
4" PN-25  
Caudal 750 m<sup>3</sup>/h.  
Cuerpo de acero al carbono  
Cartucho de fibra sintética lavable y recambiable.  
Conexión bridas  
Con válvula de purga.  
Capacidad filtrante 5 micras  
Marca: TECNOGAS

### **Regulador de Presión**

Características: De acción directa  
TECNOFLUID  
3" PN-25  
Caudal 750 m<sup>3</sup>/h.  
Cuerpo de acero al carbono  
Conexión bridas

### **Contador de Gas**

Características: De acción directa  
Marca ROCWELL  
Caudal 750 m<sup>3</sup>/h., 3,5 bar abs.

Cuerpo de Fundición aluminio  
Conexión bridas 3"

Antes del contador se dejara una longitud libre de tubería superior a 5 veces el diámetro de la tubería y después de este, otra longitud igual o superior a 3 veces el mismo, con el fin de evitar turbulencias.

### **Recinto estación de regulación**

El recinto que ubicara la estación de regulación es un recinto aislado, ubicado según se indica en el plano, en la entrada de la nave y separado 6m. De la troncal situada en la calzada.

Será de tipo metálico (armario) construido de chapa y suficientemente ventilado, accesible y de apertura hacia el exterior.

La toma a tierra a instalara estarán formadas por ánodos de zinc, con cables de conexión de la tubería a tierra. Estos cables deberán estar aislados y ser de 35 mm<sup>2</sup> de sección de cobre.

### **3.4.2.3 LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN INTERIOR**

Longitud Total 55 metros, su tendido es totalmente visto, el tubo será de acero sin costura, las válvulas de corte y demás accesorios serán PN-25, esta línea contara exclusivamente con una toma de puesta a tierra.

Ver cálculo del dimensionado de la tubería en el apéndice.

El proceso de pintado en toda la instalación es idéntico al especificado en la instalación con Petróleo R-500.

### **3.4.2.4 GRUPO DE REGULACIÓN AL QUEMADOR**

1 Válvula de cierre rápido

1 Regulador de presión a presión de salida 25,5" CDA

2 Válvulas solenoide principal del Gas

Ver mayor detalle en el diagrama de flujo.

### 3.4.2.5 PRUEBAS A TODO EL SISTEMA

#### ACOMETIDA

Resistencia:

Fluido: Agua  
 Presión de prueba: 1,5Pms (24 kg/cm<sup>2</sup>)  
 Tiempo: 6 horas

Estanqueidad

Fluido: N<sub>2</sub>  
 Presión de prueba: 5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Tiempo: 24 horas

#### RED INTERNA

Resistencia y Estanqueidad

Fluido: N<sub>2</sub>  
 Presión de prueba: 5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Tiempo: 24 horas

#### ESTACION REGULADORA

Resistencia y estanqueidad:

Zona alta -Fluido: Agua  
 Presión de prueba: 1,5Pms (24 kg/cm<sup>2</sup>)  
 Tiempo: 6 horas

Zona Baja -Fluido: N<sub>2</sub>  
 Presión de prueba: 5 kg/cm<sup>2</sup>  
 Tiempo: 24 horas

Será necesario convocar la participación de un representante calificado de los fabricantes de los equipos para que asesore en los procedimiento de pruebas de funcionamiento y arranque de la instalación.

El contratista de obra es responsable de la revisión cuidadosa de cada accesorio antes de efectuar cualquier tipo de prueba. Debe asegurarse que cada accesorio este correctamente instalado y fijado además que no existan elementos que interfieran con las partes del accesorio.

El contratista de obra será responsable de todo trabajo requerido para poner los equipos en condiciones inmejorables de funcionamiento. Esto incluirá trabajos no indicados en los planos o requeridos en las especificaciones, pero considerados como parte normal para el proceso de montaje de los equipos.

### **3.4.3 PRESUPUESTO DEL SISTEMA A GAS NATURAL**

Ver desarrollo del presupuesto en la pagina siguiente., el presupuesto es en US\$, a la fecha de setiembre del 2001.

### 3.4.3 PRESUPUESTO DEL SISTEMA A GAS NATURAL

**CUADRO N°3.4.3.1  
PRESUPUESTO  
CALDERA PIROTUBULAR, 500 BHP  
GAS NATURAL**

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.UNIT US\$	P.PARCIAL US\$
1.00	<b>QUEMADOR PARA GAS NATURAL</b> INCLUYE LOS SIGUIENTES EQUIPOS  - SISTEMA DE ALIMENTACION DE AIRE PARA COMB. VENTILADOR DE TIRO FORZADO, 20HP, 220V, 60Hz, 3Ø  - SISTEMA DE ENCENDIDO POR PILOTO A GAS TRANSFORMADOR DE IGNICION VALVULA MAXITROL VALVULA SOLENOIDE  - SISTEMA AUTOMATICO DE MODULACION MOTOR MODUTROL HONEYWELL VALVULAS REGULADORAS DE PETROLEO  - SISTEMA DE COMBUSTION (TREN DE GAS) VALV. MAXITROL REGULADOR DE PRESION VALV. INGRESO DE GAS ON/OFF - SISTEMA DE CONTROL DE FLAMA COMPUTARIZADO PROGRAMADOR (Micro Procesador Honeywell) Con secuencia de Purga, Encendido, Piloto, Llama baja, Llama Alta	GLB	1.0	23,000.0	23,000.0
	<b>INSTALACION DEL QUEMADOR</b>	GLB	1.0	1,800.0	1,800.0
	<b>TOTAL ITEM 1.00</b>				<b>24,800.0</b>
2.00	<b>INSTALACION DE LINEA DE GAS DE LA RED TRONCAL HASTA LA CALDERA</b> ESTACION DE REGULACION Y MEDIDA MEDIDOR DE SERVICIO PUBLICO DE GAS NATURAL INSTALACION DE LINEA	GLB U GLB			3,800.0 300.0 1,500.0
	<b>TOTAL ITEM 2.00</b>				<b>5,600.0</b>
3.00	<b>ASESORAMIENTO TECNICO</b>	GLB	1.0	2,500.0	2,500.0
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>					<b>32,900.0</b>
GASTOS GENERALES 5% C.D.					1,645.0
UTILIDADES 5% C.D.					1,645.0
<b>TOTAL SIN IGV EN US\$</b>					<b>36,190.0</b>
IGV 18%					6,514.2
<b>TOTAL EN US\$, INCLUIDO IGV</b>					<b>42,704.2</b>

### 3.5 ANALISIS DE COSTOS OPERATIVOS

Los costos operativos de las alternativas a analizar se harán bajo las siguientes consideraciones:

- El Régimen de trabajo será de 16 horas/ día, 300 días /año.
- Demanda de Vapor 100%
- Porcentaje de llama 100%
- El Precio del G.N 3.9 US\$/MMBTU
- El personal de la operación del Caldero es el mismo para todas las alternativas, por lo que no se esta considerando para efectos de comparación.

En el Cuadro Resumen N° 3.5.3 se observa que el ahorro por costos operativos del G.N. respecto del Petróleo Industrial 500 equivalente a 17.91% anual ( 84,188 US\$).

Ver el desarrollo de los Costos Operativos en la página siguiente.

**CUADRO N° 3.5.1 CONSUMO DE COMBUSTIBLE R-500  
PETROLEO R-500**

Potencia de la Caldera	500	BHP
Marca	KEWANEE CLASSIC III	
Tipo	Piro tubular	

<b>Datos Operativos</b>		
Demanda de Vapor	100%	
Porcentaje de Llama	100%	
Flujo de Vapor	7231.63	Kg/h
Presión de Trabajo.	150	PSIG
Presión de Trabajo	164.7	PSIA
Presión de Trabajo	1.12	Mpa (Abs).
Temperatura de Salida de Vapor	184	°C
h_Entalpía de Salida del Vapor	2781.7	Kj/kg
Temperatura de Ingreso del Agua	180	°F
Temperatura de Ingreso del Agua	82	°C
h_Entalpía Agua de Ingreso	343.69	Kj/kg
<b>Combustible</b>	<b>Petróleo Residual 500</b>	
Rendimiento Térmico	85%	Del Fabricante
Poder Calorífico Inferior	142652	Btu/Galón
Densidad del Combustible	983.3	kg/m <sup>3</sup>
Poder Calorífico Inferior	40427.5	Kj/kg
<b>Calculo del consumo de combustible</b>		
Flujo de Combustible	513.1	Kg/h
Flujo de Combustible	138.0	galón/h

**CUADRO N° 3.5.2 CONSUMO DE COMBUSTIBLE G.N.  
GAS NATURAL**

Potencia de la Caldera BHP                    500                    BHP  
 Marca    KEWANEE CLASSIC III  
 Tipo    Piro tubular

<b>Datos Operativos</b>		
Demanda de Vapor	100%	
Porcentaje de Llama	100%	
Flujo de Vapor	7231.63	Kg/h
Presión de Trabajo.	150	PSIG
Presión de Trabajo	164.7	PSIA
Presión de Trabajo	1.12	MPa.
Temperatura de Salida	184	°C
h_Entalpía Agua de Salida	2781.7	Kj/kg
Temperatura de Ingreso	180	°F
Temperatura de Ingreso	82	°C
h_Entalpía Agua de Ingreso	343.69	Kj/kg
<b>Combustible</b>	<b>Gas Natural</b>	
Rendimiento Térmico	82.5%	Del Fabricante
Poder calorífico Inferior	8562	Kcal/m <sup>3</sup>
Poder calorífico Inferior	35789	Kj/m <sup>3</sup>
Poder calorífico Inferior	33976	BTU/m <sup>3</sup>
<b>Calculo del consumo de combustible</b>		
Flujo de Combustible	597.1	m <sup>3</sup> /h
Flujo de Combustible	20,288,091	BTU/h

## COSTOS OPERATIVOS

- Caldera: Kewanee Classic III - 500 BHP
- Carga de Trabajo: 100% Demanda de Vapor
- Porcentaje de Llama: 100%
- Horas de operación al día           16 hrs/día
- Dias de Operación al año           300 días/año

### 3.5.1 COMBUSTIBLE: PETROLEO R-500

#### 3.5.1.1 COSTO DEL COMBUSTIBLE AL AÑO

Consumo de combustible           138 Gal/hr.  
 Precio del Petroleo R-500       1.8 Soles/Gal. + IGV

Costo de combustible al año:

$$138 \frac{\text{Gln.}}{\text{hr.}} \times 16 \frac{\text{hr.}}{\text{día}} \times 300 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 1.8 \frac{\text{Sole}}{\text{Gln.}} = 1,192,320 \frac{\text{soles}}{\text{año}}$$

$$= 344,601 \frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$$

#### 3.5.1.2 COSTO DEL CONSUMO DE ADITIVOS EN US\$/AÑO

Consumo de Combustible al año   662,400  $\frac{\text{Gln.}}{\text{año}}$

La dosificación de aditivos es de 1 Gln por cada 5000 glns. De combustible.

Consumo de aditivo al año       132  $\frac{\text{Gln.}}{\text{año}}$

Costo del Galon de Aditivos   40.9  $\frac{\text{US\$}}{\text{Gln.}}$  + IGV.

El costo de consumo de Aditivos será:   5,418.4  $\frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$  + IGV.

$$132.5 \frac{\text{Gln.}}{\text{año}} \times 40.9 \frac{\text{US\$}}{\text{Gln.}} = 5,418.4 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} + \text{IGV.}$$

#### 3.5.1.3 COSTOS POR FLETE (TRANSPORTE DE LA PAMPILLA A LA EMPRESA)

Costo del Flete                   0.22  $\frac{\text{Soles}}{\text{Gln.}}$  + IGV    A cualquier lugar de Lima metropolitana a partir de 2,000 Gln.

Costo por Flete               145,728.0  $\frac{\text{soles}}{\text{Año}}$  + IGV.

42,117.9  $\frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$  + IGV.

### 3.5.1.4 COSTO POR MANTENIMIENTO

El Mantenimiento al Caldero incluye:

- Plan de mantenimiento mensual
- Plan de mantenimiento cada 4 meses
- Plan de mantenimiento cada 8 meses
- Ver desarrollo en Apendice

Costo Total por Mantenimiento: 2,430  $\frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$

### 3.5.1.5 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

		TIEMPO DE OPERACIÓN
Calentador Mixto de Petróleo	10 Kw	1 h.
Calentador de Tanque Diario	3 Kw	1 h.
Bomba de trasvase de Cisterna a Tanque Diario	1.49 Kw	2 h.
Bomba de alimentación de combustible a Caldera	0.56 Kw	16 h.
Compresor Atomización por aire	3.725 kw	16 h.
		Total Kw-h/día.
		Total Kw-h/Año.
		Costo Energía Eléctrica US\$/Kwh
		Costo Energía Eléctrica US\$/Año

### 3.5.1.6 CONSUMO DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE COMBUSTIBLE

- CALENTADOR MIXTO DE PETRÓLEO 10 Kw

$$n = \frac{\text{energía térmica}}{m_c \times PCI_C}$$

$$n = 0.85 \quad PCI_c = 150263.19 \text{ Kj/g;}$$

$$\text{Energía Térmica} = 10 \text{ Kw.}$$

Resolviendo,

$$m_c = 0.282 \text{ Gln/h.}$$

Regimen de Trabajo: 4500 hrs al año,

El consumo de combustible al año = 1269.0 galones

Costo del combustible US\$/gln. = 0.52

Costo del combustible US\$/año = 656.01

- CALENTADOR A VAPOR TANQUE CISTERN/ 15 Kw

Planteando de igual forma que el calentador mixto y resolviendo tenemos:

$$m_c = 0.423 \text{ gln/h.}$$

Costo del combustible US\$/año = 131.91

- CALENTADOR A VAPOR TANQUE DIARIO 3 Kw

Planteando de igual forma que el calentador mixto y resolviendo tenemos:

$$m_c = 0.084 \text{ gln/h.}$$

$$\text{Costo del combustible US\$/año} = 196.56$$

- COSTO TOTAL POR VAPOR = 984 US\$/año  
PARA CALENTAMIENTO DE COMB.

### 3.5.2 COMBUSTIBLE: GAS NATURAL

#### 3.5.2.1 COSTO DEL COMBUSTIBLE AL AÑO

Consumo de combustible	20,288.0 MBH	(miles de Btu/hr.)
Precio del Gas Natural	3.3 US\$/MMBTU	+ IGV

Costo de Combustible al Año:

$$20,288 \frac{\text{Mbtu}}{\text{hr.}} \times \frac{16 \text{ hr.}}{\text{día}} \times 300 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 3.3 \frac{\text{US\$}}{\text{MMBTU}} = 324,250 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

#### 3.5.2.2 COSTO POR MANTENIMIENTO

El Mantenimiento al Caldero incluye:

- Plan de mantenimiento mensual
- Plan de mantenimiento cada 4 meses
- Plan de mantenimiento cada 12 meses
- Ver desarrollo en Apendice

Costo Total por Mantenimiento: 2,550  $\frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$

### CUADRO N° 3.5.3 RESUMEN DE COSTOS OPERATIVOS

CALDERA: KEWANEE CLASSIC III - 500 BHP  
 CARGA DE TRABAJO: 100% DEMANDA DE VAPOR  
 PORCENTAJE DE LLAMA: 100%  
 PRECIO DEL GAS NATURAL 3.9 US\$/MMBTU  
 REGIMEN DE TRABAJO ~16 HORAS/DIA

DESCRIPCION	PETROLEO R-500	GAS NATURAL
Consumo Especifico de Combustible - Caldera 500 BHP	138 Gln/hr.	20,288.0 MBTU/hr.
Rendimiento Térmico	85%	82.5%
Consumo de Combustible al año	662,400 Gln.	97,382 MMBTU
Precio del Combustible inc. IGV	0.614 US\$/Gln.	3.9 US\$/MMBTU
Poder Calorífico Inferior	142652 Btu/Gln.	8562 Kcal/m <sup>3</sup>
Precio del combustible inc. IGV	4.3 US\$/MMBTU	3.9 US\$/MMBTU
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>		
<b>COSTOS OPERATIVOS POR COMBUSTIBLE</b>		
Consumo Combustible US\$/Año	344,601.2	324,250
Flete US\$/Año	42,117.9	-
Sub-total	386,719.1	324,250
IGV 18%	69,609.4	58,365.1
Total US\$/Año.	<b>456,328.5</b>	<b>382,615</b>
<b>COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO</b>		
- Mantenimiento US\$/Año	2,430.0	2,550.0
- Energía eléctrica US\$/Año	2,535.6	-
- Costo de Vapor para Calentamiento de Combustible US\$/Año	984.5	-
- Consumo de Aditivos US\$/Año	5,418.4	-
Sub total	11,368.5	2,550
IGV 18%	2,046.3	459
Total US\$/Año.	<b>13,414.8</b>	<b>3,009</b>
<b>TOTAL C.O. US\$/AÑO</b>	<b>469,743.4</b>	<b>385,624</b>
<b>AHORRO DE C.O. US\$/AÑO</b>	<b>17.91%</b>	

## **CAPITULO IV**

### **EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO**

#### **4.1 INDICES ECONOMICOS**

El análisis económico para evaluar la conveniencia de invertir en determinado proyecto de conservación de energía: utiliza indicadores de rentabilidad .

Los indicadores de rentabilidad considera factores como inversiones, ahorros, costos, vida útil, etc.

La peculiaridad de las inversiones en eficiencia energética es que la inversión se paga con el ahorro.

La aplicación de los indicadores mencionados depende fundamentalmente del monto de la inversión requerida.

La evaluación económica de las mejoras con inversiones recuperables en periodos menores de 2 años, generalmente, no considera el principio de que el dinero tiene un precio que depende del tiempo.

La motivación principal de estas inversiones es generar beneficio lo antes posible.

Los indicadores económicos utilizados para bajas inversiones son: el período de repago y el retorno de la inversión.

*PERIODO DE REPAGO*

Este indicador permite conocer el período en que la inversión puede ser recuperada sin considerar la actualización del dinero. Este período se expresa mediante la siguiente igualdad:

$$P = \frac{I}{A - OM}, \quad \text{años}$$

Donde:

I = Inversión total, incluyendo mano de obra y materiales, (US\$)

A = Ahorro anual debido a la reducción del consumo energético, (US\$/año)

OM = Costos anuales de operación y mantenimiento correspondientes a la aplicación de la mejora, (US\$/año)

Normalmente si P es menor que la mitad de la vida útil estimada del equipo o sistema que forma parte de la mejora, la inversión es rentable.

El período de repago no permite comparar inversiones en equipos de los que se suponen vidas estimadas diferentes.

*RETORNO DE LA INVERSION*

Este indicador permite conocer el porcentaje que representa el ahorro anual neto, respecto de la inversión total. Toma en cuenta la vida útil estimada del equipo o sistema; pero, como en el caso anterior, no considera la actualización del dinero. El retorno de la inversión se expresa mediante la siguiente igualdad.

$$R = \frac{A - OM - D}{I} \times 100 \%$$

Donde:

- I = Inversión total, incluyendo mano de obra y materiales , (US\$)
- A = Ahorro anual debido a la reducción del consumo energético, (US\$/año)
- OM = Costos anuales de operación y mantenimiento correspondientes a la aplicación de la mejora, (US\$/año)
- D =  $I/V$  = depreciación anual del equipo o sistema a instalar, (US\$/año)
- V = Vida útil estimada del equipo o sistema a instalar, años

Es típico considerar que la inversión es rentable si R es mayor del 15% al 20%.

#### *CONSIDERACIONES GENERALES*

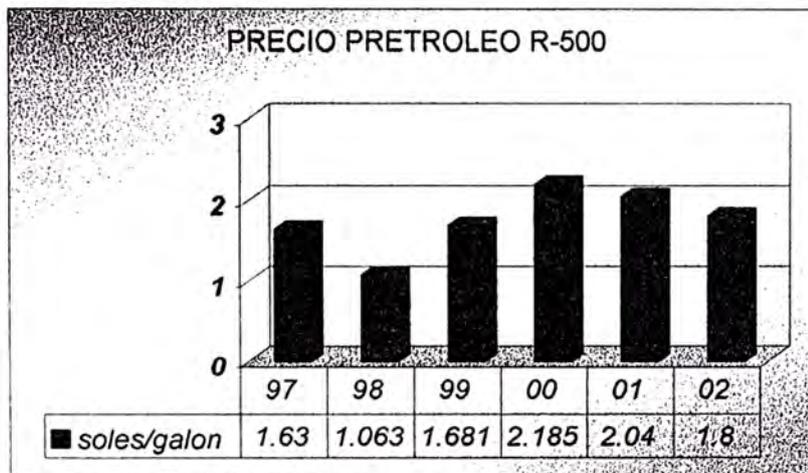
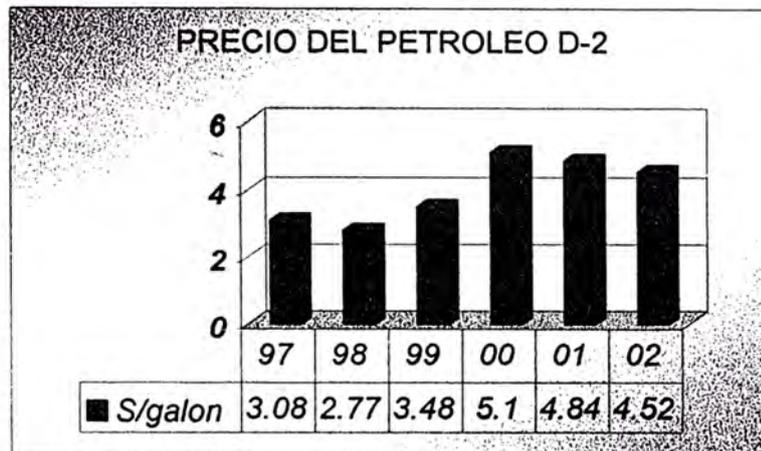
En vista de que los costos de inversión y los costos operativos para la caldera operando con Gas Natural son menores que cuando la caldera opera con Petróleo Industrial 500, el análisis se hará tomando en cuenta, en cuanto es el ahorro de usar Gas Natural por Petróleo Industrial 500. y evaluaremos bajo este concepto el proyecto. Es decir como si estuviéramos remplazando un tipo de combustible por otro.

Consideraciones:

- El horizonte de vida del equipo (quemador) es de 10años.
- Se trata de una empresa cuyo consumo de G.N. es de una mediana o pequeña empresa.
- La tarifa del Gas Natural tendrá un valor estable durante los 10 años siguientes.
- La depreciación del equipo se realiza en 10 años y en forma lineal.
- Se ha considerado que todo el capital de inversión es aporte propio.
- El Régimen de Trabajo es de 16 hrs.

## 4.2 ANALISIS DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES

En los siguientes gráficos se muestran el comportamiento del precio del Petróleo D-2, Petróleo R-500. (fuente: Petroperu)



Para efectos de la evaluación económica se está considerando el precio del Petróleo R-500 de S/1.8/Galón, La evaluación económica de las mejoras con inversiones recuperables en períodos menores de 2 años, generalmente, no considera el principio de que el dinero tiene un precio que depende del tiempo.

En el cuadro N°4.2.1 se dan los precios Tentativos del Gas Natural según Osinerg, para nuestro análisis estamos considerando que el Precio del Gas Natural estará entre 3.7 y 3.9 US\$/MMBTU

**CUADRO N° 4.2.1 PRECIOS DE GAS NATURAL**

NUMERO	1	2	3	4	5	6
Cliente	Gran industria	Generador	Gran industria	Generador	Pequeña	Residencial y comercial
Tipo	Independiente	Independiente	Independiente	Regulado	Regulado	Regulado
Ubicación	Fuera de Lima		Dentro de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima
Consumo MBTU/mes	>32217.87	>32217.87	>32217.87	>32217.87	= 3221.79	= 0.94
<b>US\$/KPC</b>						
Gas Natural	1.800	1.000	1.800	1.000	1.800	1.800
Transporte AP	1.643	1.096	1.643	1.096	1.643	1.643
Distribución AP			0.270	0.180	0.270	0.270
Distribución BP					0.215	7.987
Total	3.443	2.096	3.714	2.276	3.929	11.701
					Categoría C	Categoría A

Los precios incluyen el IGV

Fuente : OSINERG MAYO 2001

### 4.3 EVALUACIÓN ECONOMICA

La evaluación del proyecto permite dimensionar el impacto en términos económicos por el cambio de combustible.

Esta opción considera las inversiones nuevas necesarias para implementar el uso de Gas Natural.

Los ingresos serán exclusivamente los provenientes por el ahorro en el costos del combustible, así como también en el ahorro por costos operativos.

Las inversiones correspondientes a Gas Natural corresponden a US\$ 42,704 los mismos que se detallan en el cuadro N° 3.4.3.1

Entre las inversiones destacan, La instalación del equipo de regulación y medida (cerca al perímetro del local), tendido de tubería del perímetro hacia el quemador, equipo de regulación del quemador y el quemador.

#### 4.3.1 CALCULO DEL PERIODO DE REPAGO

Del cuadro N° 3.5.3

El Costo por Consumo de combustible de G. N..US\$/año 324,250 +IGV = 382,615

El Costo por Consumo de combustible de R-500 US\$/año 386,719 +IGV= 456,328.5

(US\$/año 344,601.2 + 42,117.9 (flete) = 386,719.1 + IGV)

El ahorro por consumo de combustible es:  $A = 73,713.5$  US\$/Año (incluye IGV)

La inversión del Sistema a Gas Natural .....  $I = 42,704.20$  US\$ (Incluye IGV)

OM = Costos anuales de operación y mantenimiento correspondiente a la mejora

COM = Costo anual de operación y mantenimiento

$OM = COM_{GAS\ NATURAL} - COM_{R-500}$

$COM_{R-500} = 11,368.5$  US\$/año + IGV = 13,414.8 US\$/año.

$COM_{GAS\ NATURAL} = 2,550.0$  US\$/año + IGV = 3,009 US\$/año

$OM = 3,009 - 13,414.8 = -10,405.8$  US\$/año. (incluye IGV)

$$P = \frac{42,704.20}{73,713.5 - (-10,405.8)} \quad \text{años}$$

$$P = 0.51 < (10/2 = 5)$$

#### 4.3.2 CALCULO DEL RETORNO DE INVERSION

$D = I/V$  = depreciación anual del equipo o sistema a instalar, (US\$/año)

$$D = 42,704.20/10 = 4,270.4$$

$$R = \frac{73,713.5 - (-10,405.8) - 4,270.4}{42,704.20} \times 100 \%$$

R = 187 % , es mayor al 20% (recomendado).

#### 4.4 ANALISIS DE SENSIBILIDAD DEL PROYECTO

Este análisis se realizara a las variables mas significativas que tiene el proyecto como son:

- Tarifas del Gas Natural por el volumen de consumo de la empresa.
- Régimen de trabajo.

En el Cuadro N° 4.2.1 mostramos la variación del Precio del G.N., estimados por Osinerg.

A continuación se resume los resultados de la evaluación económica, variando el precio del G.N. así como también el Régimen de trabajo:

	Precio del G.N. US\$/MMBTU	Régimen de Trabajo (Horas/día)	Periodo De Repago (Años)	Retorno de de la Inversión (%)
Económica	3.9	16	0.51	187
Económica	3.9	24	0.34	285
Económica	3.7	16	0.41	236

Ver desarrollo de la evaluación económica en las paginas siguientes.

**EVALUACIÓN ECONÓMICA**

PRECIO DEL G. N. 3.9 US\$/MMBTU

RÉGIMEN DE TRABAJO 16 HRAS/DIA

PRECIO DEL G.N.	3.9 US\$/MMBTU	Periodo de Repago = P =	0.51 años
RÉGIMEN DE TRAB.	16 HORAS/DIA	Retorno de inversión = R =	187.0%
		PETRÓLEO	GAS
		INDUSTRIAL 500	NATURAL
1.0	I = Inversión US\$		42,704.20
	Costos Operativos Combustible US\$/Año	456,328.5	382,615.00
2.0	A = Ahorro de combustible US\$/año.		73,713.50
3.0	Costos de Operación y Mantenimiento US\$/año	13,414.8	3,009.00
4.0	OM = Costos anuales de operación y mantenimiento correspondiente a la mejora US\$/año.		-10,405.80
5.0	Depreciación (US\$/año)		4,270.42

**EVALUACION ECONOMICA**

PRECIO DEL G. N. 3.9 US\$/MMBTU

REGIMEN DE TRABAJO

24 HRAS/DIA

PRECIO DEL G.N.	3.9 US\$/MMBTU	Periodo de Repago = P =	0.34 años
REGIMEN DE TRAB.	24 HORAS/DIA	Retorno de inversión = R =	285.3%
		PETROLEO	GAS
		INDUSTRIAL 500	NATURAL
1.0	I = Inversión US\$		42,704.20
	Costos Operativos Combustible US\$/Año	684,492.8	573,923
2.0	A = Ahorro de combustible US\$/año.		110,569.59
3.0	Costos de Operación y Mantenimiento US\$/año	19,231.6	3,717.00
4.0	OM = Costos anuales de operación y mantenimieto correspondiente a la mejora US\$/año.		-15,514.59
5.0	Depreciación (US\$/año)		4,270.42

## EVALUACION ECONOMICA

PRECIO DEL G. N. 3.7 US\$/MMBTU

REGIMEN DE TRABAJO 16 HRAS/DIA

PRECIO DEL G.N. 3.7 US\$/MMBTU		Periodo de Repago = P = 0.41 años	
REGIMEN DE TRAB. 16 HORAS/DIA		Retorno de inversión = R = 236.0%	
		PETROLEO	GAS
		INDUSTRIAL 500	NATURAL
1.0	I = Inversión US\$		42,704.20
	Costos Operativos Combustible.US\$/Año	456,328.5	361,678
2.0	A = Ahorro de combustible US\$/año.		94,650.28
3.0	Costos de Operación y Mantenimiento US\$/año	13,413.9	3,009.00
4.0	OM = Costos anuales de operación y mantenimieto correspondiente a la mejora US\$/año.		-10,404.92
5.0	Depreciación (US\$/año)		4,270.42

## **CAPITULO V**

### **EVALUACIÓN AMBIENTAL**

#### **5.1 NORMA REFERENTE A ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN EL PERU.**

##### **El Código del medio ambiente y los Recursos Naturales**

Promulgado en 1990, establece en su artículo 1º que la política ambiental tiene como objetivo la protección y conservación del medio ambiente y de los recursos naturales a fin de hacer posible el desarrollo integral de la persona humana a base de garantizar una adecuada calidad de vida.

En el Artículo 9º se menciona que los estudios de impacto ambiental contendrán una descripción de la actividad propuesta, y de los efectos directos e indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo, así como la evaluación técnica de los mismos. Deberán indicar igualmente, las medidas necesarias para evitar o reducir el daño a niveles tolerables, e incluirá un breve resumen para efectos de su publicidad.

La autoridad competente señalará los demás requisitos que deben contener los Estudios de Impacto Ambiental.

## 5.2 IDENTIFICACIÓN DE PRINCIPALES IMPACTOS AMBIENTALES

### 5.2.1 MATERIAL PARTICULADO

Los sólidos emitidos en los gases de chimeneas de calderos, comprenden dos clases de partículas: cenizas y material inquemado.

*Cenizas.*\_ Esta clase de sólidos solo se presenta en el caso de combustión de residuales. Están constituidos por sedimentos e impurezas metálicas presentes en forma de compuestos organometálicos. Durante la combustión se forman óxidos de vanadio, fierro, níquel, etc., que al combinarse con el  $\text{SO}_3$  formado, son emitidos en forma de sulfatos.

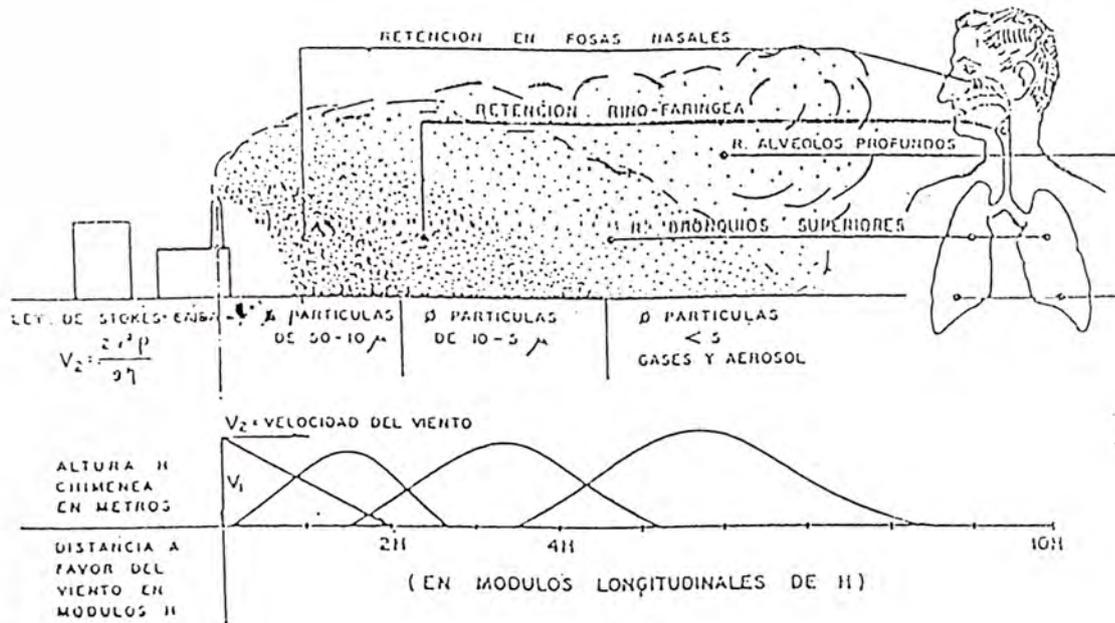
La emisión total de estos compuesto puede alcanzar niveles considerables, por constituir un objetivo importante en la operación de calderos industriales se debe evitar que se queden dentro del caldero, donde provocan depósitos y corrosión.

Ambas cosas pueden disminuirse a través de un tratamiento previo del combustible, consistente generalmente de eliminación de partículas sólidas por centrifugación.

*Inquemados.*\_ Están constituidos por los productos del craqueo del combustible en fase líquida (coque o cenósferas) y en fase gaseosa (hollín) que al no llegar ha combustionar en forma completa, salen por la chimenea en forma de humo. Las partículas de hollín tienen un diámetro promedio muy pequeño, inferior a los  $500^\circ\text{A}$  (ángstrom), mientras que las cenósferas alcanzan algunas decenas de micrones; sin embargo; éstas últimas presentan el 95% de la masa de partículas emitidas por la chimenea.

# FIGURA N°1

EMISION DE PARTICULAS SOLIDAS Y NIVELES DE CONTAMINACION



Para efectos prácticos, resulta útil conocer que la emisión de partículas de sólidos inquemados por la chimenea aparece visible solo cuando excede las 500 ppm, apareciendo como humo negro.

La contaminación por inquemados sólidos se presenta mayormente con residuales y representa una consecuencia de ineficiencia operativa.

En la figura N°1 se puede apreciar en forma grafica el nivel de peligro que representa la emisión de partículas sólidas al ambiente, en función de la altura de la chimenea, la granulometría de las partículas y la velocidad del viento.

### **5.2.2 OXIDOS DE AZUFRE**

Los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>); son generados durante el proceso de combustión por la oxidación del azufre contenido en el combustible. Las emisiones de SO<sub>x</sub> en un sistema de combustión convencional son predominantemente en forma de dióxido de Azufre. Las emisiones de SO<sub>x</sub> en un sistema no controlado son fuertemente dependientes del contenido de azufre del combustible y no son afectadas por el tamaño de la caldera, el diseño del quemador o el tipo de combustible que se este quemando. En promedio mas del 95% del azufre del combustible es convertido en dióxido de azufre, aproximadamente entre un 1 y 5% es oxidado hacia trióxido de azufre y de 1 a 3% es emitido en forma de partículas de sulfatos. El SO<sub>3</sub> rápidamente reacciona con el vapor de agua en la atmósfera y en la chimenea formando una neblina de ácido sulfúrico.

La presencia de partículas acompañadas de SO<sub>2</sub> y sus derivados pueden producir, según los niveles de concentración en que se encuentren, desde leves irritaciones de las vías respiratorias hasta claros aumentos en la mortalidad, sobre todo en personas

con afecciones broncopulmonares, habiendo quedado probado que, sobrepasada una concentración media en 24 horas de  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,11 ppm) de  $\text{SO}_2$ , aun con niveles relativamente bajos de partículas, comienzan a aumentar tanto el ausentismo al trabajo, como los ingresos en clínicas y hospitales.

Por otra parte es necesario tener también en cuenta la acción directa de los óxidos de azufre sobre los vegetales, aunque se considera que las diferentes especies de plantas reaccionan de forma muy diversa ante la presencia de  $\text{SO}_2$  en la atmósfera.

Además existen otros efectos indirectos dignos de tenerse en cuenta, como el hecho de que el  $\text{SO}_2$  atmosférico provoca la apertura de estomas en medio húmedo y el cierre en medio seco, produciendo una clara modificación en el metabolismo vegetal o la influencia de este agente sobre la reproducción, apareciendo una disminución en los pesos de semillas y frutos. De otra parte la presencia de sulfatos provoca necrosis en los nervios vegetales, con la subsiguiente caída de las hojas. Estos trastornos se producen a partir de una concentración de alrededor de  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0.03 ppm) de  $\text{SO}_2$ .

### 5.2.3 OXIDOS DE NITRÓGENO ( $\text{NO}_x$ )

Los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) formados en el proceso de combustión se deben a la fijación térmica del nitrógeno atmosférico en el aire de combustión ( $\text{NO}_x$  térmico) o a la conversión del nitrógeno ligado químicamente al combustible ( $\text{NO}_x$  del combustible), el termino  $\text{NO}_x$  se refiere a los compuestos de:

Oxido Nítrico ( $\text{NO}$ ), y

Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )

Pruebas de la combustión de combustibles fósiles, muestran que encima del 95% del  $\text{NO}_x$  emitido es en forma óxido nítrico. El óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) no está incluido en el

NOx; pero su estudio recientemente ha sido considerado de interés por que afecta las condiciones atmosféricas.

Mediciones experimentales de formación del NOx térmico han mostrado que la concentración de NOx es exponencialmente dependiente de la temperatura y proporcional a la concentración de N<sub>2</sub> en la flama, a la raíz cuadrada de la concentración de oxígeno y al tiempo de residencia. Así, la formación de NOx térmico es afectada por 4 factores:

1. Temperatura pico en la combustión
2. Concentración de nitrógeno del combustible
3. Concentración de oxígeno en la zona de combustión
4. Tiempo de exposición a la temperatura pico

La tendencia de las emisiones debido a cambios en estos factores son generalmente comunes para todo tipo de calderas. Un incremento en la temperatura de la llama, en la disponibilidad de oxígeno en la zona de combustión y en el tiempo de residencia a altas temperaturas incrementa la producción de NOx.

La conversión del nitrógeno del combustible es el mecanismo formador de NOx mas importante en combustibles residuales en calderas. El porcentaje de conversión de nitrógeno del combustible a NOx varía grandemente, generalmente de un 20 a 90% de nitrógeno del combustible es convertido a NOx. Excepto, en unidades muy grandes que tienen usualmente temperatura de llama alta, o en unidades que queman un combustible residual con bajo contenido de nitrógeno, el NOx térmico tiene valores encima del 50% del total de NOx generado. La fijación térmica, por otro lado, es el mecanismo predominante en la formación de NOx en unidades que

utilizan combustibles destilados, principalmente por bajo contenido de nitrógeno en estos combustibles.

Un gran número de variables influye en la cantidad de NO<sub>x</sub> formado por estos dos mecanismos. Una variable importante es la configuración de la llama. Así, las emisiones de NO<sub>x</sub> para un caldero de quemador tangencial son en promedio menores. También es importante tener prácticas de combustión eficiente durante la operación de un caldero.

La utilización de un bajo exceso de aire, la recirculación de gases de combustión, la resistencia en la cámara de combustión un reducido precalentamiento de aire, quemadores de bajo NO<sub>x</sub>, emulsiones agua/aceite para la combustión o una combinación de estos puede resultar en una reducción de NO<sub>x</sub> entre un 5 a 60%.

La reducción de la carga en la caldera puede disminuir la producción de NO<sub>x</sub>. Las emisiones de óxido de nitrógeno pueden ser reducidas entre 0.5 y 1% por cada % de reducción en la carga de la caldera.

Hay que notar que la mayoría de estas variables con excepción del exceso de aire, puede influir en las emisiones de NO<sub>x</sub> en grandes calderas que queman petróleo. Una combustión con bajo exceso de aire es posible en muchas calderas pequeñas, pero la reducción de NO<sub>x</sub> no resulta significativamente menor.

El componente más peligroso para la salud es el NO<sub>2</sub>, representa apenas el 5% de la mezcla de NO y NO<sub>2</sub> que se emite por la chimenea, pero en la atmósfera una parte importante de NO se convierte en NO<sub>2</sub>.

Dependiendo de la capacidad de la caldera y las condiciones de operación, los gases que se emiten por las chimeneas contienen entre 200 y 800 ppm de NO<sub>x</sub>.

En materia de calidad del aire, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda para mantener atmósferas saludables, un valor guía para la concentración en  $\text{NO}_2$  comprendido entre 0.2 y 0.3  $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$  (0.1 a 0.15 ppm) para un tiempo de exposición de 1 hora.

Se ha podido comprobar que el NO no posee efectos tóxicos importantes a las concentraciones que normalmente se detectan en las zonas urbanas. Por otro lado, se ha observado en muchos casos, que concentraciones del  $\text{NO}_2$  del orden de 100 a 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , sostenidas por espacio de 6 meses, producen un claro aumento en la frecuencia de afectaciones respiratorias agudas.

En cuanto a los vegetales hay constancia que precisan 450 a 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  para que, después de una exposición continua, se aprecien daños en los cultivos por caída de hojas y disminución de los rendimientos.

#### **5.2.4 MONÓXIDO DE CARBONO**

Las emisiones de monóxido de carbono de una combustión dependen del grado de oxidación del carbono en el combustible. Es necesario controlar el proceso de combustión cuidadosamente para reducir las emisiones de monóxido de carbono. Así, si una unidad opera inadecuadamente o no tiene buen mantenimiento el resultado será un incremento en las emisiones de monóxido de carbono así como la de los compuestos orgánicos en una magnitud significativa.

La presencia de monóxido de carbono en los gases de combustión es principalmente a consecuencia de la combustión incompleta del combustible.

Niveles de 20 hasta 120 ppm resultan muy frecuentes y hasta normales en el caso de calderos que utilizan combustibles residuales.

En presencia del oxígeno automáticamente forma  $\text{CO}_2$  por lo cual su nivel de contaminación y riesgo se limita a las zonas cercanas a los puntos de emisión.

El monóxido de Carbono es letal, puesto que al ser inhalados, forma con la hemoglobina de la sangre un compuesto estable (carboxihemoglobina); esta queda en el circuito sanguíneo, reduciendo el nivel de hemoglobina libre y por lo tanto disminuyendo la oxigenación del organismo. Sus efectos causan sueño, vómitos e incluso en cantidades mayores a 400 ppm pueden causar la muerte.

Su presencia implica el riesgo de explosiones, por reaccionar violentamente en atmósferas súbitamente oxidantes.

#### **5.2.5 DIÓXIDO DE CARBONO ( $\text{CO}_2$ )**

Es un gas que normalmente se encuentra en la atmósfera en una proporción de 311ppm o 0.03% en volumen.

Aun en niveles altos no es venenoso, pero puede producir asfíxia debido a bajos niveles de oxígeno.

El  $\text{CO}_2$  presenta el oxígeno ligado y solo puede ser liberado por la acción de las plantas a través de la fotosíntesis.

El desequilibrio entre la producción de  $\text{CO}_2$  a partir de procesos de combustión y de  $\text{O}_2$  a partir de procesos de fotosíntesis está provocando un aumento de la concentración de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera que resulta un factor de contaminación ambiental.

Teniendo el  $\text{CO}_2$  una excelente emisividad es decir, capacidad para absorber y emitir calor por radiación, al aumentar su contenido en el aire atmosférico respecto a gases diatómicos de baja emisividad ( $\text{N}_2$  y  $\text{O}_2$ ), mejorará la transferencia de calor por

radiación de la energía solar en la atmósfera, produciendo un aumento de la temperatura de la tierra. Este fenómeno es conocido como el efecto invernadero.

### **5.2.6 COMPUESTOS ORGANICOS**

Pequeñas cantidades de compuestos orgánicos son emitidas como producto de la combustión, así como las emisiones de monóxido de carbono. La cantidad de compuestos orgánicos que emitidos depende sobre todo de la eficiencia en la combustión de la caldera.

Así, cualquier modificación en las características de la combustión que reduzca la eficiencia de combustión de la caldera, podrá ocasionar un incremento en la concentración de compuestos orgánico en los gases de combustión.

Los Compuestos Orgánicos Totales (TOC) incluyen los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), Compuestos Orgánicos Semi Volátiles y Compuestos Orgánicos Condensados. La emisión de compuestos orgánicos volátiles son principalmente caracterizados por la clase del contaminante en la fase de vapor del hidrocarburo no quemado. Las emisiones de hidrocarburos no quemados pueden incluir esencialmente todo compuesto orgánico en fase de vapor emitido por la combustión, estos son principalmente emisiones alifáticas oxigenadas y compuestos aromáticos de bajo peso molecular, los cuales existen en fase de vapor a la temperatura de los gases en la chimenea. Estas emisiones incluyen todos los alcanos, alquenos, aldehídos, ácidos carboxílicos, bencenos sustituidos (benceno, tolueno, xileno, etilbenceno).

Las emisiones orgánicas remanentes están compuestas principalmente de compuestos emitidos de la combustión en fase condensada. Estos compuestos son casi exclusivamente de la clase de material orgánico policíclico (POM) y un sub-conjunto

de ellos llamados hidrocarburos aromáticos polinucleados (PAH o PNA). Formaldehídos, también son formados y emitidos durante la combustión de hidrocarburos, incluyendo carbón y petróleo.

El formaldehído está sujeto a la oxidación y descomposición a altas temperaturas durante la combustión. Así, en unidades grandes con eficiencia de combustión elevada, tienen una menor emisión de formaldehídos que unidades mas pequeñas que tienen una menor eficiencia de combustión.

### **5.2.7 TRAZAS DE METALES**

Elementos traza también son emitidos de la combustión de derivados del petróleo.

Los elementos traza incluyen metales que son considerados peligrosos en el aire.

La cantidad de elementos traza que se emiten de los dispositivos de combustión dependen principalmente de composición del combustible los mecanismos de alimentación del combustible, y la combustión del combustible. La temperatura determina el grado de volatilización de los compuestos contenidos en el combustible.

El mecanismo de alimentación del combustible afecta la separación de las cenizas que pueden salir por la chimenea. En general la cantidad de cualquier metal emitido depende de las propiedades físicas y químicas del elemento que se este analizando y de la concentración del metal en el combustible, de las condiciones de combustión y del tipo de dispositivo de control que se utilice, así como de la eficiencia de recolección y el tamaño de la partículas. Algunos metales traza se concentran en ciertas partículas, en la corriente que viene de la cámara de combustión, y otros no.

La clasificación de estos elementos es:

Clase 1: Elementos que son distribuidos igualmente entre partículas de cenizas volátiles y cenizas pesadas

Clase 2: Elementos los cuales se encuentran mas en la ceniza volátil, en relación a las cenizas mas pesadas.

Clase 3: Elemento los cuales son emitidos en fase gaseosa.

### **5.2.8 GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Los gases de efecto invernadero, son Dióxido de Carbono, Metano u Óxido Nitroso, las cuales se producen durante la combustión del combustible derivado del petróleo.

Aproximadamente el 99% del carbono contenido en el combustible es convertido en dióxido de carbono en un proceso de combustión. Esta conversión es relativamente independiente de la configuración de la llama, si bien es cierto la formación de monóxido de carbono es inversamente proporcional a las emisiones de dióxido de carbono la cantidad de monóxido de carbono producido es insignificante en comparación a la cantidad de dióxido de carbono.

La mayoría del carbono del combustible no convertido a dióxido de carbono es debido a la combustión incompleta del combustible, la formación de  $N_2O$  durante el proceso de combustión es gobernada por una serie de reacciones complejas y su formación depende de bastantes factores.

La formación de  $N_2O$  es minimizada cuando la temperatura de combustión se mantiene alta, encima de  $800\text{ }^\circ\text{C}$  y el exceso de aire es mínimo, menos del 1%.

En la actualidad aun se requiere de una mayor investigación para conocer plenamente los mecanismos de formación de  $N_2O$ . Las emisiones pueden variar grandemente de una unidad a otra e inclusive en una misma unidad para diferentes condiciones de operación.

Las emisiones de metano varía con el tipo de combustible y la configuración de la llama, pero son más elevadas durante los períodos de combustión incompleta o combustión de baja temperatura, es decir, durante el arranque y la parada en las calderas que queman combustibles derivados de petróleo.

Típicamente las condiciones que favorecen la formación de  $N_2O$  también favorecen las condiciones de metano.

Cabe indicar que las emisiones de la combustión de combustibles derivados de petróleo dependen en alto grado de:

- Características del combustible
- El tipo y tamaño de la caldera.
- La Combustión.
- La carga de operación.
- El nivel de mantenimiento de los equipos.

Debido a que las características de combustión del Petróleos Residual y G. N. Son diferentes, su combustión produce emisiones significativamente diferentes.

### **5.3 RECOMENDACIONES PARA LA REGULACIÓN CORRECTA DE LA COMBUSTION**

Las emisiones de la combustión dependen en alto grado de la regulación correcta de la combustión.

La eficiencia de la combustión se mide por la cantidad o porcentaje de  $CO_2$  presentes en los gases de combustión. El porcentaje de  $CO_2$  teórico máximo para el Gas

Natural es 11.7% y para Petróleo Residual 16.7 , en los siguientes cuadros se muestran valores recomendados para quemadores.

### PORCENTAJE DE CO<sub>2</sub> RECOMENDADO

**CUADRO N°5.3.1 COMBUSTIBLE GAS NATURAL**

	QUEMADOR CORRIENTE		QUEMADOR DE AMPLIO RANGO	
	% CO <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub>	% CO <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub>
LLAMA BAJA	8.8 – 9.1	4 – 4.5	5.8 – 6.7	11 – 9.5
LLAMA ALTA	QUEMADOR CORRIENTE O DE AMPLIO RANGO			
	% CO <sub>2</sub>		%O <sub>2</sub>	
	9.5 – 10		4 – 3	

**CUADRO N°5.3.2 COMBUSTIBLE PETROLEO RESIDUAL**

	QUEMADOR CORRIENTE	QUEMADOR DE AMPLIO RANGO
	% CO <sub>2</sub>	% O <sub>2</sub>
LLAMA BAJA	12.5	13
LLAMA ALTA	QUEMADOR CORRIENTE O DE AMPLIO RANGO EXCESO DE AIRE DEL 20%	
	% CO <sub>2</sub>	%O <sub>2</sub>
	12.5	3.6

#### 5.4 LÍMITES MÁXIMOS PERMITIDOS DE EMISIONES CONTAMINANTES EN LOS GASES DE COMBUSTIÓN EN CALDERAS INDUSTRIALES

**CUADRO 5.4.1 NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES DE GASES EN LA CHIMENEA DE LA CALDERA**

ESTUDIO	CONTAMINANTE	PROMEDIOS ARITMETICOS		LÍMITES REFERENCIALES (mg/m <sup>3</sup> N)	
		JULIO	DICIEMB.	(*)	(**)
DAP 1999	MONOXIDO DE CARBONO	22	4	570	
	OXIDOS DE NITRÓGENO	374	435	540	550
	DIÓXIDO DE AZUFRE	1205	824	5000	1200
MONITOREOS 2000	MONOXIDO DE CARBONO	2	0	570	
	OXIDOS DE NITRÓGENO	542	365	540	550
	DIÓXIDO DE AZUFRE	1133	1128	5000	1200
MONITOREOS 2001 (1) SGS DEL PERU	MONOXIDO DE CARBONO	3		570	
	OXIDOS DE NITRÓGENO	538		540	550
	DIÓXIDO DE AZUFRE	2317		5000	1200
MONITOREOS 2001 (2) SGS DEL PERU	MONOXIDO DE CARBONO	0		570	
	OXIDOS DE NITRÓGENO	636		540	550
	DIÓXIDO DE AZUFRE	1651		5000	1200
MONITOREOS 2001 JL ASOCIADOS	MONOXIDO DE CARBONO	26			
	OXIDOS DE NITRÓGENO	432		460 <sup>(a)</sup>	
	DIÓXIDO DE AZUFRE	1230		2000 <sup>(a)</sup>	

(\*) Decreto Presidencial N°2225 Norma sobre el control de la contaminación Atmosférica –1996 Republica de Venezuela.

(\*\*) Niveles Máximos Permisibles de emisión de gases y partículas DGAA- Ministerio de Energía y Minas.

(<sup>a</sup>) Límites Máximos permisibles recomendados por Asistencia del Grupo del Banco Mundial.

En el cuadro N°5.4.2 se muestran los límites máximos permitidos en ambientes cercanos a chimeneas, por la DGH del Ministerio de Energía y Minas, cualquier concentración en exceso será motivo de información a la DGH, con una explicación de los resultados obtenidos en los puntos de exposición que excedieron los límites, dentro de las 24 horas de ocurrido el echo de acuerdo a los términos y condiciones de la licencia de operación.

**CUADRO N°5.4.2 LIMITES DE CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES EN EL AMBIENTE PROVENIENTES DE CHIMENEAS**

CONTAMINANTE	PERIODO	VALOR $\mu\text{g}/\text{m}^3$
H <sub>2</sub> S	1 hora	30 (0.022ppm)
Partículas	Diaria	120
Hidrocarburos Totales THC	Diaria	15000 (23ppm)
Monóxido de Carbono CO	1 hora	35 (31 ppm)
	8 horas	15 (13 ppm)
Oxido de Nitrógeno NO <sub>x</sub>	Diaria	200 (0.11ppm)
Anhídrido Sulfuroso SO <sub>2</sub>	Diaria	300 (0.12 ppm)

Fuente: MEM, Dirección General de Hidrocarburos

A continuación mostramos las emisiones de contaminantes para el caso de una caldera de 100 tn/h de vapor - 8000 horas/año

Característica	Petróleo	Gas Natural
Eficiencia (%)	89	92.1
Consumo anual de combustible (tn/año)	53930	50600
Emisiones de CO <sub>2</sub> (tn/año)	149800	126900
Emisiones de NO <sub>x</sub> (tn/año)	270	120
Emisiones de SO <sub>x</sub> (tn/año)	1490	0

CUADRO N° 5.4.3 METODOLOGÍAS Y EQUIPOS PARA MONITOREO DE EMISIONES GASEOSAS DE COMBUSTION

PARÁMETROS	METODO	EQUIPOS	EXACTITUD	RESOLUCION	RANGO
MONOXIDO DE CARBONO	ELECTROQUIMICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTION	5% DE LA LECTURA	1ppm	0-4000ppm.
DIÓXIDO DE CARBONO	ELECTROQUIMICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTION	5% DE LA LECTURA	0.1%	0-50%
OXIDOS DE NITRÓGENO	ELECTROQUIMICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTION	5% DE LA LECTURA	1ppm	0-2000ppm
DIÓXIDO DE AZUFRE	ELECTROQUIMICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTION	5% DE LA LECTURA	1ppm	0-5000ppm
	TERMOMETRICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTIÓN	+/-5°F	1°	0-250°F
TEMP. AMBIENTE	(SENSOR TIPO IC)				
TEMP. DE GASES	TERMOMETRICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTIÓN	+/- 5°F	1°	0-112°F
	SENSOR TERMOCUPLA TIPO K)				
OXIGENO	ELECTROQUÍMICO	ANALIZADOR GASES COMBUSTION	0.2%	0.1%	0-21%
PARTICULAS	AP-42				
	OPACIDAD-MEDICION	SMOKE TEST			0-9
	DE HUMO				BACHARACH
HIDROCARBUROS TOTALES	AP - 42				
	CAPTACIÓN EN GRAB	ESPECTOFOTOMETRIA U.V.			

## **5.5 PLAN DE GESTION AMBIENTAL**

El Plan de Gestión Ambiental consiste en el conjunto de acciones ha ser implantadas con el objeto de controlar los potenciales efectos negativos que ocasionará la operación de la caldera sobre el medio ambiente.

Estas acciones deben tener como objetivo la prevención, mitigación y/o corrección de los impactos negativos.

El Plan de Gestión deberá contener los lineamientos necesarios para afrontar las posibles contingencias o eventos no previstos, de carácter natural o error humano, que de suceder afecten el medio ambiente. Igualmente, deberá definir las acciones de monitoreo de los factores ambientales afectado, así como de la ejecución y efectividad de las acciones de control ambiental previstas.

El Plan de Gestión considerará las siguientes acciones:

- Programa de Mitigación y Mejoramiento Ambiental
- Programa de Contingencias
- Programa de Monitoreo Ambiental
- 

### **5.5.1 PROGRAMA DE MITIGACION DE IMPACTOS Y MEJORAMIENTO AMBIENTAL**

En este programa se definen las acciones destinadas a mitigar el efecto de los impactos negativos del proyecto.

### 5.5.1.1 CONTROL DE EMISIONES

Las técnicas de control para los contaminantes de la combustión de combustibles derivados de petróleo, pueden ser clasificados en tres grandes categorías:

- Alteración o sustitución de combustibles
- Modificación de la combustión o Regulación de la combustión
- Control post-combustión

La sustitución de combustible, reduce el dióxido de azufre o el NO<sub>x</sub> e involucra quemar un combustible con un menor contenido de azufre o nitrógeno respectivamente. La emisión de partículas será en general reducida cuando se utilice un combustible mas liviano. La alteración del combustible de petróleos pesados, incluye mezclar agua y combustible, usando agentes emulsificadores para mejorar la atomización y reducir la temperatura de combustión. Bajo estas condiciones las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO y material particulado pueden ser reducidos significativamente.

Las modificaciones de combustión incluyen cambio en operaciones físicas en el hogar de la caldera y es aplicado principalmente con el propósito de controlar el NO<sub>x</sub>. En unidades pequeñas alguna reducción de material particulado puede ser obtenida mediante buenas practicas de combustión.

Los controles post-combustión, son sistemas y dispositivos que actúan después de producirse la combustión y son aplicados para controlar las emisiones de material particulado, dióxido de azufre y NOx.

El control de las emisiones del material particulado generalmente se da con un adecuado mantenimiento del quemador y asegurando una adecuada atomización del combustible y buena aerodinámica para la combustión.

La optimización de la aerodinámica de la combustión usando un dispositivo de retención de llama o la recirculación es considerada como una medida efectiva que consigue tres metas:

- Reducir las emisiones de material particulado
- Reducir las emisiones de NOx.
- Aumentar la eficiencia térmica

Las calderas de mayor tamaño generalmente están bien diseñadas y buenas prácticas de mantenimiento, hacen que el hollín y las emisiones de compuestos orgánicos condensables sean mínimas. Las emisiones de material particulado son principalmente el resultado de la emisión de cenizas volátiles con compuestos de carbono. Así, controles post-combustión o alteración o sustitución de combustibles puede reducir las emisiones de material particulado.

Los *colectores mecánicos* son dispositivos de control que prevalecen y son principalmente utilizados en el control de partículas generadas durante el soplado del hollín, o cuando un combustible muy sucio y pesado es quemado. En estas situaciones un colector ciclónico de alta eficiencia puede capturar arriba del 85% de las partículas. Bajo condiciones de combustión normales o cuando un combustible mas limpio es quemado los colectores ciclónicos no son muy efectivos debido a que

un alto porcentaje de las partículas son demasiado pequeñas (menores a 3 micras de diámetro).

Los *precipitadores electrostáticos* son comúnmente utilizados en plantas generadoras de energía eléctrica. Precipitadores usualmente pequeños típicamente remueven entre un 40 y 60% de las partículas emitidas, y son aplicables a combustibles con bajo contenido de cenizas.

Un *sistema de lavado* también puede ser instalado en calderas que queman derivados de petróleo para controlar tanto el óxido de azufre como las partículas. Estos sistemas pueden recolectar el dióxido de azufre removiéndolo hasta un 90 a 95% y controlar la emisión de partículas con un eficiencia de entre 50 y 60%.

La alteración del petróleo pesado mediante su mezcla con agua y un agente emulsificador puede reducir la cantidad de material particulado emitido significativamente. Para el control de emisión de dióxido de azufre, se utilizan procesos de *desulfurización* de gases de post-combustión usando reactivos alcalinos para absorber el  $S_2O$  de los gases de combustión y producir compuestos de sulfato de calcio o de sodio, estos compuestos sulfatados sólidos son luego removidos por un equipo corriente abajo.

La tecnología para la desulfuración de gases de combustión están categorizadas en secos, semi secos y húmedos, dependiendo del estado en el cual se encuentren el reactivo cuando este deja el recipiente absorbedor. En la actualidad los sistemas húmedos son los mas comúnmente aplicados. Los sistemas húmedos generalmente usan lodos alcalinos como medio absorbente del  $SO_x$  y pueden ser diseñados para remover mas del 90% del  $SO_x$  contenido.

En calderas que queman petróleo crudo o residual, el control del NOx asociado al combustible es muy importante en relación al grado deseado de reducción, considerando el NOx del combustible típicamente es el 60 a 80% total de NOx formado.

La conversión del nitrógeno del combustible a NOx es altamente dependiente de la relación aire/combustible en la zona de combustión y en contraste a la formación del NOx térmico, es relativamente insensible a los pequeños cambios en temperatura de la zona de combustión. En general el aumento de la relación aire/combustible y incrementa la conversión nitrógeno, la cual se toma en un incremento del NOx del combustible. Así, para reducir la formación del NOx asociado al combustible la modificación en las técnicas de combustión mas común es la utilización de niveles de aire de combustión por debajo de la cantidad teórica requerida para una combustión completa.

La falta de oxígeno crea condiciones de reducción y con el suficiente tiempo a esta temperatura causa que el nitrógeno volátil del combustible se convierta a N<sub>2</sub> antes que a NO. Varias técnicas son usadas para reducir las emisiones de NOx de la combustión de un combustible derivado del petróleo.

La sustitución de combustible consiste en quemar combustible de bajo contenido de nitrógeno, la alteración de combustible incluye la emulsificación de combustibles pesados con agua, adicionalmente a esto las técnicas primarias pueden ser clasificadas en:

- Control de combustión y
- Control de Post-combustión

El control de la combustión reduce el NOx por supresión del NOx formado durante la combustión mientras que el control de post-combustión reduce las emisiones NOx después de su formación. Los controles de combustión son ampliamente mas usados para controlar la formación de NOx en todo tipo de calderas e incluye reducir el exceso de aire, un mejor servicio a los quemadores, la recirculación de gases y quemadores de bajo NOx, los métodos para control de post-combustión incluyen una reducción selectiva no catalítica y una reducción selectiva catalítica.

Esos controles pueden ser usados separada o combinadamente para aumentar la reducción del NOx, la operación con un bajo exceso de aire, involucra la reducción de la cantidad de aire de combustión tanto como sea posible, mientras se mantenga una adecuada eficiencia y la operación de la caldera no se complique.

La formación de NOx es inhibida por que una menor cantidad de oxígeno está disponible en la zona de combustión. Estos métodos pueden cambiar la normal operación de la caldera y la efectividad de una caldera especifica.

### **5.5.2 PROGRAMA DE CONTINGENCIAS**

Las contingencias se definen como aquellos hechos que suceden de manera imprevista, sin aviso previo, y pueden generar afectaciones de relativa consideración tanto en el proyecto como en el medio ambiente que lo rodea.

Las contingencias son generadas por eventos que pueden tener dos orígenes:

- Eventos de orden Naturales: movimientos sísmicos, maremotos, deslizamiento de tierras, huracanes, etc.

- Eventos de orden humano: incendios, fallamiento de obras estructurales, derrame de sustancias peligrosas, corte de fluido eléctrico, de la red pública, sabotaje, conmoción civil.

Se ha identificado las siguientes acciones en este plan:

**a Formación de cuadrillas de emergencias:**

Formar cuadrillas de personal preparado y equipado a afrontar emergencias durante la operación de la caldera, debido a la ocurrencia de potenciales incendios, emergencia médica del personal.

**b Capacitación del Personal:**

El personal operativo de la caldera deberá estar capacitado en aspectos básicos de defensa civil para evitar accidentes debido al pánico y confusión durante la ocurrencia de posibles sismos destructores o incendios.

**c Equipamiento contra incendios:**

Se deberá instalar una red de agua con suficiente presión para abastecer equipos portátiles contra incendios, a ser ubicados en puntos críticos (almacenes de combustibles).

**d Supervisión de Operaciones:**

Debe existir una labor continua de supervisión y vigilancia de las operaciones de la caldera, con el objeto de advertir posibles contingencias.

### **5.5.3 PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL**

El programa de monitoreo ambiental está considerado como el instrumento necesario para efectuar el seguimiento de las condiciones ambientales durante la etapa

operativa del proyecto, a efectos de determinar la afectación de los factores ambientales debido a las acciones operativas de la caldera.

Las acciones de monitoreo ambiental deberán realizarse en los puntos críticos donde exista posible alteración de los factores ambientales por encima de los límites permisibles para la salud humana y calidad del ambiente. Estos puntos principalmente son:

- Casa de maquinas.
- Cruce de la Av. Principal cercana al área de la Empresa.
- Asentamiento Humano, Urbanización cercana a la Empresa.

### **Monitoreo de la calidad del Aire**

Este monitoreo permitirá conocer las condiciones de la calidad del aire durante la etapa operativa del proyecto, para compararla con la calidad del aire existente antes del proyecto (se sugiere realizar mediciones del aire antes de realizar la conversión e instalación de los equipos).

Las emisiones a efectuarse son las siguientes:

- Concentración de Material particulado suspendido en el aire: ha efectuarse utilizando un muestreador de alto volumen, con una frecuencia mínima de una medición mensual, durante la operación de la Caldera. Se sugiere realizar la medición en puntos críticos, donde exista mayor emisión de partículas hacia la atmósfera.
- Concentración de material Particulado menor a 10 micrones: Con una frecuencia mínima de una medición mensual, durante la operación de la Caldera. Se sugiere

realizar la medición en puntos críticos, cercanos a las localidades pobladas. Debido a que esta muestra está ligada al aspecto de salud de las personas.

Monitoreo de las Acciones del Proyecto. Las acciones de mitigación y mejoramiento ambiental, planteadas para la etapa operativa deberán ser objeto de una supervisión continua a efectos de verificar su cumplimiento por parte de la Empresa, así como por parte de las autoridades competentes. (Auditoria ambiental).

Esta supervisión deberá efectuarse con una frecuencia bimensual.

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) mediante su Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA), ha fijado entre sus objetivos, establecer los estándares nacionales de emisión y de calidad de aire relacionados con las operaciones de hidrocarburos de acuerdo a lo publicado en el “Reglamento para la Protección Ambiental en las actividades de Hidrocarburos” (D.S. 046-93-EM). De considerarlo conveniente, la DGAA también puede establecer estándares específicos y requerimientos para las plantas e instalaciones individuales. Ambos tipos de estándares, nacionales y específicos, son administrados y exigidos en su cumplimiento por la Dirección General de Hidrocarburos (DGH) del MEM, con apoyo de la DGAA.

En el cuadro N°5.5.3.1 se muestran los estándares a nivel Nacional de calidad del aire.

**CUADRO N°5.5.3.1 ESTANDARES NACIONALES  
DE CALIDAD DEL AIRE**

CONTAMINANTE	PERIODO	FORMA DEL ESTANDAR	
		VALOR $\mu\text{g}/\text{m}^3$	FORMATO
Dióxido de Azufre	Anual	80	
	24 horas	365	
PM-10	Anual	50	Media Aritmética Anual
	24 Horas	150	NE mas de 3 vez/ año
Monóxido de Carbono	8 horas	10000	Promedio Móvil
	1 hora	30000	NE mas de 1 vez/ año
Dióxido de Nitrógeno	Anual	100	Promedio Aritmético anual
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año
Ozono	8 horas	120	NE más de 24 veces/año
Plomo	Mensual	1.5	NE más de 4 veces/año

Fuente: MEM, Nota: NE no exceder

**CUADRO N°5.5.3.2 NIVELES DE INMISION PARA  
ALGUNOS CONTAMINANTES**

CONTAMINANTE	SITUACIÓN	TIEMPO	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
SO <sub>2</sub>	Admisible	1 día	400	
		1 mes	256	
		1 año	150	
	Emergencia	1° Grado	1 día	800
		2° Grado	1 día	1400
Total		1 día	2200	
Partículas en Suspensión	Admisible	1 día	300	
		1 mes	202	
		1 año	130	
	Emergencia	1° Grado	1 día	600
		2° Grado	1 día	1000
Total		1 día	1600	
Mezcla de óxidos de Azufre y partículas en suspensión.	Admisible	1 día	$120 \times 10^3$	
		1 mes	$64 \times 10^3$	
		1 año	$20 \times 10^3$	
	Emergencia	1° Grado	1 día	$327 \times 10^3$
		2° Grado	1 día	$600 \times 10^3$
Total		1 día	$1000 \times 10^3$	
NO <sub>x</sub>	Admisible	1 día	200	
		1 año	100	
	Emergencia	1° Grado	1 día	565
		2° Grado	1 día	700
		Total	1 día	1000
Hidrocarburos	Admisible	1 día	0.140	

## 5.6 NORMAS ISO 9,000 e ISO 14,000

La organización Internacional de Normas (International Standardization Organization ISO) es una entidad reconocida a nivel mundial, con sede en Suiza, la cual ha emitido un conjunto de Normas de aplicación voluntaria que tiene como objetivo el procurar una mejora en la administración y producción de las empresas en el mundo, siendo estas normas un modelo que es adoptado actualmente por diversas empresas, para incrementar su competitividad en relación a las demás.

Las normas ISO 9000 son un conjunto de regulaciones destinadas a lograr el control total que permita una calidad óptima de los bienes y/o servicios producidos por la empresa, mientras que las Normas ISO 14000 consideran adicionalmente un conjunto de regulaciones destinadas a controlar los impactos negativos que ocasiona la actividad de la empresa sobre el medio ambiente.

Las Normas ISO 14,000 consideran, entre otros, la incorporación de los aspectos mencionados a continuación:

- La empresa debe optimizar el uso de sus recursos, tanto humanos como materiales, a favor de la protección del medio ambiente y de los consumidores de sus productos y/o servicios.
- La empresa debe crear un sistema integral de control de la contaminación que incluya a sus proveedores de bienes y servicios, los cuales serán auditados de acuerdo a las regulaciones de la Norma ISO 14,000.
- La empresa debe minimizar y reciclar todo tipo de residuos producto de sus actividades, lo cual redundará en una reducción de sus costos de operación.
- Los altos ejecutivos de la empresa son los principales responsables de velar por que sus instalaciones provoquen el mínimo daño posible al medio ambiente. Esta

responsabilidad debe ser compartida por todos los empleados y a todos los niveles, transmitiéndolas a los proveedores de la empresa.

De acuerdo a recomendaciones efectuadas por expertos en el tema, para implantar en una empresa todo un sistema de administración sujeto a las normas establecidas en ISO 14,000, debe evaluarse y considerarse lo siguiente:

- Asegurarse que la alta gerencia de la empresa está dispuesta a respaldar y apoyar el cambio.
- Logrado el apoyo de la alta gerencia, se debe incluir los nuevos planes de adaptación en la filosofía y misión de la empresa.
- Contratar expertos en sistemas de administración ambiental que conozcan las normas ISO 14,000 para que orienten a los altos ejecutivos de la empresa sobre los objetivos y alcances de esta normatividad, y los recursos económicos y humanos necesarios para alcanzar tal fin.
- Establecer un plan de capacitación de personal, a todo nivel, incluyendo la alta dirección de la empresa, sobre protección ambiental.

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES TÉCNICAS

- La mezcla aire-combustible para la combustión del G.N. puede realizarse íntimamente con bajo exceso de aire, asegurando una combustión completa.
- Los gases de combustión del G.N. no forman depósitos adherentes en las superficies de intercambio de calor.
- El G.N. no requiere almacenamiento del combustible, el poco espacio para su instalación es muy importante toda vez que la disponibilidad de espacio en las empresas es cada vez menor.
- Por la baja proporción de azufre en el G.N., no hay corrosión en la parte final de la caldera. La temperatura de los humos puede disminuirse sin temor.
- El Sistema de Alimentación de combustible a G.N. requiere de menos equipos comparado con el Petróleo Industrial 500 (Precalentador de combustible y Tanques de almacenamiento).
- Los requerimientos de mantenimiento de los equipos a G.N. son con menor frecuencia, pero requieren de personal mas calificado comparado con el sistema a Petróleo Residual.
- Por ser el Gas Natural un combustible relativamente limpio hacen que se alarguen la vida de los equipos.
- Reducción de demanda de vapor de atomización de combustibles líquidos. Por cada 1000tn de petróleo, se reducen 300 a 350tn de vapor de atomización y calentamiento.

## **CONCLUSIONES ECONÓMICAS**

- Los costos de mantenimiento en el sistema a G.N. son aproximadamente iguales o ligeramente mayores que los que usan combustibles líquidos.
- El precio estimado según OSINERG, del G.N es 3.8US\$/MMBTU y el Petróleo Industrial 500 es 4.3 US\$/MMBTU.
- Se obtienen mayores ahorros al operar con G.N. debido a que no requiere de mayores costos operativos adicionales como son: flete y aditivos para mejorar la combustión.
- La inversión del sistema a G.N. es 42,704.2 US\$, y el ahorro por combustible, operación y mantenimiento asciende a 84,118.9 US\$/año a un régimen de trabajo de 16h/día.
- Los indicadores económicos nos indican que el proyecto es rentable económicamente, aun considerando el mayor precio estimado por Osinerg según consumo.
- El análisis de sensibilidad nos demuestran que aumentando el régimen de producción la rentabilidad es aun mayor.

## **CONCLUSIONES DE IMPACTO AMBIENTAL**

- Las emisiones de CO<sub>2</sub>, NOx en los gases de combustión del G.N. son menores que los emitidos en el Petróleo Industrial 500 .
- Los impactos ambientales con G.N. son insignificantes debido que al ser quemado produce:

Menos Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), componente que afecta el calentamiento global del planeta.

Menos Oxido de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que promueve la lluvia ácida,

El G.N. no arroja emisiones de azufre, polvo u otros contaminantes que produce Smog.

### **RECOMENDACIONES**

- La viabilidad del uso de G.N. en Calderas Pirotubulares constituye un proyecto factible, por los múltiples beneficios económicos, técnicos y ambientales. Es por ello que se recomienda instalar en la Caldera Pirotubular KEWANEE CLASSIC III de espalda húmeda de 500 BHP, con cámara de combustión 100% sumergida en agua, un Quemador del Tipo PHOENIX modelo PHX 500 a G.N.
- Así mismo se recomienda cambiar de combustible, de líquido a G.N. cuando se usan Calderas Pirotubulares de cualquier capacidad, debido a los grandes ahorros en los costos operativos.

## ***BIBLIOGRAFÍA***

- Copias del Curso de Calderas Industriales, Centro de Extensión y Proyección Social. UNI
- Manual de Operación y Mantenimiento. Caldera Cleaver – Brooks.
- Manual de Eficiencia Energética De Calderas Industriales, ITINTEC.
- Castillo Neira Percy, Ahorro de Energía en la Operación de Calderos Industriales.
- Castillo Neira Percy, Combustión Industrial del Gas Natural.
- Espinoza Quiñónez Luis, Camisea Impacto en el Sector Energético
- OSINERG, Tarifas de Transporte y Distribución de Gas Natural, mayo 2001
- Jiménez Ugarte Fernando, Impacto Ambiental de la Operación de Calderos Industriales
- Ministerio de Energía y Minas, Protocolo de Monitoreo de Calidad de Aire y Emisiones Sub-Sector Hidrocarburos

## **APENDICE**

- 1.0 Cálculos
- 2.0 Catálogos
- 3.0 Cotizaciones
- 4.0 Precios de los combustibles.
- 5.0 Formatos para el Informe de Monitoreo de emisiones atmosféricas en calderas  
dado por el MEM.

## **APÉNDICE 1.0**

### **CALCULOS**

- Diámetro de las Tuberías de Gas Natural
- Costos de Mantenimiento.
- Evaluación Económica con Precio del G.N. a 3.7 US\$/MMBTU

## CALCULO DEL DIAMETRO DE TUBERIAS LINEA DE GAS

La determinación del diámetro, así como de la pérdida de carga se calculara a partir de la formula de Renouard simplificada para valores de:

$$\frac{Q}{D} \leq 150$$

$$P_1^2 - P_2^2 = 51.5 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

P1 y P2 = Presión inicial y final absoluta en bar.

S = Densidad relativa = 0.61

L = Longitud equivalente de la conducción en m.

Q = Caudal en Nm<sup>3</sup>/h.

D = Diámetro interior en mm.

Z = Factor de compresibilidad (se toma 1 para presiones de hasta 5 bar absolutos).

$$V = 378 \cdot \frac{Q \cdot Z}{P \cdot D^2}$$

### 1. ACOMETIDA INTERIOR ALTA PRESION HASTA LA ESTACION DE REGULACIÓN. (Tramo A-B)

L = 6m.

Q = 750 m<sup>3</sup>/s

P<sub>máx</sub> = 4 Kg/cm<sup>2</sup> efect.

P<sub>min.</sub> = 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>

Perdida de carga máxima = 1250 mm c. a.  
(5% del 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>)

#### a) Velocidad del Gas

$$V = 378 \cdot \frac{Q \cdot Z}{P \cdot D^2}$$

V = m/s.

Q = 750 Nm<sup>3</sup>/h.

Z = 1

P = Presión absoluta en bar = 3.5

D = ø interior en mm. = 102.26 ( 4")

$$V = 378 \cdot \frac{750 \times 1}{3.5 \times 102.26^2}$$

$$V = 7.74 \text{ m/s.} < 30 \text{ m/s.}$$

### b) Pérdida de carga

Según la formula de RENOARD

$$P_A^2 - P_B^2 = 51.5 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

$$\begin{aligned} P_A &= 3.5 \text{ bar} \\ S &= \text{Densidad relativa} = 0.61 \\ L &= 6 \text{ m.} \\ Q &= 750 \text{ Nm}^3/\text{h.} \\ D &= 102.26 \text{ mm.} \\ Z &= 1 \end{aligned}$$

Resolviendo:

$$P_B = 3.4990 \text{ bar}$$

$$P_A - P_B = 3.5 - 3.4990 = 0.001 \text{ bar} = 10 \text{ mm c.a.} < 1250 \text{ mm c.a.}$$

## 2. RED DE DISTRIBUCION INTERIOR A BAJA PRESION HASTA BIFURCACIÓN. (Tramo C-D)

$$\begin{aligned} L &= 40 \text{ m.} \\ Q &= 750 \text{ m}^3/\text{s} \\ P &= 2 \text{ Kg/cm}^2 \text{ efect.} = 3 \text{ bar.} \\ V &= 20 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

Perdida de carga máxima = 1000 mm c. a.  
(5% del 2 Kg/cm<sup>2</sup>)

### a) Velocidad del Gas

$$V = 378 \cdot \frac{Q \cdot Z}{P \cdot D^2}$$

$$\begin{aligned} V &= \text{m/s.} \\ Q &= 750 \text{ Nm}^3/\text{h.} \\ Z &= 1 \end{aligned}$$

P = Presión absoluta en bar = 3  
D = ø interior en mm. = 102.26 ( 4")

$$V = 378 \cdot \frac{750 \times 1}{3 \times 102.26^2}$$

$$V = 9.05 \text{ m/s.} < 20 \text{ m/s.}$$

### b) Pérdida de carga

Según la formula de RENOUARD

$$P_A^2 - P_B^2 = 51.5 \cdot S \cdot L \cdot Q^{1.82} \cdot D^{-4.82}$$

P<sub>A</sub> = 3 bar  
S = Densidad relativa = 0.61  
L = 40 m.  
Q = 750 Nm<sup>3</sup>/h.  
D = 102.26mm.  
Z = 1

Resolviendo:

$$P_B = 2.9926 \text{ bar}$$

$$P_A - P_B = 3.0 - 2.9926 = 0.0073 \text{ bar} = 73 \text{ mm c.a.} < 1000 \text{ mm c.a.}$$

## COSTOS OPERATIVOS

Consideraciones de operación de la caldera:

- Horas de operación al día	24 hrs/día	Demanda de Vapor	100%
- Dias de operacion al año	300 días/año	Porcentaje de Llama	100%

## COMBUSTIBLE: PETROLEO R-500

### COSTO DEL COMBUSTIBLE AL AÑO

Consumo de combustible	138 Gal/hr.
Precio del Petroleo R-500	1.8 Soles/Gal. + IG

Costo de combustible al año:

$$\begin{aligned} 138 \frac{\text{Gln.}}{\text{hr.}} \times 24 \frac{\text{hr.}}{\text{día}} \times 300 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 1.8 \frac{\text{Sole}}{\text{Gln.}} &= 1,788,480 \frac{\text{soles}}{\text{año}} \\ &= 516,902 \frac{\text{US\$}}{\text{Año}} \end{aligned}$$

### COSTO DEL CONSUMO DE ADITIVOS EN US\$/AÑO

Consumo de Combustible al año	993,600	$\frac{\text{Gln.}}{\text{año}}$
-------------------------------	---------	----------------------------------

La dosificación de aditivos es de 1 Gln por cada 5000 glns. De combustible.

Consumo de aditivo al año	$199 \frac{\text{Gln.}}{\text{año}}$
---------------------------	--------------------------------------

Costo del Galon de Aditivos	$40.9 \frac{\text{US\$}}{\text{Gln.}} + \text{IGV.}$
-----------------------------	--

El costo de consumo de Aditivos será:  $8,127.6 \frac{\text{US\$}}{\text{Año.}} + \text{IGV.}$

$$198.7 \frac{\text{Gln.}}{\text{año}} \times 40.9 \frac{\text{US\$}}{\text{Gln.}} = 8,127.6 \frac{\text{US\$}}{\text{año}} + \text{IGV.}$$

### COSTOS POR FLETE (TRANSPORTE DE LA PAMPILLA A LA EMPRESA)

Costo del Flete	$0.22 \frac{\text{Soles}}{\text{Gln.}} + \text{IGV}$	A cualquier lugar de Lima metropolitana a partir de 2,000 Gln.
-----------------	--	--

Costo por Flete	$218,592.0 \frac{\text{soles}}{\text{Año.}} + \text{IGV.}$
-----------------	--

$$63,176.9 \frac{\text{US\$}}{\text{Año.}} + \text{IGV.}$$

## COSTO POR MANTENIMIENTO

El Mantenimiento al Caldero incluye:

- Plan de mantenimiento mensual
- Plan de mantenimiento cada 3 meses
- Plan de mantenimiento cada 6 meses
- Ver desarrollo en Apendice

Costo Total por Mantenimiento: 3,080  $\frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$

## CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

		TIEMPO DE OPERACIÓN	TOTAL Kw-h/d
Calentador Mixto de Petróleo	10 Kw	1 h.	10
Calentador de Tanque Diario	3 Kw	1 h.	3
Bomba de trasvase de Cisterna a Tanque Diario	1.49 Kw	2.8 h.	4.172
Bomba de alimentación de combustible a Caldera	0.56 Kw	24 h.	13.41
Compresor Atomización por aire	3.725 kw	24 h.	89.4
		Total Kw-h/día.	119.982
		Total Kw-h/Año.	35994.6
		Costo Energía Eléctrica US\$/Kwh	0.1
		Costo Energía Eléctrica US\$/Año	3599.46

## CONSUMO DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE COMBUSTIBLE

- CALENTADOR MIXTO DE PETRÓLEO 10 Kw

$$n = \frac{\text{energía térmica}}{m_c \times PCI_C}$$

$$n = 0.85 \quad PCI_c = 150263.19 \text{ Kj/galón}$$

$$\text{Energía Térmica} = 10 \text{ Kw.}$$

Resolviendo,

$$m_c = 0.282 \text{ Gln/h.}$$

Considerando 7200 hrs de operación al año,  
 El consumo de combustible al año = 1945.8 galones  
 Costo del combustible US\$/gln. = 0.52  
 Costo del combustible US\$/año = 1005.9

- CALENTADOR A VAPOR TANQUE CISTERN. 15 Kw

Planteando de igual forma que el calentador mixto y resolviendo tenemos:

$$m_c = 0.420 \text{ gln/h.}$$

Costo del combustible US\$/año = 183.58

- CALENTADOR A VAPOR TANQUE DIARIO 3 Kw

Planteando de Igual forma que el calentador mixto y resolviendo tenemos:

$$m_c = 0.084 \text{ gln/h.}$$

$$\text{Costo del combustible US$/año} = 301.39$$

$$\text{- COSTO TOTAL POR VAPOR} = 1491 \text{ US$/año}$$

## COMBUSTIBLE: GAS NATURAL

### COSTO DEL COMBUSTIBLE AL AÑO

Consumo de combustible	20,288.0 MBH	(miles de btu/hr.)
Precio del Gas Natural	3.3 US\$/MMBTU	+ IGV

Costo de combustible al año:

$$20,288 \frac{\text{Mbtu}}{\text{hr.}} \times 24 \frac{\text{hr.}}{\text{día}} \times 300 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 3.3 \frac{\text{US\$}}{\text{MMBTU}} = 486,376 \frac{\text{US\$}}{\text{año}}$$

### COSTO POR MANTENIMIENTO

El Mantenimiento al Caldero incluye:

- Plan de mantenimiento mensual
- Plan de mantenimiento cada 4 meses
- Plan de mantenimiento cada 8 meses
- Ver desarrollo en Apendice

$$\text{Costo Total por Mantenimiento: } 3,150 \frac{\text{US\$}}{\text{Año}}$$

### CUADRO RESUMEN

CALDERA PIROTUBULAR DE 500 BHP KEWANEE

DEMANDA DE VAPOR 100%

PORCENTAJE DE LLAMA 100%

RÉGIMEN DE TRABAJO 24 HORAS/DIA

DESCRIPCIÓN	PETRÓLEO R-500	GAS NATURAL
Consumo Especifico de Combustible	138	20,288.0
	Gln/hr.	MBTU/hr.
Rendimiento Térmico	85%	82.5%
Consumo de Combustible al año	993,600 Gln.	146074 MMBTU
Precio del combustible inc. IG	0.61 US\$/Gln.	3.9 US\$/MMBtu
Poder Calorífico Inferior	142652 Btu/Gln.	8562 Kcal/m <sup>3</sup>
Precio del Combustible inc. IG	4.3 US\$/MMBTU	3.9 US\$/MMBtu
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>		
<b>COSTOS OPERATIVOS POR COMBUST.</b>		
Consumo Combustible US\$/Año	516,901.7	486,376
Flete US\$/Año	63,176.9	-
Sub-total	580,078.6	486,376
IGV 18%	104,414.2	87547.60287
Total US\$/Año.	<b>684,492.8</b>	<b>573,923</b>
<b>COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>		
- Mantenimiento US\$/Año	3,080.0	3,150.0
- Energía eléctrica US\$/Año	3,599.5	-
- Costo de Vapor para Calentamiento de Combustible US\$/Año	1,490.9	-
- Consumo de Aditivos US\$/Año	8,127.6	-
Sub total	16,298.0	3,150
IGV 18%	2,933.6	567
Total US\$/Año.	<b>19,231.6</b>	<b>3,717</b>
<b>TOTAL C.O. US\$/AÑO</b>	<b>703,724.4</b>	<b>577,640</b>
<b>AHORRO DE C.O. US\$/AÑO</b>	<b>17.92%</b>	

### EVALUACION ECONOMICA

PRECIO DEL G. N. 3.9 US\$/MMBTU

REGIMEN DE TRABAJO

24 HRAS/DIA

PRECIO DEL G.N.	3.9 US\$/MMBTU	Periodo de Repago = P = 0.34 años	
REGIMEN DE TRAB.	24 HORAS/DIA	Retorno de inversión = R = 285.3%	
		<b>PETROLEO</b>	<b>GAS</b>
		<b>INDUSTRIAL 500</b>	<b>NATURAL</b>
1.0 I = Inversión US\$			42,704.20
Costos Operativos Combustible US\$/Año		684,492.8	573,923
2.0 A = Ahorro de combustible US\$/año.			110,569.59
3.0 Costos de Operación y Mantenimiento US\$/año		19,231.6	3,717.00
4.0 OM = Costos anuales de operación y mantenimiento correspondiente a la mejora US\$/año.			-15,514.59
5.0 Depreciación (US\$/año)			4,270.42

**COSTOS DE MANTENIMIENTO  
CALDERA OPERANDO CON PETRÓLEO R-500**

RÉGIMEN DE TRABAJO 16 horas/día

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	COSTO POR ACTIVIDAD (US\$)	COSTO ANUAL US\$
<b>MENSUAL</b>	40	480
Inspección de Controles Eléctricos		
Limpieza del Filtro de petróleo		
Limpieza del colador de la bomba de alimentación		
Revisión de empaquetaduras		
Revisión del equipo de inyección		
Inspección del electrodo de encendido		
Inspección de las trampas de vapor		
Revisión del sistema de aire de combustión		
Revisión del cierre de las puertas		
Revisión de las varillas y partes del quemador		
Inspección de las purgas		
Revisión del circuito de atomización		
Medición de dureza del agua		
<b>CADA 4 MESES</b>	200	600
Revisión interior de la caldera		
Limpieza exterior de la caldera		
Limpieza del control de nivel		
Inspección de la tubería de alimentación de agua		
Medición de la dureza del agua		
<b>CADA 8 MESES</b>	900	1350
Limpieza de los tubos de fuego		
Revisión de la cámara de combustión		
Limpieza de filtros y trampas de vapor		
Inspección general de los controles (presostatos, termómetros, válvulas)		
Limpieza e inspección de los precalentadores de Petróleo		
Limpieza de los contactos de arrancadores y reles en el Tablero		
Limpieza general de válvulas solenoides de petróleo, Válvula reguladora de Petróleo, bomba de Petróleo Sistema de atomización, tobera y difusor del quemador .		
Cambio de empaquetadura y cerrado de puerta Delantera y posterior		
Cambio de las empaquetaduras de los registros de mano y manhole cerrado de los mismos.		
<b>TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO US\$/AÑO SIN IGV</b>		<b>2430</b>

Nota: Con Aplicación de Aditivo al Combustible

**COSTOS DE MANTENIMIENTO  
CALDERA OPERANDO CON GAS NATURAL**

RÉGIMEN DE TRABAJO 16 horas/día

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	COSTO POR ACTIVIDAD (US\$)	COSTO ANUAL US\$
<b>MENSUAL</b>	50	600
Inspección de Controles Eléctricos		
Limpieza del colador de la bomba de alimentación		
Revisión de empaquetaduras		
Inspección de las trampas de vapor		
Revisión del sistema de aire de combustión		
Revisión del cierre de las puertas		
Revisión de las varillas y partes del quemador		
Inspección de las purgas		
Medición de dureza del agua		
<b>CADA 4 MESES</b>	250	750
Revisión interior de la caldera		
Limpieza exterior de la caldera		
Limpieza del control de nivel		
Inspección de la tubería de alimentación de agua		
medición de la dureza del agua		
<b>CADA 12 MESES</b>	1200	1200
Limpieza de los tubos de fuego		
Revisión de la cámara de combustión		
Limpieza de filtros y trampas de vapor		
Inspección general de los controles (presostatos, termómetros, válvulas)		
Limpieza de los contactos de arrancadores y reles en el Tablero		
Cambio de empaquetadura y cerrado de puerta Delantera y posterior		
Cambio de las empaquetaduras de los registros de mano y manhole cerrado de los mismos.		
<b>TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO US\$/AÑO SIN IGV</b>		<b>2550</b>

**COSTOS DE MANTENIMIENTO  
CALDERA OPERANDO CON PETROLEO R-500**

RÉGIMEN DE TRABAJO 24 horas/día

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	COSTO POR ACTIVIDAD (US\$)	COSTO ANUAL US\$
<b>MENSUAL</b>	40	480
Inspección de Controles Eléctricos		
Limpieza del Filtro de petróleo		
Limpieza del colador de la bomba de alimentación		
Revisión de empaquetaduras		
Revisión del equipo de inyección		
Inspección del electrodo de encendido		
Inspección de las trampas de vapor		
Revisión del sistema de aire de combustión		
Revisión del cierre de las puertas		
Revisión de las varillas y partes del quemador		
Inspección de las purgas		
Revisión del circuito de atomización		
Medición de dureza del agua		
<b>TRIMESTRAL</b>	200	800
Revisión interior de la caldera		
Limpieza exterior de la caldera		
Limpieza del control de nivel		
Inspección de la tubería de alimentación de agua		
Medición de la dureza del agua		
<b>SEMESTRAL</b>	900	1800
Limpieza de los tubos de fuego		
Revisión de la cámara de combustión		
Limpieza de filtros y trampas de vapor		
Inspección general de los controles (presostatos, termómetros, válvulas)		
Limpieza e inspección de los precalentadores de Petróleo		
Limpieza de los contactos de arrancadores y reles en el Tablero		
Limpieza general de válvulas solenoides de petróleo, Válvula reguladora de Petróleo, bomba de Petróleo Sistema de atomización, tobera y difusor del quemador .		
Cambio de empaquetadura y cerrado de puerta Delantera y posterior		
Cambio de las empaquetaduras de los registros de mano y manhole cerrado de los mismos.		
<b>TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO US\$/AÑO SIN IGV</b>		<b>3080</b>

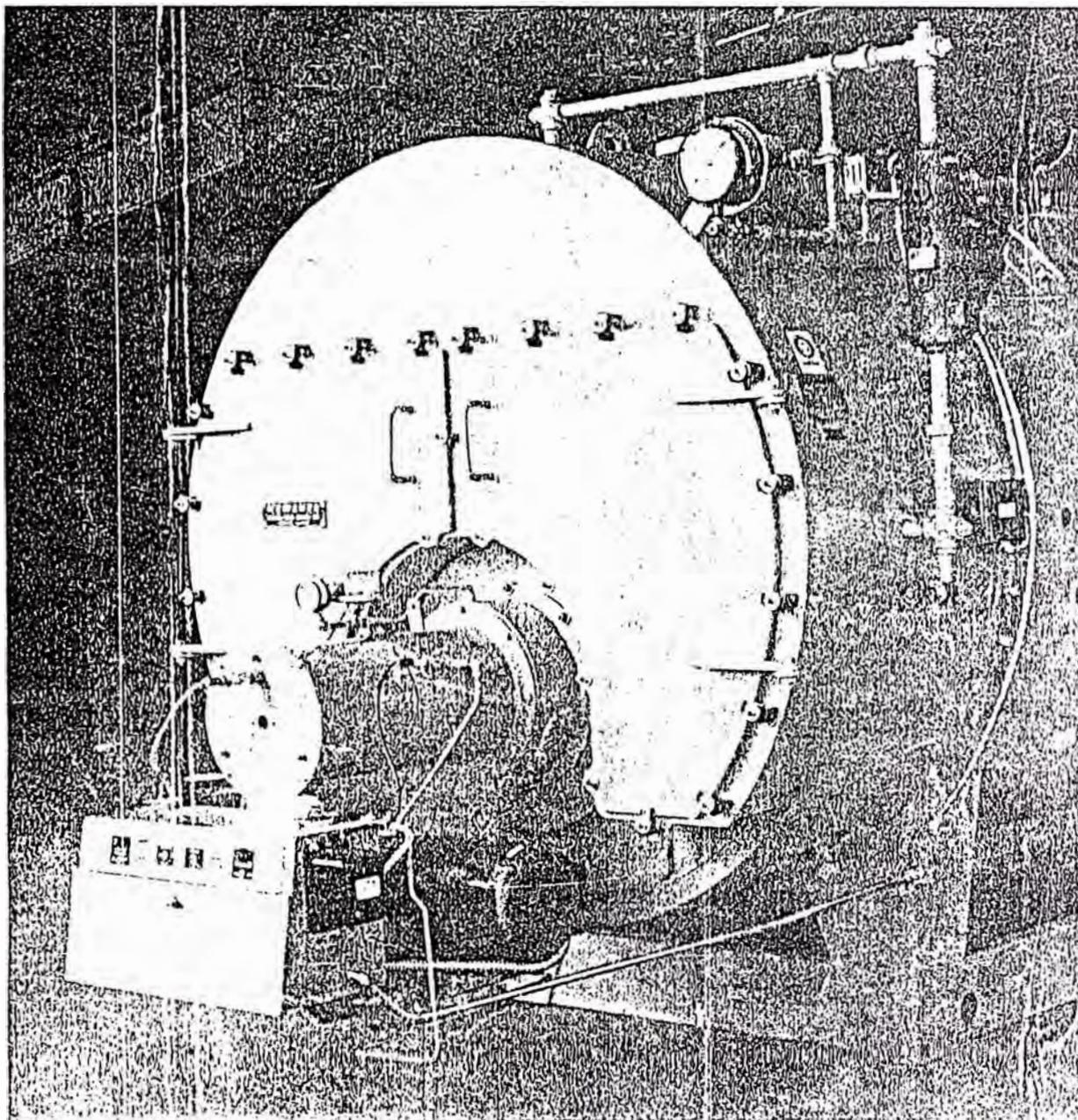
**COSTOS DE MANTENIMIENTO  
CALDERA OPERANDO CON GAS NATURAL**

REGIMEN DE TRABAJO 24horas/día

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	COSTO POR ACTIVIDAD (US\$)	COSTO ANUAL US\$
<b>MENSUAL</b>	50	600
Inspección de Controles Eléctricos		
Limpieza del colador de la bomba de alimentación		
Revisión de empaquetaduras		
Inspección de las trampas de vapor		
Revisión del sistema de aire de combustión		
Revisión del cierre de las puertas		
Revisión de las varillas y partes del quemador		
Inspección de las purgas		
Medición de dureza del agua		
<b>CADA 4 MESES</b>	250	750
Revisión interior de la caldera		
Limpieza exterior de la caldera		
Limpieza del control de nivel		
Inspección de la tubería de alimentación de agua		
medición de la dureza del agua		
<b>CADA 8 MESES</b>	1200	1800
Limpieza de los tubos de fuego		
Revisión de la cámara de combustión		
Limpieza de filtros y trampas de vapor		
Inspección general de los controles (presostatos, termómetros, válvulas)		
Limpieza de los contactos de arrancadores y reles en el Tablero		
Cambio de empaquetadura y cerrado de puerta Delantera y posterior		
Cambio de las empaquetaduras de los registros de mano y manhole cerrado de los mismos.		
Revisión del tren de gas		
<b>TOTAL COSTO DE MANTENIMIENTO US\$/AÑO SIN IGV</b>		<b>3150</b>

**APÉNDICE 2.0**  
**CATÁLOGOS**

*125 ANOS DE EXCELENCIA CLASICA  
COMO EL ESTANDAR MUNDIAL  
EN LA FABRICACION DE CALDERAS*



**KEWANE**  
**CALDERAS PIROTUBULARES  
TIPO ESCOCESA CLASSIC III**

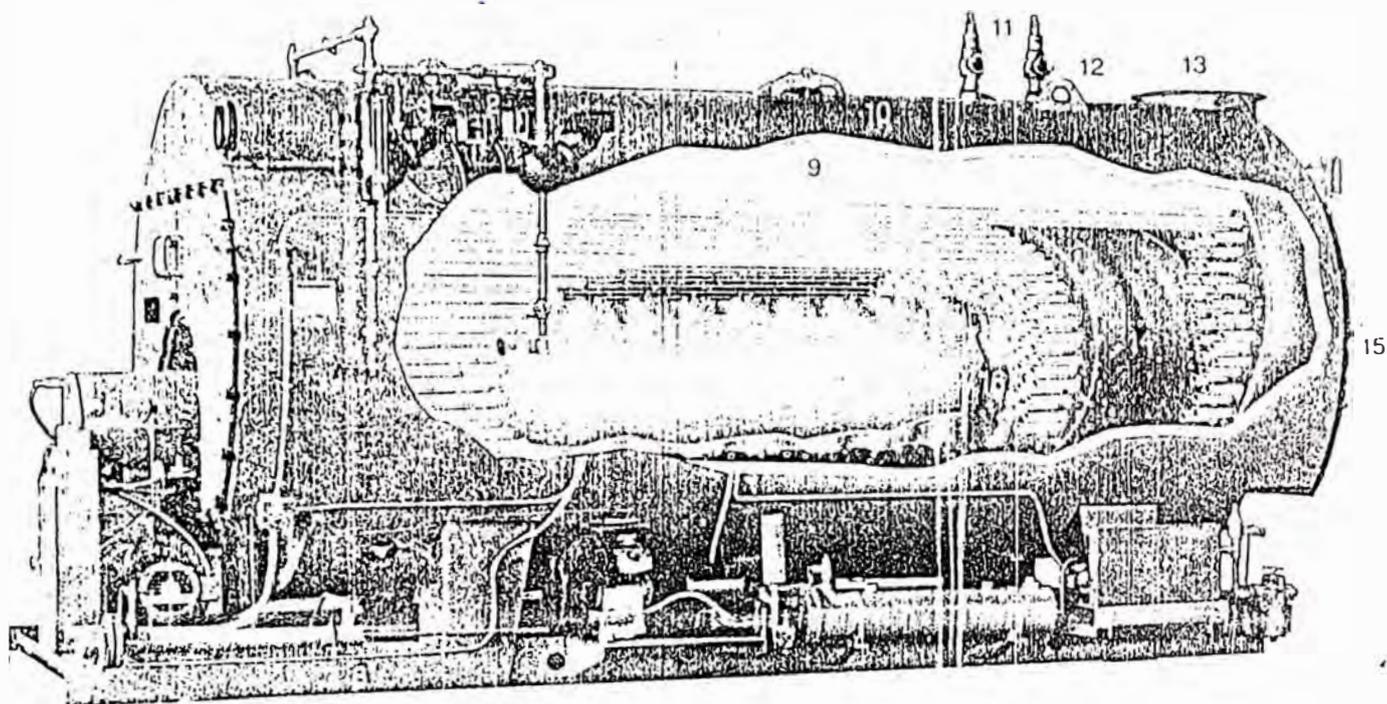
# KEWANEE CLASSIC III

## El margen de la diferencia

operación y robustez que funcionará de una manera altamente eficiente. BAJO COSTO OPERATIVO, BAJO MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD EN EL TRABAJO, son las cualidades de Kewanee con que usted puede contar. Puede estar seguro de que cada caldera de paquete Kewanee Classic III es probada en fuego y presión antes de ser despachada desde nuestra fábrica.

Kewanee diseña y fabrica el paquete completo incluyendo la caldera y sus controles conjuntamente con otros componentes especificados para ofrecerle a usted una sola fuente de responsabilidad, respaldada por más de 125 años de servicio y productos de calidad.

Cada componente está perfectamente acoplado para que el paquete de la caldera que despachamos sea una combinación de alto rendimiento, precisión



## CALDERA Y QUEMADOR FABRICADO POR KEWANEE.

1. Construida de acuerdo al código A.S.M.E. con la supervisión independiente de un inspector de seguros residente. Máxima presión estándar de trabajo: 15 & 150 Lbs/p<sup>2</sup> en vapor, 30 & 100 Lbs/p<sup>2</sup> en agua caliente. Disponibilidad de calderas con presiones de 200 Lbs/p<sup>2</sup> o mayores.

2. Los controles límites, operacionales y todos los controles de fuego hacen un eficiente uso del combustible y una operación segura.

3. El control combinado de la bomba y corte por bajo nivel en las unidades de vapor y corte por bajo nivel en las unidades de agua, protegen contra la operación en seco.

4. Las puertas pivoteadas, recubiertas de refractarios, dan fácil acceso para inspección y limpieza. Reemplazo o reparación gratis por diez años.

5. Quemador Kewanee de gas, aceite o combinación. La máxima eficiencia combustible vapor puede ser garantizada porque el quemador es construido y acoplado para la caldera por Kewanee.

6. Los gabinetes de control están sellados por juntas para mantenerlos libres de polvo y proteger el programador de encendido y vigilancia de llama.

7. Quemador de tiro forzado montado sobre base. (montado en brida de 20 a 250 HP.)

8. Fuerte base de acero para fácil manejo y distribución balanceada del peso.

9. Amplia área de evaporación asegurando vapor seco de alta calidad.

10. Aislamiento en fibra mineral con chapa de acero calibre 22 instalado en fábrica.

11. Válvulas de seguridad de vapor o de alivio en agua caliente de acuerdo al código A.S.M.E., en cartón separado para una completa protección durante el embarque.

12. Robustas asas de levantamiento para fácil manejo.

13. Gases de escape con salida de forma redonda. (las unidades de agua caliente de 100 Lbs/p<sup>2</sup> tienen salida de gases en forma rectangular), localizada en la parte trasera permite una sencilla transición al ducto de la chimenea.

14. Cámara trasera cilíndrica totalmente sumergida en agua aumenta la superficie de transferencia y a la vez elimina los tabiques deflectores de retractarios.

15. Puertas traseras de acceso a los tubos de fuego, divididas. Puertas pivoteadas para calderas de 300 HP y mayores en vapor de 15 & 150 Lbs/p<sup>2</sup> y 30 Lbs/p<sup>2</sup> en agua.

16. Tubo central de fuego liso de 20 a 250 HP en unidades de vapor y en todos los tamaños de las unidades de baja presión. Tubo central de fuego corrugado para una resistente superficie de calentamiento extendida en calderas por encima de 300 HP o mayores presiones.

17. Diseño de tres pasos. Tubos de fuego con placas separadas previene la ocurrencia de los peligrosos esfuerzos debido a los diferenciales de temperatura en las placas traseras únicas.

18. Tubos de fuego de 2 1/2" de grueso calibre en las unidades de 300 - 800 HP. Rolados, expandidos y revirados para alta presión y en la cámara de combustión de las de baja. Tubos de 2" en las unidades de 20 - 250 HP.

## EFICIENCIA DE DISEÑO

La meta de Kewanee -  
**MINIMO COSTO DE VIDA.**

Tomando en consideración (1) costos de capital, (2) costos operacionales y (3) costos de mantenimiento, nosotros proveemos el más bajo costo de vida, un diseño de tres pasos con puerta húmeda. La Kewanee Classic III.

### 1. COSTOS DE CAPITAL

Hoy en día, los administradores inteligentes, toman muy seriamente en consideración el costo inicial, más los costos operacionales y de mantenimiento con el fin de obtener números confiables del costo real y el retorno de la inversión a la hora de seleccionar equipos importantes.

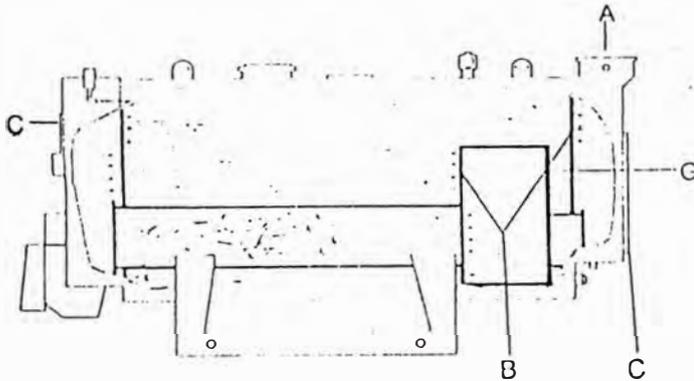
Las calderas Kewanee de puerta húmeda tienen precios altamente competitivos aunque no siempre los más bajos todo el tiempo. A PESAR DE ESTO, SABEMOS QUE ... A LO LARGO DE SU VIDA UTIL, LA CALDERA KEWANEE CUENTA MENOS.

La eficiencia en el uso del combustible es sorprendente. El costo del mantenimiento, sin tener que preocuparse de los cambios de refractarios de cada año (normalmente sobre los \$5,000. o más), paga dividendos en menores costos anuales. Elegir una caldera de paquete, tubo de fuego, de puerta húmeda Kewanee es la manera de hacer una inversión de capital inteligente.

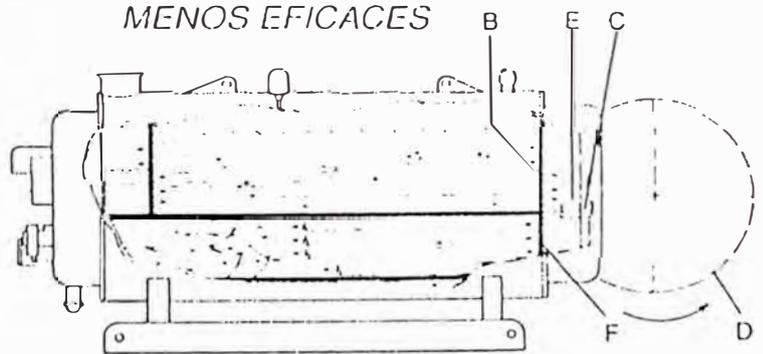
## COMPARACION DEL DISEÑO DE LAS KEWANEE CLASSIC III.

Kewanee Manufacturing Co. Inc. garantiza la Classic III para tener una eficiencia combustible/vapor tan alta como un 88%.

KEWANEE CLASSIC III



OTROS DISEÑOS MENOS EFICACES



- A. La salida trasera de los gases muchas veces elimina la necesidad de extensos ductos, especialmente en los tradicionales cuartos de calderas de una sola chimenea.
- B. La caldera de paquete escocesa Kewanee Classic III cuenta con placas de tubos separadas para cada cambio importante de temperatura en los gases lo que previene los peligrosos esfuerzos que se originan cuando se someten a las placas de diseño sencillo a diferenciales de temperatura tan grandes como de 1,300°F a 1,600°F.
- C. Kewanee ofrece una garantía de diez años desde el arranque sobre la reparación o reemplazo del refractario de las puertas. El reemplazo del refractario de las puertas en las de diseño puerta seca, puede fácilmente sobreasar el costo original de la caldera.

- D. No hay puertas pivoteadas que consuman espacio. En una Classic III no hay refractario de puerta seca.
- E. El tabique deflector trasero requerido en los diseños de puerta seca pueden ser erosionados por los gases calientes resultando en un "corto circuito" que aumenta la temperatura de la chimenea y reduce la eficiencia.
- F. El esfuerzo térmico sobre las placas sencillas del diseño puerta seca de cuatro pasos puede provocar hojera en los tubos de fuego con el consabido costoso proceso de sellado por soldadura y la pérdida de tiempo por parada.
- G. El 15% del total de calor transferido ocurre en la pared trasera de la Classic III, esto es un aumento potencial de un 1 a un 3% sobre la superficie primaria del diseño de puerta seca.

### 2. COSTOS OPERATIVOS

Aproximadamente el 15% del área total de transferencia de calor está en la cámara de combustión. Está 100% sumergida para maximizar la transferencia de calor al agua. La pared trasera está a temperatura de saturación, minimizando las pérdidas al ambiente. Una menor superficie distribuida en los tubos de fuego, reduce los pasos, la caída de presión y el consumo de potencia del abanico. No hay deflectores en el frente o en la parte de atrás con lo que NO hay la posibilidad de un "corto circuito" de gases calientes. Esto resulta en menores costos operativos de combustible y energía. Nuestra garantía sobre eficiencia es por escrito.

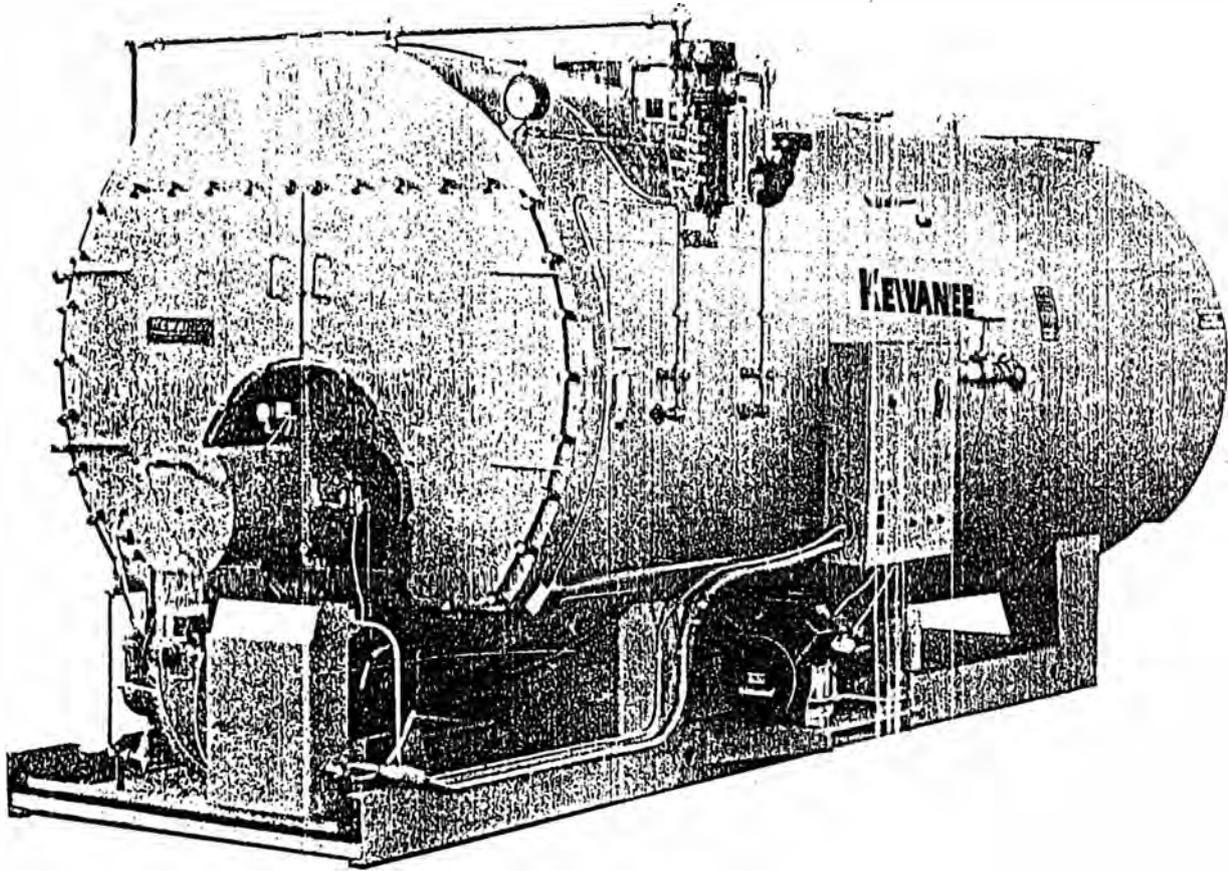
### 3. AHORROS EN LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO

Las dos placas traseras de tubos, eliminan los esfuerzos por el gradiente de temperatura. Los tubos se mantienen sellados, no se necesita sellarlos con soldadura.

Las puertas de inspección de los tubos seccionadas, se abren rápidamente. No hay deflectores, nada que reparar o reemplazar. No hay refractario trasero, nada que reemplazar jamás. El refractario de la parte frontal es del tipo de uso ligero. Todo el refractario está garantizado por escrito por diez años.

Además, quemadores construidos por Kewanee para acoplar perfectamente y ofrecer un paquete completo con la etiqueta del UL.

# Las Características



## ESPECIFICACIONES

CABALLOS DE FUERZA DE CALDERA	20	30	40	50	60	70	80	100	125	150	200	250	300	38	400	500	600	750	800	
Capacidad (1000 BTU/pe cubico)..... MBH	670	1,004	1,339	1,674	2,009	2,343	2,678	3,348	4,184	5,021	6,695	8,369	10,041	11,716	13,390	16,738	20,085	25,106	26,780	
Capacidad (Salida Bruta)..... pie cuad.	2,790	4,184	5,580	6,974	8,370	9,765	11,160	13,950	17,438	20,925	27,895	34,875	41,845	48,820	55,795	69,750	83,690	104,610	111,600	
Capacidad (Salida Neta) - Baja Presión..... pie cuad.	—	—	—	—	6,695	7,811	8,927	11,158	13,948	16,738	22,317	27,836	33,475	39,054	44,633	55,792	66,950	83,688	89,168	99,168
Capacidad (Salida Neta)..... MBH	—	—	—	—	1,747	2,037	2,329	2,911	3,638	4,366	5,822	7,277	8,735	10,190	11,645	14,555	17,465	21,840	23,285	
Consumo de Combustible (1000 BTU/pe cubico)..... MBH	840	1,255	1,674	2,100	2,511	2,930	3,348	4,185	5,231	6,278	8,370	10,463	12,551	14,646	16,740	20,925	25,110	31,383	33,475	
Consumo de Combustible (140,000)..... GPH	6.0	9.0	12.0	15.0	17.9	20.9	23.9	29.9	37.4	44.8	59.8	74.7	89.7	104.6	119.6	149.5	179.4	224.2	239.1	
Consumo de Combustible (150,000)..... GPH	—	—	—	—	16.7	19.5	22.3	27.9	34.9	41.9	55.8	69.8	83.7	97.6	111.6	139.5	167.4	209.2	223.2	
Capacidad de Calentamiento (Tubo de Fuego)..... pie cuad	100	150	200	250	300	350	400	500	625	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500	3,000	3,750	3,750	
Capacidad Válvula de Seguridad..... lbs Air	800	1,200	1,600	2,000	2,400	2,800	3,200	4,000	5,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000	20,000	24,000	30,000	30,000	
OR de 150 PSI																				
Alto Total	78"	910"	931"	10'10"	10'7"	117"	126"	127"	145"	149"	178"	185"	176"	195"	195"	209"	21'10"	25'2"	25'2"	
Alto Total Incl. Remoción de Tubos	94"	138"	12'11"	16'15"	14'4"	16'2"	18'1"	177"	21'3"	21'1"	27'0"	28'2"	27'4"	31'4"	28'8"	31'6"	33'0"	40'5"	40'5"	
Ancho Total	43"	43"	49"	49"	55"	55"	55"	5'11"	5'11"	6'5"	6'5"	7'0"	8'0"	8'0"	9'0"	9'0"	9'6"	9'6"	9'6"	
Alto Total	5'0"	5'0"	5'5"	5'5"	6'0"	6'0"	6'10"	6'9"	7'3"	7'4"	7'11"	7'11"	9'2"	9'2"	9'11"	9'11"	11'1"	11'1"	11'1"	
Contenido de Agua Normal	Gal	147	217	258	333	330	381	436	519	647	752	1,000	1,214	1,664	1,929	2,208	2,427	2,875	3,589	
Peso Seco	Lbs	3,400	4,000	4,800	5,400	5,700	6,200	6,900	8,200	9,700	11,100	14,100	16,700	20,200	23,600	28,100	31,900	38,100	46,900	
OR de 15 PSI ALTA de 30 PSI																				
Alto Total	—	—	—	—	107"	116"	126"	127"	145"	148"	178"	185"	176"	195"	195"	209"	21'10"	25'5"	25'2"	
Alto Total Incl. Remoción de Tubos	—	—	—	—	14'3"	16'2"	18'1"	177"	21'3"	21'1"	27'0"	28'2"	27'4"	31'4"	28'8"	31'6"	33'0"	40'5"	40'5"	
Ancho Total	—	—	—	—	5'5"	5'5"	5'5"	5'11"	5'11"	6'5"	6'5"	7'0"	8'0"	8'0"	9'0"	9'0"	9'6"	9'6"	9'6"	
Alto Total	—	—	—	—	5'9"	5'9"	6'0"	6'8"	6'5"	7'3"	7'3"	7'8"	8'11"	8'11"	9'11"	9'11"	10'8"	10'8"	10'8"	
Contenido de Agua Llena	Gal	—	—	—	381	441	503	588	735	874	1,165	1,406	2,011	2,341	2,736	3,082	3,556	4,439	4,439	
Contenido de Agua Normal	Gal	—	—	—	321	372	425	501	628	731	977	1,170	1,650	1,923	2,117	2,454	2,850	3,565	3,565	
Peso Seco	Lbs	—	—	—	5,300	5,900	6,200	7,200	8,000	9,500	11,800	15,000	18,900	21,200	25,600	29,300	34,700	42,900	42,900	
OR de 100 PSI																				
Alto Total	—	—	—	—	11'4"	12'6"	11'6"	13'7"	13'2"	15'2"	15'9"	18'3"	16'11"	18'11"	19'9"	19'1"	19'10"	23'0"	23'0"	
Alto Total Incl. Remoción de Tubos	—	—	—	—	16'3"	18'7"	16'7"	20'1"	19'3"	22'11"	23'5"	28'6"	26'9"	30'9"	30'6"	29'5"	30'6"	37'3"	37'3"	
Ancho Total	—	—	—	—	4'2"	4'2"	4'8"	4'8"	5'2"	5'2"	5'8"	5'8"	6'8"	6'8"	7'2"	7'9"	8'3"	8'3"	8'3"	
Alto Total	—	—	—	—	5'5"	5'7"	6'1"	6'1"	6'11"	7'1"	7'7"	7'7"	8'7"	8'7"	9'1"	9'7"	10'5"	10'5"	10'5"	
Contenido de Agua Llena	Gal	—	—	—	306	360	402	505	581	701	901	1,125	1,547	1,807	2,055	2,307	2,653	3,274	3,274	
Peso Seco	Lbs	—	—	—	4,600	5,400	6,300	7,100	8,300	10,100	11,400	15,160	18,900	21,000	23,800	28,400	33,300	42,300	42,300	

# KEWANEE CLASSIC III

## DISPONIBILIDAD DE PRESIONES DE 200 Lbs/p<sup>2</sup> O MAYORES

### CARACTERISTICAS COMUNES DE TODAS LAS CALDERAS KEWANEE

Construidas de acuerdo al código A.S.M.E., Listadas por el Laboratorio de los Aseguradores (U.L.)

Diseño de tres pasos, puerta húmeda.

Superficie de calentamiento:

Cinco piés cuadrados por cada caballo de fuerza. Diámetro de los tubos: 2" hasta 250 HP, 2 1/2" de 300 HP en adelante.

Empalme entre tubo y placa:

Rolados y revirados en la cámara de combustión, rolados y volteados en las otras partes a menos que se especifique de otra forma.

Puertas frontales:

Pivoteadas con aislamiento refractario encapsulado en acero.

Tubo central de fuego:

Liso de 20 a 250 HP en vapor y todas las de agua caliente, corrugado de 300 HP en adelante y en las de alta presión.

Aislamiento:

Lana mineral instalada en fábrica con chaqueta de acero calibre 22.

Controles:

Columna de agua combinada (unidades de vapor), control de bomba / corte por bajo nivel de agua. Válvulas de seguridad de acuerdo con el código A.S.M.E. Indicador de presión, termómetro (unidades de agua caliente), controles operacionales y de seguridad (de presión en las de vapor y temperatura en las de agua caliente).

Quemadores:

Construidos por Kewanee para gas, aceite o combinación. Prueba de fuego en fábrica.

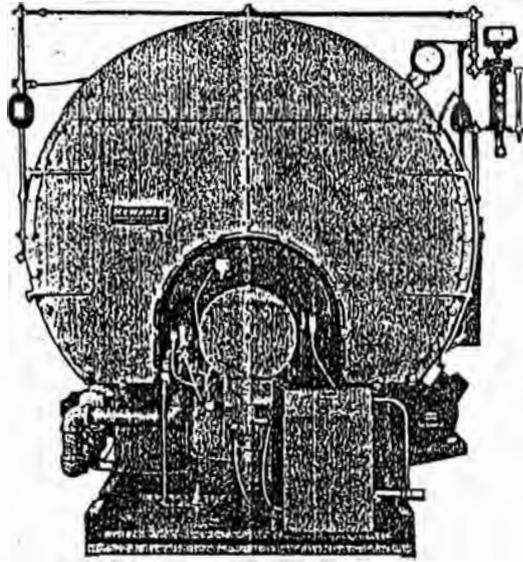
### VAPOR DE 150 Lbs/p<sup>2</sup>

19 Tamaños desde 20 a 800HP.

Tubo de fuego corrugado de 300HP en adelante.

Empalme entre tubo y placa:

Rolados y revirados en todas partes.



Puertas frontales:

Desmontables hasta 50 HP, pivoteadas en adelante.

Puertas traseras:

Desmontables hasta 250 HP, pivoteadas de 300 HP en adelante.

### VAPOR DE 15 Lbs/p<sup>2</sup> Y AGUA CALIENTE A 30 Lbs/p<sup>2</sup>

15 Tamaños desde 60 HP hasta 800 HP. Las unidades de agua caliente tienen conexiones de alimentación y retorno en la parte superior. Máxima temperatura de trabajo: 250°F

Puertas traseras:

Desmontables hasta 250 HP, pivoteadas de 300 HP en adelante.

### AGUA CALIENTE DE 100 Lbs/p<sup>2</sup>

15 Tamaños desde 60 hasta 800 HP. Conexiones de alimentación y retorno en la parte superior.

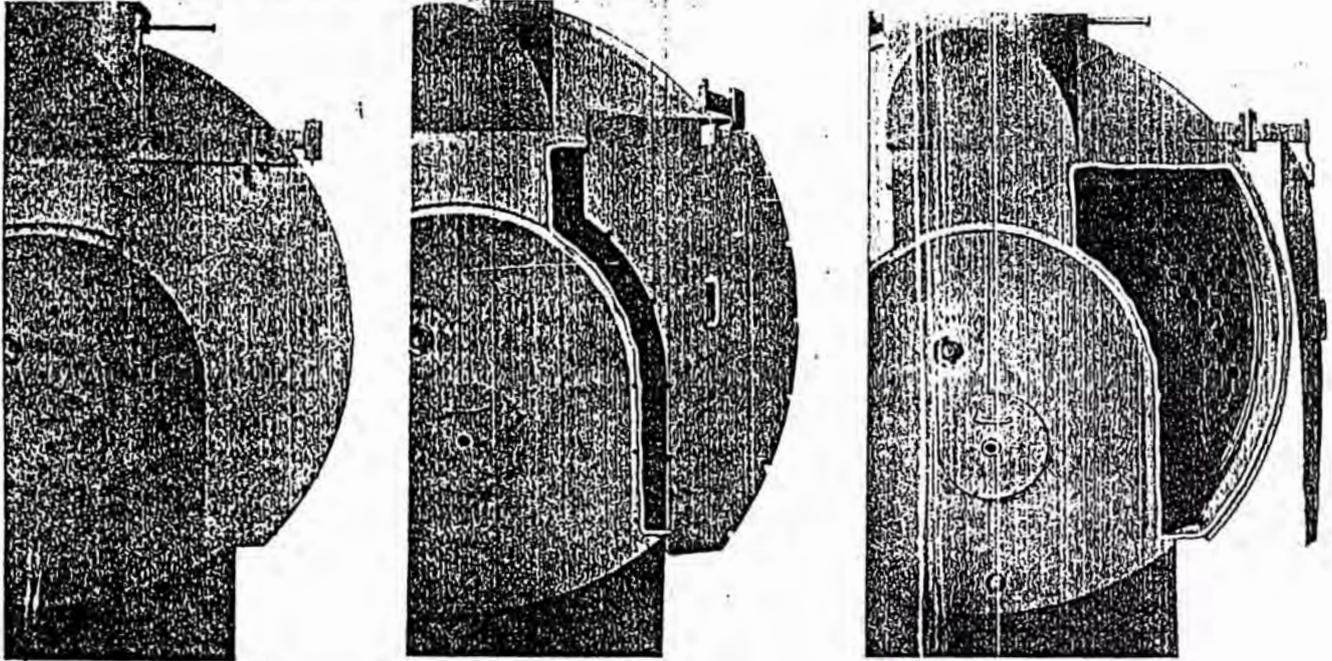
Puertas traseras desmontables en dos secciones hasta 250 HP, cuatro secciones de 300 HP en adelante.

### DATOS

ALOS DE FUERZA DE CALDERA	20	30	40	50	60	70	80	100	125	150	200	250	300	350	400	500	600	750	800	
Diámetro (STD U.L.)	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3"	3 1/4"	3 1/2"	3 3/4"	4"	4 1/4"	4 1/2"	4 3/4"	5"	5 1/4"	5 1/2"	5 3/4"	6"
Anchura de Entrada Requerida - Pulg. Agua	6.0	6.0	5.7	7.0	7.5	5.3	6.8	7.0	9.3	9.3	12.5	16.0	15.5	13.1	16.3	21.2	22.4	35.8	40.7	
Identificación	1	9	13	13	30	34	34	34	62	68	71	79	80	81	81	83	83	83	83	
Acción Forzada - Gas.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aceite.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #1.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #2.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #3.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #4.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #5, #6.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #7.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #8.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #9.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #10.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #11.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #12.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #13.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #14.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #15.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #16.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #17.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #18.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #19.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #20.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #21.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #22.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #23.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #24.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #25.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #26.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #27.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #28.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #29.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #30.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #31.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #32.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #33.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #34.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #35.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #36.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #37.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #38.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #39.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #40.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #41.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #42.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #43.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #44.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #45.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #46.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #47.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #48.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30	40	
Acción Forzada - Aire #49.....hp	1/2	1/2	1/2	1/4	1 1/2	1 1/2	1 1/2	3	3	5	5	7 1/2	10	15	15	20	25	30		

# Kewanee

## CARACTERÍSTICAS DE LA CALDERA



...EL SUEÑO DEL HOMBRE DE MANTENIMIENTO, LA DELICIA DEL COSTO EFECTIVO PARA EL DUEÑO

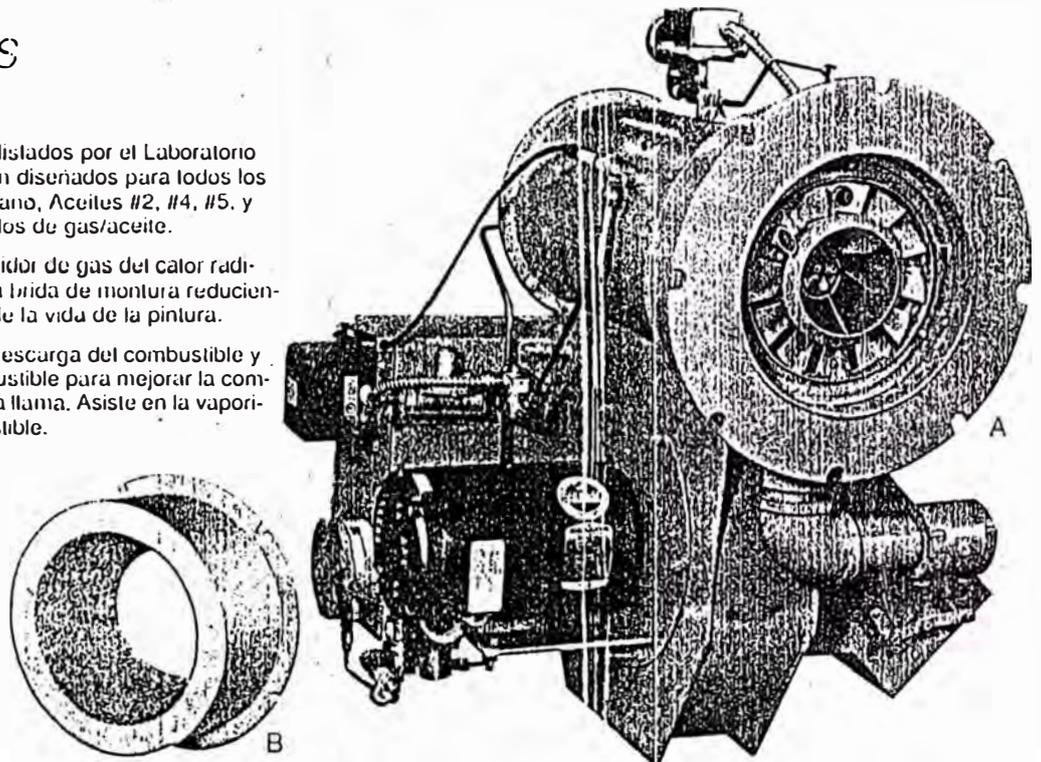
- El acceso a las placas de tubos frontales y traseras es rápido, un asunto de pocos minutos y sin la necesidad de grandes herramientas.
- Las puertas frontales están pivoteadas y pueden ser fácilmente abiertas para una fácil limpieza o inspección sin molestar el quemador, el alambrado o las tuberías.
- Las puertas traseras (que pesan menos de 90 Lbs.) son del tipo desmontable en las calderas de vapor hasta 250 HP y para todas las de agua caliente de 100 psi.
- Las calderas Class: III de 300 HP en adelante están provistas de puertas pivoteadas que pueden ser abiertas en menos de 10 minutos.
- No hay costosas juntas que reemplazar.

Para las calderas en aplicaciones de vapor industrial es de suma importancia la característica Kewanee de "Rápido Acceso" ya que ahorra dinero en los servicios y mantenimientos.

## CARACTERÍSTICAS DEL QUEMADOR

Los quemadores Kewanee están listados por el Laboratorio de los Aseguradores (U.L.) y están diseñados para todos los combustibles: Gas, natural o propano, Aceites #2, #4, #5, y #6 o como quemadores combinados de gas/aceite.

- A. (L) I N T E R — Aísla el distribuidor de gas del calor radiante. Baja la temperatura de la brida de montura reduciendo el riesgo de fuego y extiende la vida de la pintura.
- B. (L) I T R A C T A N T O — Rodea la descarga del combustible y eleva la temperatura del combustible para mejorar la combustión. Retiene y da forma a la llama. Asiste en la vaporización de las gotas de combustible.





# Kewanee

## EFICIENCIA COMBUSTIBLE - VAPOR GARANTIZADA POR ESCRITO REFRACTARIOS DE LAS PUERTAS DELANTERAS Y TRASERAS CON GARANTIA DE 10 AÑOS

Por más de un siglo, desde 1868, las calderas Kewanee, han ganado reconocimiento en todo el mundo y U.S.A., no sólo por su confiabilidad, si no por sus acompañantes condiciones de economía operacional y simplicidad de mantenimiento.

La Classic III se mantiene sin comparaciones en una tradición de eficiencia de combustible, bajo mantenimiento y paquete de larga vida, con su quemador y caldera fabricados por el más respetado fabricante de la industria.

En testimonio a estos reconocimientos, Kewanee Manufacturing Co., Inc. garantiza la eficiencia combustible - vapor de las Classic III así como el reemplazo o reparación del refractario de las puertas por un período de 10 años a partir de su arranque.

### KEWANEE MANUFACTURING CO., INC. CALDERA ESCOCESA DE PAQUETE CLASSIC III GARANTIA

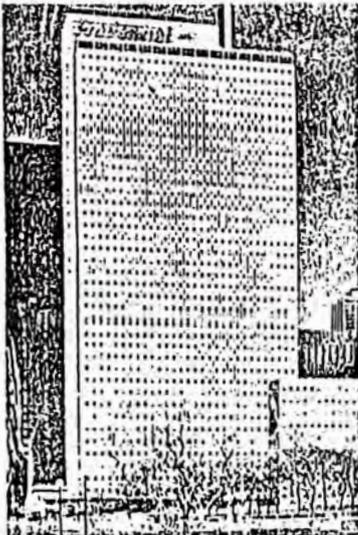
#### EFICIENCIA

Garantizamos por escrito la eficiencia combustible - vapor de la caldera de paquete Classic III, por tamaño, combustible y presión de operación - de un 25 a un 100% de capacidad según se requiera... US \$5,000.00 por cada por ciento menos en la eficiencia al momento del arranque.

(La garantía y su ejecución se hace al propietario, no al instalador, contratista de servicio, u otro intermediario. El chequeo nominal de la superficie del refractario no se considera como defectuoso.)

#### REFRACTARIOS

Si los refractarios delanteros o traseros de la caldera de paquete Classic III requirieren reemplazo o reparación dentro del período de 10 años que sigan a su arranque por un personal autorizado por la fábrica, tal reemplazo o reparación se hará sin ningún costo para el propietario.



Prudential Center, Chicago

### Para Reposición y Nuevas Construcciones

Trabajos fuertes... instalaciones donde se requieren calderas de servicio pesado y eficiencia de largo término, han sido la tradición de Kewanee por más de 100 años. Aquí mostramos tres de esas instalaciones. Más proyectos de este tipo como referencia están disponibles. Consulte su agente Kewanee o haga contacto con la fábrica para mayor información.



Superdome, New Orleans



VanWingerden Greenhouse, Virginia

DISTRIBUIDOR LOCAL

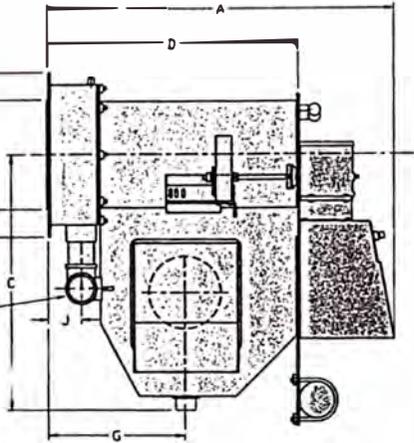
6241092

# Kewanee

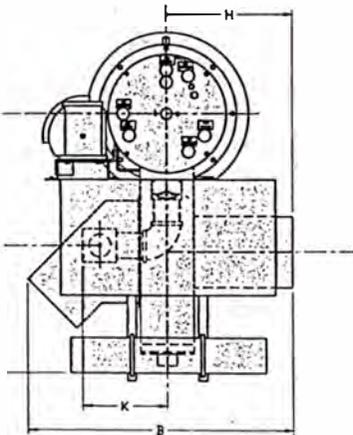
125 AÑOS DE EXCELENCIA CLASICA  
COMO EL ESTANDAR MUNDIAL  
EN LA FABRICACION DE CALDERAS

KEWANEE MANUFACTURING CO., INC.  
101 Franklin Street, Kewanee, Illinois 61443  
Phone 309-853-3541 Fax 309-852-0424

# PHX 150 - 250

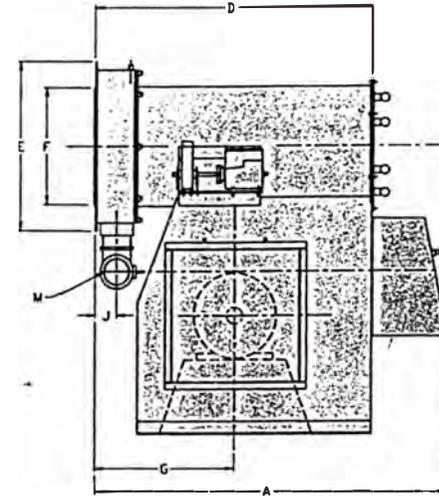


Los modelos PHX 150, 200 y 250 cuenta con la sobresaliente característica de una robusta construcción y fácil operación, común de todos los quemadores Phoenix. Estos modelos están disponibles para gas natural, gas propano y aceite #2, #4, #5 y #6. Atomización directa es estándar para aceite #2, atomización por aire como opción. Estos modelos tienen como estándar nuestro exclusivo sistema CAMCommand™ para suministrar modulación total con infinitas posibilidades de ajustes. Ignición Gas/Eléctrica estándar para todos los modelos y disponibilidad de ignición directa para los modelos de aceite. Los modelos PHX 150, 200 y 250 están listados por UL desde 2,000,000 BTU/HR hasta 12,600,000 BTU/HR (15 GPH - 90 GPH con aceite #2)



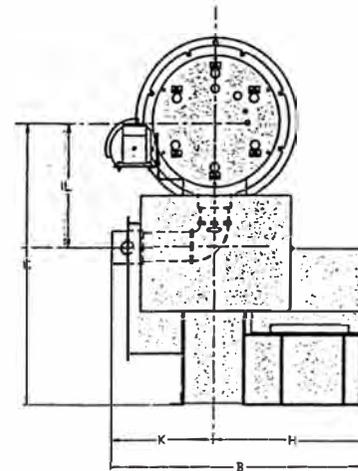
DIMENSIONES en pulgadas	DESCRIPCION	PHX 150-250
A	Largo Total	39.31
B	Ancho Total	31.00
C	Centro del Quemador Base	28.50
C <sub>1</sub>	Centro del Quemador Calentador de Aceite	30.00
D	Borde de la Base Plato de Montura	28.19
E	Diámetro del Plato de Montura del Quemador	18.25
F	Diámetro del Anillo de Gas	11.62
G	Plato de Montura Centro del Motor	15.50
H		15.00
J	Línea Suministro Gas Plato de Montura	3.69
K	Línea Suministro Gas Centro del Cabezal	10.50
L	Línea Suministro Gas Centro del Quemador	14.50
M	Tamaño Línea Suministro de Gas	2.50

# PHX 300 - 800



Los modelos PHX 300, 350, 400 y 500 están disponibles para gas natural, gas propano y aceite #2, #4, #5 y #6 con atomización por aire como estándar. La modulación total es estándar. Ignición Gas/Eléctrica estándar para todos los modelos y disponibilidad de ignición directa para los modelos de aceite. Los modelos PHX 300, 350 y 500 están listados por UL desde 2,500,000 BTU/HR hasta 22,250,000 BTU/HR (17.5 GPH - 160 GPH con aceite #2)

Los modelos PHX 600, 750 y 800 están disponibles para gas natural, gas propano y aceite #2, #4, #5 y #6 con atomización por aire como estándar. La modulación total es estándar. Ignición Gas/Eléctrica estándar para todos los modelos y disponibilidad de ignición directa para los modelos de aceite. Los modelos PHX 600, 750 y 800 están listados por UL desde 5,030,000 BTU/HR hasta 32,945,000 BTU/HR (35 GPH - 230 GPH con aceite #2)

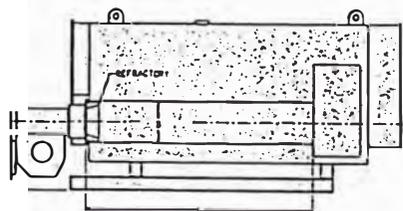


DIMENSIONES en pulgadas	DESCRIPCION	PHX 300-400	PHX 500	PHX 600-800
A	Largo Total	45.25	53.50	56.00
B	Ancho Total	36.75	38.62	41.25
C	Eje del Quemador a la Base	32.25	38.56	44.00
D	Borde de la Base a Plato de Montura	33.13	41.44	43.88
E	Diámetro del Plato de Montura del Quemador	23.00	23.00	25.75
F	Diámetro del Anillo de Gas	14.16	14.16	17.25
G	Plato de Montura al eje del Motor	19.88	24.50	22.50
H	Motor al Centro del Quemador	20.13	22.62	24.12
J	Línea Suministro Gas al Plato de Montura	3.50	3.50	3.50
K	Centro del Quemador a Línea Suministro Gas	12.00	12.00	17.00
L	Centro del Cabezal a Línea Suministro Gas	18.87	18.56	19.25
M	Tamaño Línea Suministro de Gas	3.00	3.00	4.00

	HP	Classic III	Classic III	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers	Boilers
PHX40-50	1/2	40 HP 50 HP		115K/135K 155K/175K	142 165/192	142/165 192/220	165 192/220	7-10K 11/12K
PHX60-80	1 1/2	60/70/80 HP		205K/235K 265K	220/253/ 284/315	253/284/ 315	253/284/ 315	280/281
100-125	3 5	100/125 HP	100 HP	335K/425K	418	418/521	418/521/619	282/283
150-250	5 7 1/2 20	150 HP 200/250 HP	125 HP 150/175 HP 200 HP	505K	521/619	619		284 285/286/287
300-500	10 15 20	300 HP 350/400 HP 500 HP						288 289 290/291
500-800	25 30 40	600 HP 750 HP 800 HP						292 293

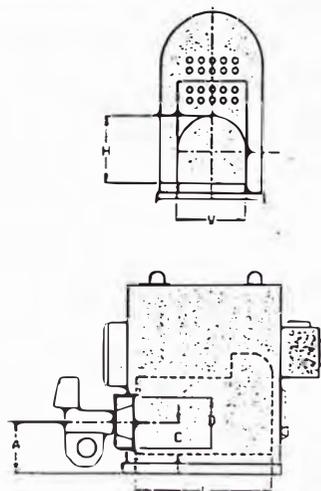
### DIMENSIONES MINIMAS DE LA CAMARA DE COMBUSTIÓN

BHP	D en pulgadas	L en pulgadas
40	15	68
50	15	87
60	17	57
70	17	68
80	17	80
100	20	75
125	20	97
150	23	93
200	23	129
250	25	133
300	24	128
350	29	152
400	33	133
500	33	143
600	36	149
750	36	190
800	36	190



PARA CALDERAS ESCOCESAS

de la Caldera	Quemador	Altura del Que.	Dimensiones mínimas recomendadas de la cámara de combustión				Dia. Refrac.
HP	Model	A	H	W	L	C	D
40-50	PHX40	17.00	23.00	25.00	35.00 37.00 39.00	10.00	14.75
60-80	PHX50	17.00	23.00	25.00	41.00 43.00	10.00	14.75
	PHX60	23.00	26.00	30.00	45.00 47.00	12.00	16.25
	PHX70	23.00	26.00	30.00	51.00	12.00	16.25
	PHX80	23.00	26.00	30.00	54.00	12.00	16.25
100-125	PHX100	25.50	30.00	35.00	57.00 60.00 63.00	14.00	19.25
150-250	PHX125	25.50	30.00	35.00	67.00	14.00	19.25
	PHX150	29.00	33.00	40.00	72.00 77.00	15.00	22.25
300-500	PHX200	29.00	35.00	40.00	84.00 89.00	16.00	22.25
	PHX250	29.00	40.00	45.00	94.00 97.00	18.00	22.25
500-800	PHX300	33.00	40.00	45.00	100.00 104.00	18.00	29.00
	PHX350	33.00	40.00	45.00	107.00	18.00	29.00
	PHX400	33.00	45.00	50.00	114.00 120.00	21.00	29.00
	PHX500	39.00	45.00	50.00	130.00	21.00	29.00
	PHX600	45.00	50.00	60.00	133.00 138.00 144.00	25.00	35.75
	PHX750	45.00	50.00	60.00	149.00	25.00	35.75



PARA CALDERAS TIPO CAJON

### Descripción del Quemador.

El quemador deberá ser de diseño de tiro forzado con capacidad para quemar (especifique combustible - gas natural, aceite # o combinación) según lo especificado en las condiciones del lugar. El método de atomización para el aceite combustible será (atomización mecánica directa de 40 a 250 HP o por aire de 60 HP en adelante.)

El abanico de aire primario para la combustión será por medio a un motor de 3.450 R.P.M. (2875 R.P.M. para aplicaciones de 50 Hertz). El cabezal del quemador debe estar diseñado para asegurar una adecuada retención de la llama y una estable y callada operación. El conjunto deberá ser suplido de forma completa incluyendo el programador de encendido y vigilancia de llama, transformador de control, interruptor de seguridad para flujo de aire, transformador de ignición, interruptores de límites operacionales y de seguridad. No es aceptado programador de encendido y vigilancia de llama de tipo propietario (exclusivo).

El cambio de combustible debe ser logrado por vía de un interruptor selector sencillo, localizado en el gabinete de control del quemador. Quemadores que requieran cualquier otro tipo de ajuste físico para lograr el cambio, no es aceptado.

El quemador deberá estar equipado con una válvula caracterizada tipo leva con un mínimo de 16 puntos de ajuste y ser capaz de lograr ajustes de más o menos 20° en todo el recorrido. El motor modulador deberá mover la leva por medio a su eje. La rueda guía de la leva deberá ser del tipo de rodamiento. La lubricación de los principales puntos de movimiento se deberá lograr desde un sello punto. El cuerpo de la leva deberá tener una capa epóxica de protección aplicada en un baño electrostático.

La compuerta de aire debe ser de tabiques múltiples.

Cada quemador deberá tener un diferencial de fogeo de mientras queme los combustibles especificados.

La ignición deberá ser lograda por (piloto a gas/eléctrico estándar para todas las unidades de gas y combinaciones de 40 a 800HP, ignición directa es estándar para las unidades PHX 40 - 125 de aceite. Piloto de aceite opcional para las unidades PHX 100 - 800 de aceite.) El piloto de gas deberá ser de dos etapas de mezcla interna y chispa eléctrica automática.

El difusor del piloto de gas deberá ser cortado con láser a una tolerancia de 0.005" para un flujo de aire aumentado y un fuerte piloto. Un detector de llama del espectro ultra violeta o infrarrojo supervisará el piloto de forma tal que las válvulas principales de gas o aceite no puedan ser abiertas hasta tanto el piloto no esté establecido. El control para el régimen de combustión deberá ser (on - off con arranque en baja para las unidades PHX 40 - 50. Alto - Bajo con arranque asegurado en baja para las unidades PHX 60 - 80. Modulación total para las unidades PHX 100 - 800).

El abanico para el aire de combustión deberá ser (diseño balanceados estática y dinámicamente de curva adelantada en unidades PHX 40 - 400. De curva invertida para las unidades PHX 500 en adelante).

### Sistema de Gas:

El sistema de tubería de gas deberá ser suministrada para: encender/apagar el quemador, regular la presión del gas y cortar el flujo de gas en el caso de pérdida de energía eléctrica, o cualquier otra condición crítica.

El conjunto del gas deberá incluir:

- PHX 40-50 - Válvula principal y de prueba, regulador de presión de gas, válvulas de corte solenoide y de diafragma con conexión para prueba de fugas.
- PHX 60-250 - Válvula principal de corte motorizada con prueba de cierre por interruptor, de prueba, de corte solenoide y de diafragma con conexión para prueba de fugas y regulador de presión de gas. Interruptores de alta y baja presión de gas.
- PHX 300-800 - Válvula principal y secundaria de corte motorizadas con prueba de cierre por interruptor, de venteo entre las de corte, de prueba, de corte solenoide y de diafragma con conexión para prueba de fugas y regulador de presión de gas. Interruptor de alta y baja presión de gas.

### Sistema de Aceite:

Deberá incluir una bomba de aceite con una capacidad aproximada del 125% de la máxima demanda del quemador.

- PHX 40-50 - La bomba de aceite será movida directamente por el eje del motor del abanico.
- PHX 60-125 - La bomba de aceite será movida por correas desde un motor con doble eje.
- PHX 150-800 - Se empleará una bomba de aceite con su motor por separado.

El sistema de aceite combustible tendrá

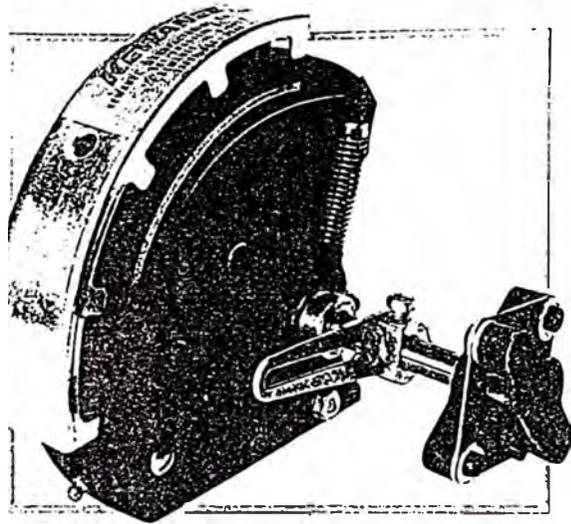
- PHX 40-50 - Filtros de aceite, cedazo secundario, manómetro, válvula de paso solenoide, válvula de desvío solenoide, y regulador de presión.
- PHX 60-80 - Filtros de aceite, cedazo secundario, manómetro, dos válvulas de paso solenoide, válvula de desvío solenoide, y regulador de presión. La bomba de aceite será movida por correas desde un motor con doble eje.
- PHX 100-800 - Filtros de aceite, cedazo secundario, manómetro, dos válvulas de paso solenoide, válvula de desvío solenoide, y regulador de presión y válvula métrica controlada por leva de 16 puntos.

Los sistemas de atomización por aire deberán incluir un compresor de aire con su motor, filtro de entrada de aire, interruptor para prueba de aire y un manómetro. Las unidades de #6 tendrán un cedazo en lugar de filtro de aceite.

### Nomenclatura Modelos Phoenix:

PHX 125 5

Modelo Quemador Phoenix .....  
 HP Nominal de Caldera .....  
 HP Motor Abanico Quemador .....



La CAMCommand™ de Kewanee: soluciona la naturaleza no lineal del control del combustible. Le permite a nuestros clientes complementar la entrega de combustible a la demanda de aire a todo lo largo del rango de modulación. La CAMCommand™ de Kewanee emplea motores moduladores de 90 grados de desplazamiento y permite el ajuste preciso de más o menos 20 grados para cualquier punto del recorrido.

La CAMCommand™ de Kewanee, dentro de sus 90 grados de desplazamiento, cuenta con 16 puntos de ajuste, estos es; un punto de ajuste cada 6 grados. Los tornillos de ajuste son de punta ovalada y la leva emplea una tira flexible entre los tornillos de ajuste y la rueda guía para asegurar un movimiento suave.

Como con cada aspecto del diseño del Phoenix de Kewanee, la CAMCommand™ fue diseñada teniendo en cuenta al personal de servicio. Un indicador muestra claramente el tornillo de ajuste que se encuentra encima de la rueda guía. Los brazos de acción son ajustables, tanto en longitud como en posición angular con fines de ajustes o puesta a tiempo. El ajuste inicial es muy semejante al tradicional varillaje. Los tornillos son para el uso delicado.

Hablemos de rendimiento confiable y durabilidad: Para el diseño y construcción de La CAMCommand™ se han empleado los más finos materiales disponibles... un armazón de hierro fundido, casquillos lubricados en todas las superficies expuestas a desgaste, la rueda guía montada sobre rodamientos y resortes a prueba de fatiga. Kewanee ha agregado además, un punto único para engrase y una cinta plástica de alta densidad para sujetar los tornillos.

La CAMCommand™ ha sido diseñada para un cierre positivo a su regreso al bajo fuego. El resorte, que en este sistema controla el seguimiento y el retroceso, se ocupa de abrir la válvula de combustible. Toda la fuerza del motor modulador está disponible para el cierre de la válvula de combustible. Para transmitir la fuerza del motor modulador, Kewanee ha seleccionado un eje de acero de 1/2" de diámetro. No existen varillas o brazos conectando el motor modulador así que no hay desgaste o falla.

Los brazos actuantes de la válvula de combustible están montados a la leva por medio a articulaciones que no pueden desplazarse de su ajuste. Finalmente el mecanismo de la leva ha sido diseñado de manera tal que cualquier inconveniente se traduzca en el cierre de las válvulas de combustible. Usted puede tener plena confianza en la calidad, durabilidad y rendimiento confiable del diseño de la CAMCommand™ de Kewanee.



Modelo	Gas Natural	Propano	Combustibles Disponibles						Secuencias de Encendido Disponibles		
			No. 2 PA Aceite	No. 3 AA Aceite	No. 4 AA Aceite	No. 5 AA Aceite	No. 6 AA Aceite	On-Off w/ LFS	Hi-Low w/ LFS	Modulación Total	
PHX40-50	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
PHX60-80	X	X	X	X	X	X		X	X	X	
PHX100-250	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
PHX300-800	X	X		X	X	X	X	X		X	

RANGOS Y DATOS DE RENDIMIENTO

Modelo	Voltaje Esc.	Motor Abanico Quemador HP 1	HP Bomba Combustible				HP Motor Comp Aire HP	Cableado Quemador Combustible KVA	Pesos (lbs.) <sup>3</sup>				
			PA	AA2	AA4	AA5&6			G/Prop	LiOl	GLI	HVOil	G/HV
PHX40	115/160	1/2	DD	-	-	-	-	450	450	500	-	-	
PHX50	115/160	1	DD	-	-	-	-	500	500	600	-	-	
PHX60	230/360	1 1/2	BD-1/3	1/4	1/4	1/3	2	3	700	580	700	680 720	
PHX70	230/360	1 1/2	BD-1/3	1/4	1/4	1/3	2	3	750	590	750	730 770	
PHX80	230/360	1 1/2	BD-1/2	1/4	1/4	1/3	2	3	800	600	800	780 820	
PHX100	230/360	3	BD-1/2	1/3	1/4	1/3	2	4	800	680	830	830 870	
PHX125	230/360	5	BD-1/2	1/3	1/4	1/3	2	5	820	700	850	900 1000	
PHX150	230/360	5	1/2	1/3	1/4	1/3	3	6	980	750	980	1045 1100	
PHX200	230/360	7 1/2	1	1/3	1/4	1/3	3	8	1180	800	1180	1255 1250	
PHX250	230/360	7 1/2	1	1/3	1/3	1/3	3	10	1200	1050	1200	1300 1300	
PHX300	230/360	10	-	1/2	1/3	1/2	3	12	1720	1720	1720	1855 1855	
PHX350	230/360	15	-	1/2	1/3	1/2	3	15	1720	1720	1720	1855 1855	
PHX400	230/360	15	-	1/2	1/3	1/2	5	15	1890	1890	1890	2065 2065	
PHX500	230/360	20	-	3/4	1/3	1/2	5	20	2000	2000	2000	2140 2140	
PHX600	230/360	25	-	3/4	1/2	3/4	5	24	2040	2040	2040	2220 2220	
PHX750	230/360	30	-	3/4	1/2	3/4	5	30	2160	2160	2160	2360 2360	
PHX800	230/360	40	-	3/4	3/4	3/4	7 1/2	30	2280	2280	2280	2500 2500	

Modelo	Rangos Máximos de Fuego a Presión del Hogar												Diferencial de Fuego %	Carga Presión Cabezal Gas	
	0.5" W.C.				1.0" W.C.				1.5" W.C.					Gas	Prop
	Gas CFH	Prop CFH	LiOl GPH	HVOil GPH	Gas CFH	Prop CFH	LiOl GPH	HVOil GPH	Gas CFH	Prop CFH	LiOl GPH	HVOil GPH			
PHX40	1840	736	13.14	-	1680	672	12.00	-	1540	616	11.00	-	3:1	2.96	5.99
PHX50	2250	900	16.07	-	2250	900	16.07	-	2250	900	16.07	-	3:1	3.15	6.12
PHX60	2938	1175	20.99	19.59	2938	1175	20.99	19.59	2800	1120	20.00	18.67	3:1	5.38	10.59
PHX70	2938	1175	20.99	19.59	2938	1175	20.99	19.59	2800	1120	20.00	18.67	3:1	6.05	10.92
PHX80	3350	1340	23.93	22.33	3350	1340	23.93	22.33	3140	1256	22.43	20.93	3:1	6.45	10.88
PHX100	4485	1794	32.04	29.90	4485	1794	32.04	29.90	4185	1674	29.89	27.90	3:1	5.05	10.01
PHX125	5900	2360	42.14	39.33	5400	2160	38.57	36.00	4900	1960	35.00	32.67	3:1	5.43	9.70
PHX150	8393	3357	59.95	55.95	8160	3264	58.29	54.40	7750	3100	55.36	51.67	4:1	9.44	20.50
PHX200	11075	4430	79.11	73.83	11075	4430	79.11	73.83	11075	4430	79.11	73.83	4:1	9.95	20.27
PHX250	11075	4430	79.11	73.83	11075	4430	79.11	73.83	11075	4430	79.11	73.83	5:1	10.81	20.71
PHX300	15210	6084	108.64	101.40	15210	6084	108.64	101.40	15210	6084	108.64	101.40	5:1	10.44	20.56
PHX350	17270	6908	123.36	115.13	17270	6908	123.36	115.13	17270	6908	123.36	115.13	5:1	11.54	20.20
PHX400	17270	6908	123.36	115.13	17270	6908	123.36	115.13	17270	6908	123.36	115.13	5:1	12.60	22.71
PHX500	21800	8720	155.00	145.33	21000	8400	150.00	140.00	20100	8040	143.57	134.00	5:1	18.18	22.24
PHX600	28500	11400	202.64	190.00	27200	10800	194.29	181.33	26400	10560	188.57	176.00	5:1	14.17	22.17
PHX750	32945	13178	234.24	219.63	32945	13178	235.32	219.63	31400	12560	224.29	209.33	5:1	17.38	21.53
PHX800	35150	14060	249.92	234.33	35150	14060	251.07	234.33	34000	13720	245.00	228.67	5:1	18.56	22.60

- NOTAS
1. Todos los motores de los abanicos son de 3450 R.P.M.
  2. Las bombas de combustible están montadas de manera remota a excepción de los modelos de atomización directa PHX 40 - 50, donde la bomba está accionada directamente (DO) por el motor del abanico y en los modelos PHX 60 - 125 donde la bomba es accionada por el motor del abanico vía una correa (EO).
  3. El peso de los quemadores incluye el material refractario y la bomba de combustible, pero no incluye en ben do gas ni el compresor de aire.
  4. Ignición eléctrica, gas estándar para todas las unidades de gas, combinación gas aceite y para los quemadores de aceite, modelos PHX 100 - 800. Ignición directa por chispa eléctrica es el estándar para los quemadores de aceite, modelos PHX 40 - 125. Hay discor bilidad de platos de aceite para quemadores de aceite, modelos PHX 100 - 800.
  5. Los regímenes de fuego están basados en el siguiente criterio:
    - Gas Natural @ 1,000 BTU Pie Cúbico (HHV)
    - Propano @ 2,500 BTU Pie Cúbico (HHV)
    - Diesel @ 140,000 BTU/GI (HHV)
    - Aceite Pesado @ 150,000 BTU/GI (HHV)
    - Altitud 0 - 2,000 Pies Sobre Nivel del Mar
    - Temp. Ambiente: 80 F, 27 C
    - Cicloaje Eléctrico: 60 Hz
    - Para Otras Condiciones - Consulte con la Fábrica
  6. El diferencial de fuego es la relación entre el alto y el bajo fuego. Los rangos especificados corresponden a gas o a aceite atomizado por aire solamente. El diferencial de fuego para los quemadores directos de aceite, modelos PHX 40 - 80 es de 2:1 y 3:1 para los PHX 100 - 250.
  7. La carga de presión en el cabezal de gas es la presión de gas requerida en la unión de conexión justo después de la válvula marposa. Los valores especificados asumen un quemado a régimen nominal con 0" W.C. de presión en el hogar.

**APÉNDICE 3.0**  
**COTIZACIONES**

# TECNOLOG S.A.

Avenida Venezuela 2005, Casilla 4617 Lima 5, PERU South America  
Tel (511) 337-7271 Fax (511) 337-7247 Email : [tecnolog@apin.com.pe](mailto:tecnolog@apin.com.pe)

Cotización No.40207-T

Lima, 17 de Septiembre de 2001

Señores

CYSENSOR E.I.R.L.

Teletax No. 225-7745

Presente.

AL: ING. JULIO DURA DE LA COLINA - GERENTE.

Ref.: QUEMADOR A GAS.

De nuestra consideración:

Por medio de la presente y de acuerdo a su solicitud les cotizamos lo siguiente:

01 (Un) Quemador para Gas Natural

Marca	:	CORDON PIATT - U.S.A.
Modelo	:	F18.1-200.
Combustible	:	Gas Natural.

Características :

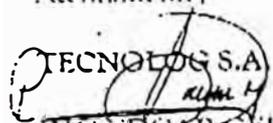
- Según hojas adjuntas.

PRECIO DE VENTA UNITARIO	:	US\$ 24,000.00 + IGV.
FORMA DE PAGO	:	50% CON EL PEDIDO, SALDO CONTRA ENTREGA EN TECNOLOG S.A.

TIEMPO DE ENTREGA : 08 SEMANAS APROX.

Sin otro particular y a la espera de sus gentas noticias, quedamos de Uds.,

Atentamente,



ING. EDGAR GERBER G.  
Gerente de Comercialización.



# GENERAVAPOR S.A.

### CALDERAS

- Controles para Calderas
- Quemadores de Petróleo
- Bombas de Agua
- Bombas de Petróleo
- Válvulas Solenoide
- Repuestos-Accesorios

Av. Talara 393 Jesús María Telef: 424-4891 431-3156 Fax: 431-9475 e-mail: generavapor@terra.com.pe

Lima 19 de SETIEMBRE de 2001

Sr(es): CYSEMSUR E.I.R.L.

PRESENTE.-

Presupuesto N° 1559

Ref: .....

Fax N° 225-7745

ING. JULIO DURA DE LA COLINA

At: .....

Condiciones de pago: 70% CON ORDEN DE COMPRA Y 30% CONTRA ENTREGA

Plazo de entrega: DE 6 A 8 SEMANAS APROXIMADAMENTE

Validez de la Oferta: 30 DIAS

A vuestra solicitud, nos es grato cotizarles lo siguiente:

ITEM	CANT		P. Unitario	Total
			USS	USS
01	01	QUEMADOR DE GAS PROPANO O NATURAL MARCA POWERFLAME 0 (USA) MOD. HPG-E15, CAPACIDAD DE 25,200 MBH DE GAS COMPLETAMENTE EQUIPADO CON CONTROLES PARA FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO CON PROGRAMADOR HONEYWELL (USA) MODELO RM7S40L, MOTOR 220/440V 60 HZ. TRIFASICO 3,450 RPM, VALVULAS REGULADORAS DE GAS, SOLENOIDES, PILOTO DE ENCENDIDO CON TRANSFORMADOR DE IGNICION, CONTROL DE MODULACION.		19,421.00

+ 18% I.G.V.  
Atentamente,

RENE SALAZAR

RS:yv



# INTESA

INGENIEROS Y TECNICOS EJECUTORES S.A.

Fabricación, Mantenimiento de Calderas  
Equipamiento e Instalaciones Mecánicas

Representante exclusivo de: *Beckett* OIL BURNERS

Callao, 19 de Setiembre de 2001

Señorita  
NITA PERALDO  
Presente.-  
Tel.: 896-5881

Ref.: Cotización de Quemador Dual  
P.S. 406-2001

Estimada señorita:

De acuerdo a su solicitud nos es grato hacerle llegar nuestro presupuesto por lo siguiente:

1. Por suministro de un (01) Quemador para Combustible Dual (Petróleo Bunker Nº 6 ó R-500 y GLP) de aire a baja presión para atomización y alta velocidad (3,450 RPM) totalmente automático.

- Importado USA con Sistema de Bombeo de Petróleo Remoto tipo engranaje, modelo FA-400-N6/GLP. Sistema de Atomización por Compresor de Aire tipo pistón, marca GAST, Sistema de Encendido por Piloto a Gas, el conjunto de piloto está compuesto por Transformador de Ignición, Válvula Maxitrol y Válvula Solenoide, Sistema de Pre calentamiento de Combustible a Vapor y Eléctrico, marca WARREN ELECTRIC, incluyendo Controles de Temperatura, Termómetro, Válvulas Solenoide, Válvulas Reductoras de Presión y Válvula de Alivio para retorno del petróleo, Sistema Automático de Modulación de Aire de Combustión y suministro de Petróleo, mediante motor MODUTROL HONEYWELL, y Válvula Reguladora de Petróleo.
- El sistema de combustión estará conformado por válvula MAXITROL reguladora de presión, válvula ASCO de ingreso de gas On/Off e hidromotor para control de flujo de gas.

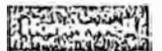
- = Marca : DONLEE
- = Modelo : FA-400-N6/GLP
- = Combustible : Combustible Dual (Petróleo Bunker Nº 6 ó R-500 y GLP)
- = Descarga Max. : 112 GPH



Mc Donnell & Miller  
CONTROLES

Webster

GAST  
CAMBIADORES DE AIRE



ROHM & HAAS  
REACTORES DE INTERCAMBIO IÓNICO

MIDCO  
BURNERS

Burks  
pumps  
BOMBAS DE AGUA

VALVULAS  
DE SEGURIDAD  
VAVIE





# INTESA

INGENIEROS Y TÉCNICOS EJECUTORES S.A.

Fabricación, Mantenimiento de Calderas  
Equipamiento e Instalaciones Mecánicas

Representante exclusivo de: *Beckett* OIL BURNERS

## - Sistema de Control de Flama Computarizado (Microprocesador)

HONEYWELL RM7840 (ó FIREYE modelo E110), con Módulo de Display con teclado, el cual le permite acceder a la siguiente información:

- Flexibilidad de Aplicación
- Interfase de Comunicación
- Anunciación de primera alarma y diagnóstico del sistema proporcionado por dos líneas de 20 caracteres fluorescentes localizados en el Módulo de Display con Teclado.
- Anunciador Expandido de primera alarma con 24 LEDs para indicación de límites y enclavamientos (OPCIONAL)
- Anunciación local y remota de operación e información de fallas
- Tecnología de microprocesador que garantiza una operación segura por largo plazo.
- Restablecimiento Remoto.
- Generación de reportes
- Datos del controlador de quemador
  - Estado de secuencia
  - Tiempo de secuencia
  - Estado de pausa
  - Estado de alarma / paro
  - Señal de intensidad de flama
  - Estado del Anunciador Expandido
  - Horas totales de operación
  - Ciclos totales de operación
  - Historial de las seis fallas más recientes.
    - Ciclos de operación hasta el momento de la falla
    - Información en el Anunciador Expandido al momento de la falla
    - Mensaje y código de falla
    - Horas de operación al momento de la falla
    - Estado de secuencia al momento de la falla



McDonnell & Miller  
CONTROLES

Webster

GAST  
COMPRESORES DE AIRE



ROHM  
IHRS  
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN COMBI

MIDCO  
BURNERS

LP  
burks  
pumps  
BOMBAS DE AGUA

VALVULAS  
DE SEGURIDAD  
KINKLE





# INTESA

INGENIEROS Y TECNICOS EJECUTORES S.A.

Fabricación, Mantenimiento de Calderas  
Equipamiento e Instalaciones Mecánicas

Representante exclusivo de: *Beckett* OIL BURNERS

DERAS INTESA  
LIMA - PERU

- \* Hora de secuencia al momento de la falla.
- Información de diagnóstico
- \* Tipo de aparato
- \* Tipo de amplificador de llama
- \* Tiempo de respuesta a la falla de llama.
- \* Código de fabricación
- \* Estado Cerrado / abierto de todas las entradas digitales
- \* Tiempo de barrido seleccionado
- \* Revisión del programa y versión del RM7800 y Módulo de Display con Teclado
- \* Estado de los puentes de configuración
- \* Estado del interruptor Prueba/Marcha

110V/60 Hz, con secuencia de Purga, Pilota, Encendido, Flama Principal, Modulación de Flama según demanda (Aire-Combustible) y Post - Purga.

\* Configuración : Estándar

- Control de Seguridad de Flama, Fiolocida HONEYWELL Ultravioleta

Precio del Suministro US\$ 29,700.00 + I.G.V.

Forma de Pago : 50% CON LA ORDEN DE COMPRA  
SALDO CON EL EMBARQUE DE LOS EQUIPOS  
LA FORMA DE PAGO SERA EN DOLARES AMERICANOS O EN NUEVOS SOLES AL TIPO DE CAMBIO DEL DIA EN QUE SE EFECTUE EL PAGO (DÓLAR LIBRE VALOR VENTA)

Tiempo de Entrega : DE 04 A 06 SEMANAS

Validez de la Oferta : 15 DIAS

### NOTA:

- \* Los documentos de embarque irán a nombre del Comprador

Atentamente,

ING. ARMANDO GARCIA OTCYA  
GERENTE GENERAL



Mc Donnell & Miller  
CONTROLES

Webster

GAST  
QUINTESOPES DE AIRE



ROMM  
INARS  
REINAS DE INTRINACON QMS

MIDCO  
BURNERS

burks  
pumps  
BOMBAS DE AGUA

VALVULAS  
DE SEGURIDAD  
ZUMPE





# **PETROCHEM**

**Monte Real No. 128 – Chacarilla**  
**Telef. N° 372-8046, Fax No. 372-5356.**  
**Cel. No. 852-7174.**  
**Santiago de Surco – Lima, 33.**

00.11.01.WR/cv.

Lima, 20 de Noviembre del 2,001

Señores  
**TIKAL S. A.,**  
Av. Ucayali N° 150 – Of. 201  
San Miguel.,

Att.: Sr. Ing. ARNALDO BALDOCEDA LOPEZ.,  
Ingeniero de Proyectos.,

Ref.: **Cotización - Optimización de Eficiencia de Combustión.,**

Estimados señores:

Luego de la conversación telefónica sostenida con Uds. el día de ayer, cumplimos en alcanzarles una relación de los beneficios que se obtienen con el uso de Tratamientos especiales, en la combustión de petróleos; así mismo queremos detallar de manera esquemática, qué y cómo es que se logran dichos beneficios con el uso de nuestros Tratamientos, los mismos **que han sido formulados en los Estados Unidos de Norte América especialmente para petróleos nacionales**; esto quiere decir que no estamos condicionando el petróleo al aditivo, sino que estamos condicionando el Aditivo al petróleo (ya que para formular dichos Tratamientos, primero se analizaron las características típicas de los combustibles refinados en Perú). Es importante igualmente citar, que tenemos toda una línea de aditivos para petróleos destilados y residuales.

Con el uso de nuestros aditivos para petróleos residuales: 022 MPP, 023 CISXA (aditivos Pre-Post Combustión), se logran los beneficios que se anotan a continuación, los mismos que también se encuentran descritos en las correspondientes Hojas Técnicas; entre los que se pueden destacar :

## **Pre Combustión:**

- 1 Se disminuye la Tensión superficial del Residual R.500, lo que permite mayor fluidez del combustible.
- 2 Se elimina el agua de los fondos de los tanques de almacenamiento.
- 3 Eliminan la borra y lodos de los fondos de los tanques de almacenamiento.
- 4 Al evitarse que en los Fondos de los Tanques de Almacenamiento se acumulen la borra y los lodos (productos propios de estos combustibles pesados) se podrán mantener estos totalmente limpios, con lo que se evitarán tanto limpiezas periódicas de dichos fondos, al lograr que estos elementos se incorporen al volumen total del combustible y no haya el desperdicio, se ahorra este y también en mano de obra para los trabajos de limpieza de fondos.

- 5 Se elimina la proliferación de micro organismos que se acumulan en colonias en los fondos de los tanques de almacenamiento; elementos estos que producen empastamiento con gomas, ceras y barnices tanto en los quemadores, como en las toberas , inyectores, etc.....
- 6 La homogenización del petróleo, evita la estratificación del mismo, lo que trae como consecuencia variaciones de temperatura que a la larga crea defectos de combustión.
- 7 En caso de que el combustible se mezcle con aceite de pescado, los residuos que deja este último se disolverán totalmente, dado que el Tratamiento tiene la particularidad de disolver todos los residuos orgánicos que pudiera tener este, mejorando ostensiblemente su combustión.

### **Post Combustión:**

- 1 Se espacian por más tiempo los mantenimientos y limpiezas de los filtros, quemadores, boquillas, toberas, y líneas de transferencia en general, etc.....debido a que se mantienen más limpios.
- 2 Se evita la estratificación de los combustibles, impidiendo con esto picos de temperatura durante la combustión.
- 3 Se estabiliza el combustible, evitándose que este pierda poder calórico; situación que siempre se produce cuando este se almacena por más de siete días.
- 4 Se reduce o elimina la emisión de carbón, hollín y cenizas por la chimenea.
- 5 Se reduce o elimina de la formación de carbón, hollín y cenizas del hogar del caldero.
- 6 Se dá mayor vida útil a los equipos.
- 7 Se elimina de la corrosión producto de los ácidos que se forman al transformarse elementos tales como el azufre.
- 8 Se neutraliza del efecto que produce el vanadio en las boquillas, toberas y quemadores, y que les hace perder vida útil.
- 9 Se hace más fácil manejo del combustible.
- 10 Ahorro efectivo en el uso del combustible de no menos de entre 3% y 6%.

### **PARAMETROS QUE SE PUEDEN EMPLEAR PARA APRECIAR RESULTADOS A SIMPLE VISTA**

1. Menor emisión de humo, hollín y carbón por la chimenea.
2. Menor emisión de gases tóxicos por la chimenea.
3. Menor cantidad de inquemados-calor en la combustión del petróleo en los calderos, visto a través del visor del hogar del caldero.
4. Eliminación de borra en las toberas.
5. Eliminación de Coque en el hogar del caldero.
6. Neutralización del azufre en el cono de fuego, el mismo que de encontrarse puede ser removido con facilidad, observándose que además se trata de un producto inerte.
7. Aumento de Eficiencia de Combustión.
8. Facilidad en los arranques del caldero, reduciendo completamente el humo que en esta operación generalmente sale por la chimenea.
9. Mantenimiento de los equipos en espacios de tiempo más prolongados.
10. Menor consumo de petróleo por hora trabajada.
11. Reducción y/o eliminación total de borra y lodos de los fondos de los tanques de almacenamiento.
12. Y otros parámetros que se pueden observar con un analizador de gases.

Con el uso de nuestro aditivo 020 TPDQF2 para petróleo Diesel N° 2 se logra:

1. Un combustible estable y homogéneo.
2. Un Diesel muy limpio, claro y cristalino sin sólidos (o muy pocos) en suspensión.
3. Un combustible con 95% menos de azufre que el Diesel N° 2, y por tanto un producto más ecológico.
4. Que las colonias de micro organismos que normalmente se acumulan en los fondos de los tanques de almacenamiento, tales como bacterias y algas, sean destruidas por los efectos biocidas del 020 TPDQF1.
5. Que el poder calorífico que se pueda perder, se recupere con el aditivo.
6. Que el contenido normal de cenizas y hollín que se despiden por la chimenea con el uso del Diesel N° 2, se eliminen y disminuyan a rangos bajísimos.
7. Que los servicios de cambio y limpieza de filtros se hagan en espacios mayores.
8. Que el encendido sea instantáneo.
9. Que la cantidad de hollín, cenizas, carbón o coque que se forman en el hogar del horno, se eliminen totalmente.
10. Que los fondos de los tanques de almacenamiento se vean permanentemente libres de borras, lodos, agua y micro organismos que dificulten en algún momento la combustión.
11. Que se permita la eliminación total del agua contenida en el combustible, ya sea por dispersión o por decantamiento.
12. Que se eliminen los trabajos de limpieza manual de fondos de los tanques de almacenamiento
13. Alargar la vida útil de los equipos y de los programas de mantenimiento.

**Por todo lo descrito líneas arriba, recomendamos el uso de Aditivos en el empleo de los combustibles.. (Para la aplicación de los tratamientos no se requiere de bombas dosificadoras).**

Así mismo les adjuntamos las correspondientes Hojas Técnicas:

**COTIZACION .-**

01 Cil..x 55 glns. de 021 TPHV, para usarse en concentración de 1/4,000	US.\$.	40.90	US .\$.	2,240.50
01 Cil..x 55 glns. de 020 TPDQF2, para usarse en concentración de 1/2,000.	US.\$.	38.00	US .\$.	2,090.00

**Nota:** Los precios no incluyen 18 % de IGV .

- Con factura de Contado contra entrega .....12% de descuento.

**CONDICIONES DE VENTA .-**

Cancelación..... De acuerdo a lo pactado con anterioridad.  
 Facturación ..... En US. Dólares.  
 Fecha de entrega..... Dentro de las 72 horas de recibida la Orden de Compra.  
 Lugar de entrega..... En los almacenes de vuestra Planta.,  
 Forma de pago..... Con cheque bancario a la orden de PETRO CHEMICAL.,  
 Para cualquier información adicional, gustosos estaremos en condiciones de servirlos a la brevedad.

# PETROCHEM

MONTE REAL 128 – CHACARILLA  
TELEF. N° 372-5356 TELEFAX N° 372-8046  
SANTIAGO DE SURCO – LIMA 33,

**REXON**  
CORPORATION

## **HOJA TECNICA** **Tratamiento para Petróleo** **de alta viscosidad R.500.** **021 TPHV.**

Producto formulado para ser usado en el Tratamiento de combustibles de Alta Viscosidad, que son empleados en la Industria, en base a solventes de muy alta concentración que por su acción surfactante, impide la aglomeración de los hidrocarburos con el carbón, de modo que se obtenga una total combustión del petróleo, por lo que se puede aprovechar mejor el poder calorífico de sus partículas, que de lo contrario se depositarían en el fondo de los tanques de almacenamiento, lo que de hecho significa una pérdida de más del 2% del volumen total del combustible.

Con el uso del 021 TPHV, se evita la formación de borras en los fondos de los tanques de almacenamiento, que de producirse esta, crea problemas al ser succionada y quemada; que haya que limpiar los fondos de los tanques en operaciones manuales; la formación de vanadio en los quemadores con su consecuente obstrucción; se neutraliza el azufre, la mala atomización y como consecuencia las caídas de calor; paradas frecuentes y por ultimo gastos innecesarios al combinar estos petróleos con combustibles más livianos; igualmente se neutraliza los efectos corrosivos del sodio. Considerando todos estos elementos anotados, podemos garantizar la obtención de una mayor eficiencia en el consumo del combustible y por ende un ahorro que puede llegar a significar hasta un 10%.

Nuestro 021 TPHV, reduce la tensión superficial del petróleo, haciéndolo mas fluido, con lo que se obtiene combustión mas completa y constante desapareciendo la formación de brea y hollín en la cámara de fuego. Por otra parte se requerirá de un menor tiempo de precalentamiento, ya sea en los serpentines de vapor o cualquier otro sistema, puesto que el petróleo fluirá mas fácilmente en la operación de bombeo.

### **USOS Y APLICACIÓN**

Para limpiar tanques de almacenamiento y sistemas, úsese un galón del 021 TPHV, por cada 500 galones de petróleo. Aplíquese cuando el nivel del tanque esta bastante bajo, con el objeto de diluir la borra mas fácilmente. Luego, para la siguiente llenada del tanque, úsese la misma proporción, por una vez mas, en operación de barrido. (Solo en caso muy necesario repetir una nueva aplicación con la misma dosificación).

Para mantenimiento de tanques limpios úsese un galón del 021 TPHV, por cada 4000 galones de petróleo (de acuerdo a la calidad misma del combustible, el estado de las instalaciones,

# PETROCHEM

MONTE REAL 128 – CHACARILLA  
TELEF. N° 372-5356 TELEFAX N° 372-8046  
SANTIAGO DE SURCO – LIMA 33,

**REXON**  
CORPORATION

temperatura del tanque de almacenamiento, temperatura de bombeo y de atomización, diámetro

interno de las tuberías, estado de los quemadores, y del mismo caldero, se aplicara la propia experiencia en cada caso, pudiendo llegar a usarse dosificaciones hasta de 1/6000 galones). Se recomienda verter el 021 TPHV dentro del tanque de almacenamiento, antes de cada descarga de combustible de modo que se pueda lograr una rápida homogeneización.

## CARACTERISTICAS TIPICAS

- Estado : líquido.
- Color : marrón oscuro.
- Gravedad °API a 60 °F : 35.4
- Punto de inflamación : 160 °F.
- BTU/Lb : 19540
- Visc. a 100°F cSt : 1.8
- Azufre, % en peso : 0.002
- Gravedad especifica : 1.09
- Lbs/Gal : 9.1.

# PETROCHEM

MONTE REAL 128 - CHACARILLA  
TELEFAX 372-5356 TELEF 372-3046  
SANTIAGO DE SURCO - LIMA 33.

REXON  
CORPORATION

## HOJA TECNICA

Tratamiento para Petróleo  
Diesel N° 2. 020 TPDQ F2

Producto formulado a base de solventes de acción catalítica, que se emplean para mejorar las características físicas del Petróleo Diesel N° 2; además sirve para proteger el sistema de combustión contra los efectos corrosivos del azufre y de los sedimentos producidos por el vanadio. Es un magnífico destructor de borras y algas, típicas de los diesels nacionales; igualmente trabaja como secuestrante del agua producto de la condensación.

Por la acción catalítica del producto, los depósitos de escoria reaccionan de inmediato, ablandándose estos y pudiendo ser eliminados. Controla la formación de depósitos producidos por la presencia del sodio, vanadio y azufre. Controla los efectos corrosivos del azufre en las zonas de baja temperatura, en donde se produce la condensación, como son el economizador y el precalentador. Permite el máximo de transferencia de temperatura; mejora la combustión y la atomización, esto en razón de que el 020 TPDQ F2, actúa sobre la borra y algas. Reduce los altos costos de limpieza manual de los tanques de almacenamiento. Evita la formación de carbón en los quemadores, alargando la vida de los mismos.

Es un magnífico mejorador de eficiencia del combustible, ya que mientras comúnmente se obtiene una eficiencia en el quemado de cualquier hidrocarburo, de entre 84% y 88%, con el uso del 020 TPDQ F2, se obtendrá de manera totalmente garantizada una eficiencia del 94% al 96%, lo que redundará en ahorro efectivo, directo e inmediato.

## USOS Y DOSIFICACION

Para los trabajos de limpieza de tanques de almacenamiento y sistemas de combustión, úsese (un) galón de 020 TPDQ F2, por cada 500 galones de Diesel. Se recomienda la aplicación del Tratamiento, cuando el nivel de los tanques esté lo mas bajo posible, para diluir mas fácilmente la borra y eliminar las algas; luego, para la siguiente llenada del tanque, úsese la misma proporción por una vez mas, en Operación de Barrido.

Para Operación de Mantenimiento, úsese 1 (un) galón de 020 TPDQ F2, por cada dos mil galones de Petróleo; se recomienda verterlo dentro del tanque de almacenamiento, antes de cada descarga de petróleo, con el fin de obtener una ideal homogenización.

# PETROCHEM

MONTE REAL 128 – CHACARILLA  
TELEFAX 372-5356 TELEF 372-5695  
SANTIAGO DE SURCO – LIMA 33,

REXON  
CORPORATION

## CARACTERISTICAS TIPICAS

- Estado : Líquido.
- Color : Ambar oscuro.
- Gravedad °API a 60 °F. : 42.1
- Punto de inflamación : 120°F  
BTU/lb : 19,600
- Azufre % peso : 0.02
- Gravedad específica : 0.8201
- Lbs./gln : 7.14

**APÉNDICE 4.0**  
**PRECIOS DE COMBUSTIBLES**

# Resumen de Precios y Tarifas Camisea - Lima

## RESUMEN DE PRECIOS MÁXIMOS Y TARIFAS

	Unidad	Tipo de Cliente		Tipo de Categorías en BP			
		Generador	Otros	A	B	C	
Gas Natural	US\$ / MBTU	1,000	1,800				
Transporte AP	US\$ / KPC (1)	0,876	1,315				
Distribución AP	US\$ / KPC (1)	0,144	0,216				
Distribución BP	Variable	US\$ / KPC (2)		7,241	0,657	0,138	0,073
	Fijo	US\$ / mes		0,70	20,42	692,60	2 191,91

Notas: (1) Costo por Capacidad Contratada.

(2) Costo por Volumen Vendido.

Las Tarifas de Transporte y Distribución en Alta Presión (AP) son estimadas.

Nota: El Precio del Gas Natural son Valores Máximos, definidos en el Contrato de Licencia entre el Estado y Pluspetrol

## Precio Máximo del Gas Conversion

### PRECIO DEL GAS NATURAL

Poder Calorífico del Combustible =	1000,00 PC/MBTU.
	1,00 MBTU / KPC

$$\text{Generador} = 1,000 \text{ [US$ / MBTU]} \times 1,000 \text{ [MBTU / KPC]}$$

$$\text{Generador} = 1,000 \text{ US$ / KPC}$$

$$\text{Otros} = 1,800 \text{ [US$ / MBTU]} \times 1,000 \text{ [MBTU / KPC]}$$

$$\text{Otros} = 1,800 \text{ US$ / KPC}$$

Nota: El Precio del Gas Natural son Valores Máximos, definidos

# Tarifas en Alta Presión Conversión - Ajuste

CONVERSION DE UNIDADES DE CAPACIDAD A VOLUMEN

TARIFAS DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN ALTA PRESIÓN

Factor de Utilización = 80%

Transporte > Generador =  $0,876 \text{ [US\$/KPC-cap]} \times (1,0 / 80,0\%)$   
1,096 US\$ / KPC

Transporte > Otros =  $1,315 \text{ [US\$/KPC-cap]} \times (1,0 / 80,0\%)$   
1,643 US\$ / KPC

Distribución > Generador =  $0,144 \text{ [US\$/KPC-cap]} \times (1,0 / 80,0\%)$   
0,180 US\$ / KPC

Distribución > Otros =  $0,216 \text{ [US\$/KPC-cap]} \times (1,0 / 80,0\%)$   
0,270 US\$ / KPC



## Resumen de Precios y Tarifas Camisea - Lima

### RESUMEN DE PRECIOS MÁXIMOS Y TARIFAS (Valores corregidos a unidades de Volumen)

	Unidad	Tipo de Cliente		Tipo de Categorías en BP			
		Generador	Otros	A	B	C	D
Gas Natural	US\$ / KPC	1,000	1,800				
Transporte AP	US\$ / KPC	1,096	1,643				
Distribución AP	US\$ / KPC	0,180	0,270				
Distribución BP	Variable	US\$ / KPC		7,241	0,657	0,138	0,073
	Fijo	US\$ / mes		0,70	20,42	692,60	2 191,91

Notas: Las Tarifas de Transporte y Distribución en Alta Presión (AP) son estimadas.

Recuerde que Un Millar de Pie Cúbico (KPC) de Gas Natural equivale aproximadamente a 1 Millón de BTU (Unidad Térmica Británica)



# ¿Cuales son los Costos por Tipo de Cliente?

## COSTOS ASIGNADOS POR USUARIOS

Número	1	2	3	4	5	
Cliente	Gran Industria	Generador Eléctrico	Gran Industria	Generador Eléctrico	Mediana y Pequeña	Pequeño Comercio
Tipo	Independiente	Independiente	Independiente	Independiente	Regulado	
	Fuera de Lima	Fuera de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima
Consumo MBTU/mes	> 32 217,87	> 32 217,87	> 32 217,87	> 32 217,87	3 221,79	= 0,94
	<b>US\$/KPC</b>					
Gas Natural	1.800	1,000	1.800	1.000	1.800	
Transporte AP	1,643	1,096	1.643	1.096	1.643	
Distribución AP			0,270	0,180		0,270
Distribución BP					A, B, C, D	
Total	3,443	2,096	3,714	2,276		

En el caso de los Clientes Independientes se asume que no usan la Red de Distribución en Baja Presión

# ¿Qué Categoría es más económica para el Cliente 5?

## SELECCIÓN OPTIMA DE LA CATEGORIA TARIFARIA CLIENTE 5

Item	Unidad	Categorías en BP				
		A	B	C	D	
Consumo Real	KPC / mes	3 221,79	3 221,79	3 221,79	3 221,79	
Consumo Mínimo	KPC / mes	0,00	30,02	5 014,73	30 017,75	
Exceso sobre el Mínimo	KPC / mes	3 221,79	3 191,77	0,00	0,00	
Tarifas BP	Fijo	US\$ / mes	0,70	20,42	692,60	2 191,91
	Variable	US\$ / KPC	7,241	0,657	0,138	0,073
		US\$ / mes	0,70	20,42	692,60	2 191,91
Factura	Exceso	US\$ / mes	3 221,79 x 7,241	3 191,77 x 0,657	0,00 x 0,138	0,00 x 0,073
			23 330,01	2 096,41	0,00	0,00
	Total	US\$ / mes	23 330,71	2 116,86	692,60	2 191,91
Costo Medio Distribución	US\$ / KPC		7,242	0,657	0,215	0,680
					Mínimo	



# ¿Qué Categoría es más económica para el Cliente 6?

## SELECCIÓN OPTIMA DE LA CATEGORIA TARIFARIA CLIENTE 6



Item	Unidad	Categorías en BP				
		A	B	C	D	
Consumo Real	KPC / mes	0,94	0,94	0,94	0,94	
Consumo Mínimo	KPC / mes	0,00	30,02	5 014,73	30 017,75	
Exceso sobre el Mínimo	KPC / mes	0,94	0,00	0,00	0,00	
Tarifas BP	Fijo	US\$ / mes	0,70	20,42	692,60	2 191,91
	Variable	US\$ / KPC	7,241	0,657	0,138	0,073
	Fijo	US\$ / mes	0,70	20,42	692,60	2 191,91
Factura	Exceso	US\$ / mes	0,94 x 7,241	0,00 x 0,657	0,00 x 0,138	0,00 x 0,073
	Total	US\$ / mes	6,79	0,00	0,00	0,00
Costo Medio Distribución	US\$ / KPC	7,49	20,42	692,60	2 191,91	
			7,987	21,766	738,384	2 336,789

Minimo

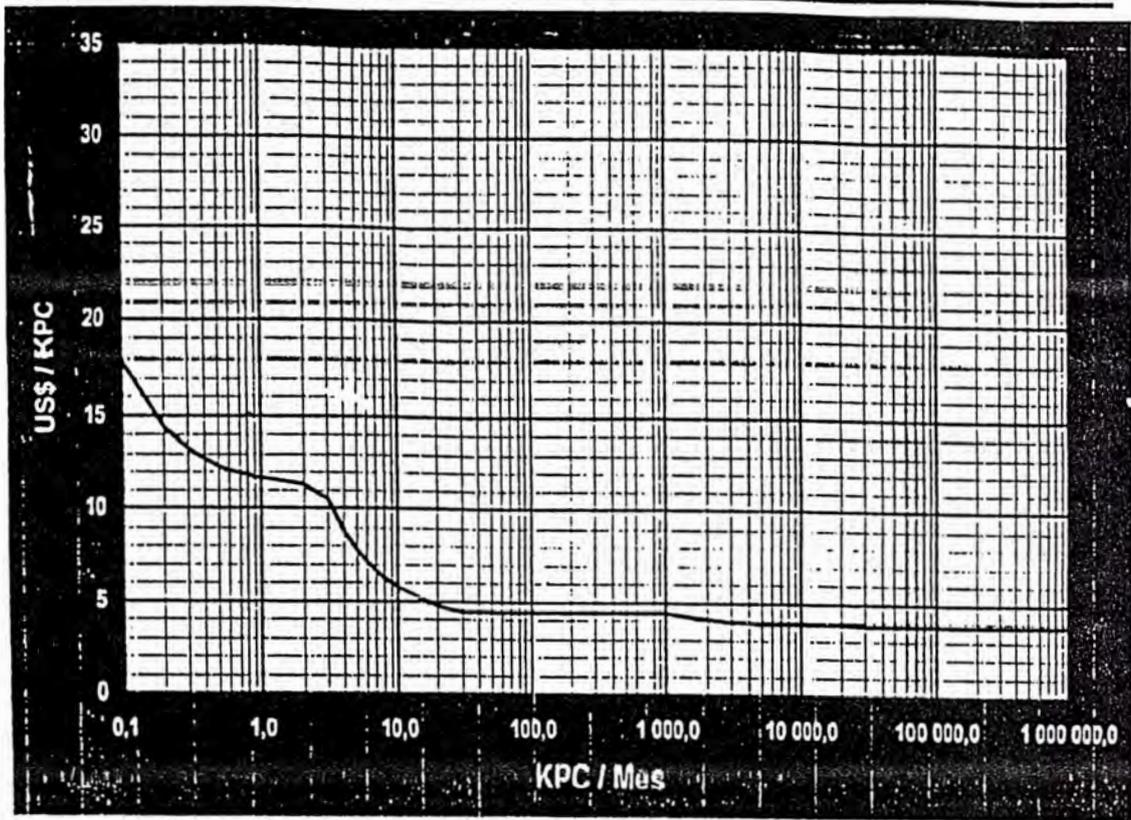
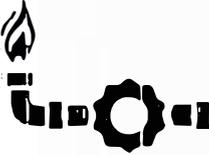
## Resultado Final de Costos por Tipo de Cliente



COSTOS SINGULARES POR CATEGORÍA						
Número	1	2	3	4	5	6
Cliente	Gran Industria	Generador	Gran Industria	Generador	Pequeña	Residencial y Comercio
Tipo		Independiente	Independiente	Independiente	Regulado	Regulado
Ubicación	Fuera de Lima		Dentro de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima	Dentro de Lima
Consumo MBTU / mes	> 32 217,87	> 32 217,87	> 32 217,87	> 32 217,87	= 3 221,79	= 0,94
	US\$ / KPC					
Gas Natural	1,800	1,000	1,800	1,000	1,800	1,800
Transporte AP	1,643	1,096	1,643	1,096	1,643	1,643
Distribución AP			0,270	0,180	0,270	0,270
Distribución BP					0,215	7,987
Total	3,443	2,096	3,714	2,276	3,929	11,701
					Categoría C	Categoría A

Nota: En el caso de los Clientes Independientes se asume que no usan la Red de Distribución en Bajo Voltaje.

# Precio Total del GN en Lima (Sin IGV)



## ¿Cómo anda la Competencia?



PRECIOS DE ENERGÉTICOS ALTERNATIVOS						
Energético	Unidades	Gran Industria	Generación Eléctrica	Mediana Industria	Comercial	Residencial
Residual	Sol / gal	2,42	2,42	2,42		
Diesel 2	Sol / gal	6,17	4,19	6,17	6,85	
GLP	Sol / kg	2,17		2,17	2,87	3,27
Energía Eléctrica	Sol / kWh	0,195		0,208	0,364	0,410

Energético	Unidades	Gran Industria	Generación Eléctrica	Mediana Industria	Comercial	Residencial
Residual	US\$ / Bl	28,34	28,34	28,34		
Diesel 2	US\$ / Bl	72,24	49,06	72,24	80,21	
GLP	US\$ / Balón	6,04		6,04	8,00	9,12
Energía Eléctrica	US\$ / MWh	54,34		57,96	101,34	114,30

Notas: Balón de GLP de 10 kg  
Tipo de Cambio = 3.587 Nuevos Soles por US\$, al 22-05-2001  
MBTU = Millón de BTU

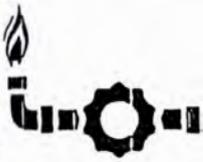
# ¿Cómo anda la Competencia?

## PRECIOS DE ENERGÉTICOS ALTERNATIVOS EN UNIDADES ENERGÉTICAS

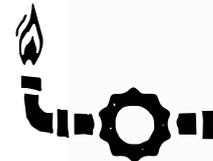
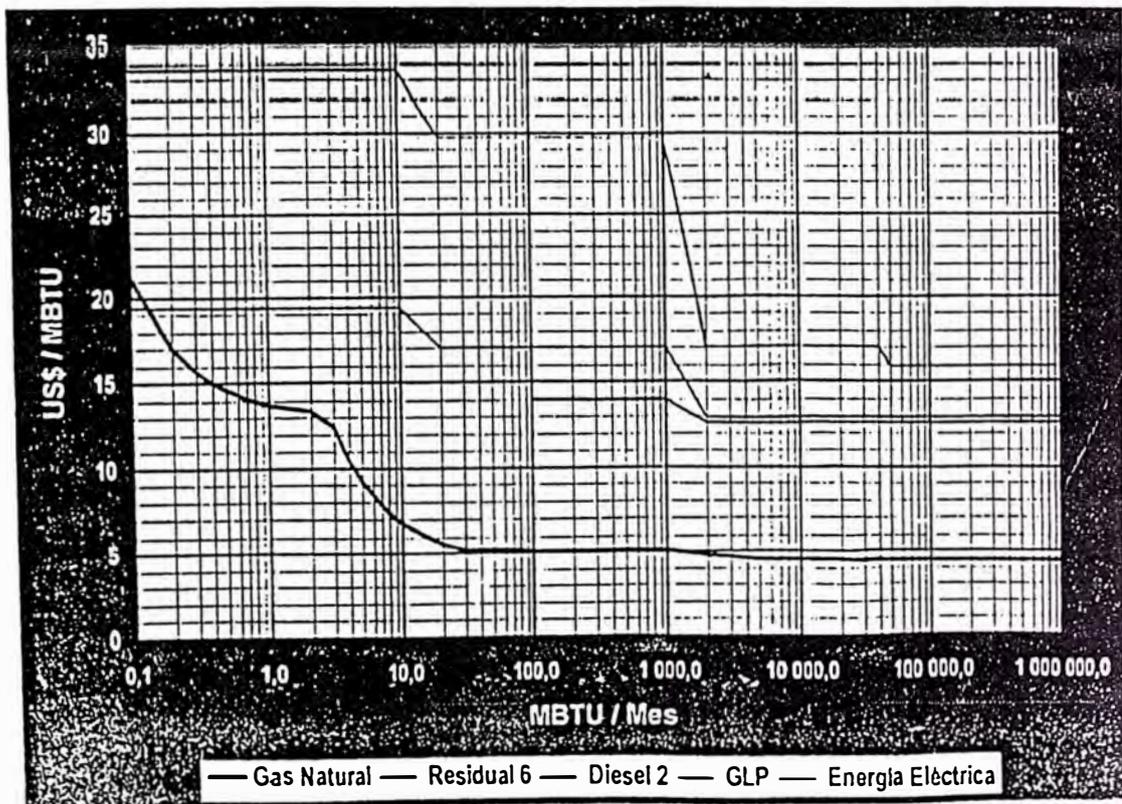
	Unidades	Gran Industria	Generación Eléctrica	Mediana Industria	Comercial	Residencial
Residual 6	US\$ / MBTU	4,55	4,55	4,55		
Diesel 2	US\$ / MBTU	12,59	8,55	12,59	13,98	
GLP	US\$ / MBTU	12,84		12,84	17,01	19,38
Energía Eléctrica	US\$ / MBTU	15,92		16,99	29,70	33,50

Notas: MBTU = Millón de BTU  
 1 BI de Residual N°2 = 6,222 MBTU  
 1 BI de Diesel N°2 = 5,736 MBTU  
 1 Balón de 10 Kg de GLP = 0,470 MBTU  
 1 MWh de Electricidad = 3.412 MBTU

Los Precios Incluyen el IGV y son a Mayo del 2001

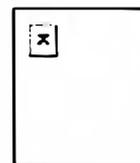


## Gas Natural vs Alternativos



## Prod. Destilados y Residuales

INSPECCIONES	Diesel 2	Kerosene	Pet.Ind. 6	Pet.Ind.500
<b><u>Apariencia</u></b>	-	Clara y brill.	-	-
Color Saybolt	-	+18	-	-
Color ASTM	1.5	-	-	-
<b><u>Volatilidad</u></b>				
Gravedad API a 15.6°C	34.4	41	12.6	12.4
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	0.8529	0.8203	0.9820	0.9833
Punto de Inflamación, °C	68	46	93	96
<b><u>Destilación °C (a 760 mm Hg)</u></b>				
Punto Inicial de ebullición	-	158	-	-
10 % Vol Recobrado	-	180	-	-
50 % Vol Recobrado	285	215	-	-
90 % Vol Recobrado	350	260	-	-
Punto Final de ebullición	-	280	-	-
<b><u>Combustión</u></b>				
Punto de Humo, mm	-	28	-	-
Prueba de Combustión a 16Hrs	-	Pasa	-	-
Poder Calorífico Bruto, BTU/Gal	138,667	135,087	150,802	150,841
Poder Calorífico Neto, BTU/Gal	130,215	126,615	142,543	142,652
<b><u>Composición</u></b>				
Azufre Total, %masa	0.24-0.34	0.01	0.60	0.70
Carbón Conradson, %masa	-	-	13.0	15.0
Resid. Carbón Ramsbottom, %masa	0.020	-	-	-
<b><u>Fluidez</u></b>				
Viscos. Cinemat. a 37.8 °C, cSt	3.8	2.2	1500	-
Viscos. Cinemat. a 50 °C, cSt	-	1.5	610	1000
Punto de Fluidez, °C	-8	-	+6	+6
<b><u>Contaminantes</u></b>				
Agua y sedimentos, %Vol	0.05	0.0	0.10	0.10
Cenizas, %Masa	0.0010	0.0012	0.05	0.10
<b><u>Corrosión</u></b>				
Lám. de cobre, 3Hr a 100°C, N°	1a	1a	-	-
<b><u>Contenido de Metales</u></b>				
Vanadio, ppm	0.00	0.00	60	80
Sodio+Potasio / Sodio, ppm	0.08	-	20	-
Niquel, ppm	-	-	15	-
<b><u>Temperaturas</u></b>				
De almacenamiento (Máxima, °C)	-	-	50-60	60-70
De bombeo (Mínima, °C)	-	-	45	50
<b><u>De atomización</u></b>				
Tiro Forzado, Margen °C	-	-	100-110	110-120
Tiro Natural, Margen °C	-	-	110-120	120-130



## Precios - Diesel 2

**Ex Planta Callao  
(Unidad Monetaria/Gln)**

FECHA DE CAMBIO	DIESEL 2 252-02		
	Precio Neto al Público	Impuesto Selectivo al Consumo	Impuesto General a las Ventas (%)
<b>Unidad Monetaria : Intis</b>			
<b>Imp. Selectivo al Consumo : Intis/Gln</b>			
07-Ene-1990	2871.29	28.71	-
01-Feb-1990	3435.64	34.36	-
27-Feb-1990	4306.93	43.07	-
11-Abr-1990	6435.64	64.36	-
04-May-1990	8910.89	89.11	-
01-Jun-1990	9913.79	1586.21	-
27-Jun-1990	14018.69	981.31	-
09-Ago-1990	232153.85	311086.15	-
29-Ago-1990	189846.15	254393.85	-
16-Dic-1990	257260.00	344740.00	-
<b>Unidad Monetaria : Nuevos Soles</b>			
<b>Imp. Selectivo al Consumo: Soles/Gln</b>			
01-Ene-1991	0.25	0.34	-
03-Abr-1991	0.26	0.36	-
14-May-1991	0.27	0.37	-
04-Jun-1991	0.29	0.38	-
23-Jun-1991	0.34	0.46	-
04-Ago-1991	0.38	0.51	-
06-Sep-1991	0.41	0.56	-
08-Oct-1991	0.44	0.59	-
10-Nov-1991	0.46	0.62	-
04-Ene-1992	0.65	0.43	-
02-Abr-1992	0.68	0.45	-
05-Abr-1992	0.68	0.45	-
05-May-1992	0.70	0.46	-
01-Jun-1992	0.72	0.48	-
06-Jul-1992	0.79	0.52	-
13-Ago-1992	0.83	0.55	-

03-Sep-1992	0.93	0.61	-
02-Oct-1992	0.98	0.65	-
01-Dic-1992	1.02	0.67	-
01-Ene-1993	1.02	0.48	18.00
08-Abr-1993	1.08	0.44	18.00
30-Jul-1993	1.20	0.41	18.00
14-Sep-1993	1.21	0.51	18.00
<b>Imp. Selectivo al Consumo: (%)</b>			
22-Nov-1993	1.45	42	18.00
21-Ago-1994	1.46	47	18.00
15-Jun-1995	1.49	50	18.00
17-Abr-1996	1.57	50	18.00
11-Jun-1996	1.63	50	18.00
03-Sep-1996	1.65	50	18.00
12-Sep-1996	1.69	50	18.00
24-Sep-1996	1.68	50	18.00
30-Sep-1996	1.71	50	18.00
05-Oct-1996	1.75	50	18.00
10-Oct-1996	1.79	50	18.00
18-Oct-1996	1.85	50	18.00
26-Oct-1996	1.88	50	18.00
02-Nov-1996	1.93	50	18.00
08-Nov-1996	1.95	50	18.00
15-Nov-1996	2.00	50	18.00
22-Nov-1996	2.06	50	18.00
29-Nov-1996	2.10	50	18.00
<b>Imp. Selectivo al Consumo: Soles/Gln</b>			
10-Feb-1997	2.10	1.07	18.00
25-Feb-1997	2.10	1.05	18.00
01-Mar-1997	2.03	1.05	18.00
12-Mar-1997	2.05	1.03	18.00
20-Mar-1997	1.96	1.03	18.00
12-Dic-1997	1.96	1.06	18.00
12-Ene-1998	1.78	1.09	18.00
31-Ene-1998	1.68	1.09	18.00
24-Mar-1998	1.58	1.12	18.00
08-Jul-1998	1.58	1.17	18.00
03-Oct-1998	1.67	1.17	18.00
10-Oct-1998	1.72	1.17	18.00
21-Nov-1998	1.63	1.17	18.00
28-Nov-1998	1.55	1.17	18.00
10-Dic-1998	1.45	1.17	18.00
02-Feb-1999	1.56	1.17	18.00
05-Abr-1999	1.82	1.17	18.00
06-Abr-1999	1.82	1.24	18.00

15-Abr-1999	1.85	1.24	18.00
29-Abr-1999	1.92	1.24	18.00
07-May-1999	1.95	1.24	18.00
15-May-1999	2.00	1.24	18.00
20-May-1999	1.96	1.24	18.00
27-May-1999	1.87	1.24	18.00
03-Jun-1999	1.82	1.24	18.00
10-Jun-1999	1.81	1.24	18.00
17-Jun-1999	1.87	1.24	18.00
24-Jun-1999	1.95	1.24	18.00
01-Jul-1999	2.00	1.24	18.00
08-Jul-1999	2.05	1.24	18.00
15-Jul-1999	2.10	1.24	18.00
22-Jul-1999	2.17	1.24	18.00
05-Ago-1999	2.27	1.24	18.00
12-Ago-1999	2.30	1.24	18.00
19-Ago-1999	2.40	1.24	18.00
26-Ago-1999	2.44	1.24	18.00
09-Set-1999	2.46	1.24	18.00
16-Set-1999	2.58	1.24	18.00
23-Set-1999	2.68	1.24	18.00
27-Set-1999	2.63	1.31	18.00
07-Oct-1999	2.68	1.31	18.00
12-Oct-1999	2.60	1.31	18.00
28-Oct-1999	2.63	1.31	18.00
04-Nov-1999	2.65	1.31	18.00
11-Nov-1999	2.67	1.31	18.00
18-Nov-1999	2.81	1.31	18.00
25-Nov-1999	2.96	1.31	18.00
06-Ene-2000	3.08	1.31	18.00
27-Ene-2000	3.38	1.31	18.00
17-Oct-2000	3.80	1.31	18.00
30-Oct-2000	4.03	1.31	18.00
08-Nov-2000	4.16	1.31	18.00
20-Dic-2000	4.00	1.31	18.00
20-Dic-2000	4.00	1.38	18.00
21-Feb-2001	3.80	1.38	18.00
02-Mar-2001	3.60	1.38	18.00
21-Mar-2001	3.40	1.38	18.00
24-Mar-2001	3.40	1.58	18.00
06-Abr-2001	3.30	1.58	18.00
07-Abr-2001	3.30	1.59	18.00
08-Abr-2001	3.30	1.68	18.00
19-May-2001	3.55	1.68	18.00
29-Jun-2001	3.45	1.68	18.00

11-Jul-2001	3.45	1.67	18.00
20-Jul-2001	3.35	1.67	18.00
04-Ago-2001	3.23	1.67	18.00
21-Set-2001	3.23	1.77	18.00
28-Set-2001	3.08	1.77	18.00
06-Oct-2001	2.93	1.77	18.00
19-Oct-2001	2.81	1.77	18.00
19-Oct-2001	2.81	1.87	18.00
02-Nov-2001	2.71	1.87	18.00
02-Nov-2001	2.71	1.97	18.00
24-Nov-2001	2.49	1.97	18.00
24-Nov-2001	2.49	2.07	18.00
12-Dic-2001	2.24	2.07	18.00
09-Ene-2002	2.49	2.07	18.00
08-Feb-2002	2.41	2.07	18.00

[Volver a Precios y Estadísticas](#)

[Kerosene](#)

[Pet. Industrial 6](#)

---

© *Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.*  
 Dpto. *Sistemas de Información*  
 Última Modificación: *08-Feb-2002*

<b>Ex Planta Callao</b> <b>FECHA DE CAMBIO</b>	<b>PETRO INDUSTRIAL 500</b> <b>281-02</b>		
	<b>Precio Neto al Público</b>	<b>Impuesto Selectivo al Consumo</b>	<b>Impuesto General a las Ventas (%)</b>
<b>Imp. Selectivo al Consumo: Soles/Gln</b>			
10-Feb-1997	1.23	0.62	
01-Mar-1997	1.17	0.62	18.00
12-Mar-1997	1.17	0.42	18.00
20-Mar-1997	1.11	0.42	18.00
12-Ago-1997	1.27	0.13	18.00
12-Ene-1998	1.09	0.13	18.00
31-Ene-1998	0.99	0.13	18.00
24-Mar-1998	0.92	0.13	18.00
05-Jun-1998	1.00	0.13	18.00
08-Jul-1998	1.00	-	18.00
10-Oct-1998	1.06	-	18.00
10-Dic-1998	0.86	-	18.00
02-Feb-1999	0.95	-	18.00
05-Abr-1999	1.09	-	18.00
15-Abr-1999	1.28	-	18.00
07-May-1999	1.41	-	18.00
27-May-1999	1.39	-	18.00
03-Jun-1999	1.38	-	18.00
10-Jun-1999	1.41	-	18.00
17-Jun-1999	1.45	-	18.00
24-Jun-1999	1.49	-	18.00
15-Jul-1999	1.51	-	18.00
22-Jul-1999	1.56	-	18.00
05-Ago-1999	1.66	-	18.00
12-Ago-1999	1.69	-	18.00
19-Ago-1999	1.79	-	18.00
26-Ago-1999	1.99	-	18.00
02-Set-1999	1.93	-	18.00
09-Set-1999	1.90	-	18.00
16-Set-1999	1.93	-	18.00
23-Set-1999	2.02	-	18.00
07-Oct-1999	2.10	-	18.00
12-Oct-1999	2.07	-	18.00
21-Oct-1999	2.00	-	18.00
04-Nov-1999	2.02	-	18.00
11-Nov-1999	1.97	-	18.00
25-Nov-1999	2.04	-	18.00
06-Ene-2000	1.97	-	18.00
27-Ene-2000	2.07	-	18.00
05-Jul-2000	2.28	-	18.00
17-Oct-2000	2.35	-	18.00
14-Dic-2000	2.27	-	18.00
20-Dic-2000	2.17	-	18.00
21-Feb-2001	2.27	-	18.00

<b>Ex Planta Callao</b> <b>FECHA DE CAMBIO</b>	<b>PETRO. INDUSTRIAL 500</b> <b>281-02</b>		
	<b>Precio Neto al Público</b>	<b>Impuesto Selectivo al Consumo</b>	<b>Impuesto General a las Ventas (%)</b>
<b>Imp. Selectivo al Consumo: Soles/Gln</b>			
06-Abr-2001	2.12	-	18.00
20-Abr-2001	1.92	-	18.00
19-May-2001	2.02	-	18.00
22-Jun-2001	2.09	-	18.00
04-Ago-2001	1.95	-	18.00
08-Set-2001	2.15	-	18.00
21-Set-2001	2.30	-	18.00
06-Oct-2001	2.15	-	18.00
19-Oct-2001	2.01	-	18.00
02-Nov-2001	1.79	-	18.00
24-Nov-2001	1.69	-	18.00
09-Ene-2002	1.84	-	18.00
08-Feb-2002	1.76	-	18.00

© *Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.*  
*Dpto. Sistemas de Información*  
*Última Modificación: 08-Feb-2002*

**APÉNDICE 5.0**

**FORMATOS PARA EL INFORME DE MONITOREO DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS EN CALDERAS DADO POR EL MEM.**

**CUADRO N° 6 MONITOREO DE EMISIONES ATMOSFERICAS EN CALDERA**

NOMBRE DE LA EMPRESA: \_\_\_\_\_  
 UBICACION: \_\_\_\_\_  
 ESTACION No. \_\_\_\_\_

COODIGO: \_\_\_\_\_  
 CIU: \_\_\_\_\_

CONTAMINANTES:	FECHA:						PROMEDIO	COEFICIENTE	LIMITE
	HORA:						ARITMETICO	VARIACION (%)	MAXIMO PERMISIBLE
FLUJO VOLUMETRICO	m <sup>3</sup> /h								
PARTICULAS	mg/m <sup>3</sup>								
VELOCIDAD	m/s								
TIEMPO DE EMISION	h								
FLUJO MASCIO	kg/h								
MONOXIDO DE CARBONO	mg/m <sup>3</sup>								
OXIDOS DE NITROGENIO	mg/m <sup>3</sup>								
DIOXIDO DE AZUFRE	mg/m <sup>3</sup>								
HIIDROCARBUROS TOTALES	mg/m <sup>3</sup>								

PARAMETROS COMPLEMENTARIOS	FECHA:						PROMEDIO	COEFICIENTE	LIMITE
	HORA:						ARITMETICO	VARIACION (%)	MAXIMO PERMISIBLE
OXIGENO	% O <sub>2</sub>								
TEMPERATURA DE GASES	°C								
TEMPERATURA AMBIENTE	°C								
DIOXIDO DE CARBONO	%								
EXCESO DE AIRE	%								
EFICIENCIA DE COMBUSTION	%								

CARACTERISTICAS DE LA CALDERA	
ALTURA, m	_____
DIAMETRO EQUIVALENTE, cm	_____

CARACTERISTICAS DE COMBUSTIBLE	
TIPO DE COMBUSTIBLE	_____
CONSUMO, g/s	_____
PORCENTAJE DE AZUFRE (%)	_____

FECHA \_\_\_\_\_

PROCESADO POR \_\_\_\_\_  
 Y B' RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

RESUMEN DE LECTURAS QUE EXCEDEN LIMITES PERMITIDOS  
PARA EFLUENTES DE CHIMENEA

MES	Conc. de SO <sub>2</sub> en µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> t/h	Conc. de NO <sub>x</sub> en µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> t/h	% de Opacidad	Causa
Enero						
Febrero						
Marzo						
Abril						
Mayo						
Junio						
Julio						
Agosto						
Setiembre						
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						
TOTAL						

RESUMEN DEL INFORME MENSUAL CONFIDENCIAL

NOMBRE DE LA PLANTA-UBICACION

COMPAÑIA

Número de Licencia	Fecha del Informe	
	Año	Mes

CRUDOS PROCESADOS		
TOTALES MENSUALES (m <sup>3</sup> )	PROMEDIO DIARIO (m <sup>3</sup> )	CONTENIDO PROMEDIO DE AZUFRE (%)

--

FIRMA DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA

## RESUMEN DEL INFORME MENSUAL

NOMBRE DE LA PLANTA-UBICACION

EMPRESA

Número de Licencia	Fecha del Informe	
	AÑO	MES

### EMISIONES TOTALES DEL MES (EN TONELADAS)

Contaminante	En chimenea de calderas	En chimenea del incinerador	Flama	Misceláneas
CO				

NUMERO DE HORAS DE LECTURA QUE EXCEDEN A LOS VALORES LIMITE AUTORIZADOS PARA CHIMENEAS

Contaminante	Tipo de Chimenea	Concentr. Promedio Horarias ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Emissiones Promedio Horarias por chimenea (tons)	Emissiones volumétr. por 24 horas (tons)	Temp. Mínima en tope de Chimenea durante 15 minutos Promedio	% del Tiempo de operación del Monitor en la chimenea

MONITOREO AMBIENTAL ESTATICO

Parámetro	Nº de estaciones	Nº de muestras	Lectura máxima	Promedio de la red	Nº de estaciones sobre lo recomendado

**MEDICIONES DE OPACIDAD**

Chimenea	Número de horas		Máximo diario	Mensual	% de tiempo operacional
	20%	40%			

**MONITOREO AMBIENTAL CONTINUO**

Parámetro	Estación N°	% de Tiempo de operación del Monitor	Promedio Horario		Promedio en 24 Horas	
			Concentra. Máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N° de Lecturas > Regulación	Concentra. Máxima ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	N° de Lecturas > Regulación

FIRMA DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA